



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

## DISEÑO DE UN EQUIPO AUTOMATIZADO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA EN ESCUELAS DE NIVEL MEDIO SUPERIOR

T E S I S   P R O F E S I O N A L  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
EN EL ÁREA ELECTRICA Y ELECTRÓNICA  
P R E S E N T A  
JOSÉ JINKICHI OSHINO ORTIZ

DIRECTOR DE TESIS:

**ING. HUGO GERMAN  
SERRANO MIRANDA**

CODIRECTOR DE TESIS:

**ING. YUKIHIRO  
MINAMI KOYAMA**



MÉXICO, D. F.

2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

## **Dedicatoria**

---

A mis padres por confiar siempre en mí  
A mis hermanos por su invaluable apoyo  
A mi familia Oshino, Echeverría, Ebisawa por TODO

---

## Agradecimientos infinitos

---

*El que no agradece lo que recibe no lo merece.* Mi enorme e infinito agradecimiento al magnifico equipo de la Naranja Mecánica. A mis amigos *Yukihiro* y *Hugo* por la dedicación y paciencia que me tuvieron en todo el tiempo de la elaboración de este trabajo de Tesis. A *Lulú* por la enorme disposición y apoyo dentro del laboratorio de mecánica; a *Big* por todo el tiempo dedicado a las gráficas en Autocad, a *Lety*, *Jorge A.* y *Leo* por su orientación; Al Profesor *Jorge González*, de la Preparatoria de Huahuapan Oaxaca.

A mis estimados amigos *Dampetos!*, y *JTVIHs*, *Carlos Román*, *Safar Alikhani*, *Alex*, *Rolando*, *Mauricio* y *LuísA.*, por su hacer grande mi vida universitaria y en especial a *tí*, que tienes este trabajo en tus manos, mi agradecimiento total.

## CONTENIDO

<b>Introducción</b>	1
<b>CAPÍTULO UNO Antecedentes</b>	
<b>1.1 Perspectiva del aprendizaje de la Física</b>	9
<b>1.2 Antecedentes históricos de la física</b>	10
La física aristotélica	11
La física de Newton	12
Inicio de la teoría de campo	14

<b>1.3 Antecedentes históricos de la educación científica en México</b>	18
<b>1.4 Problemática actual de la enseñanza de la ciencia en México</b>	20
<b>1.5 Una manera de contribuir a mejorar el aprendizaje de la física</b>	24
1.5.1 Problemas generales	25
1.5.2 Los laboratorios	25
1.5.3 Una propuesta para los laboratorios	26

## **CAPÍTULO DOS Análisis**

<b>2.1 Fundamentos teóricos</b>	30
<b>2.2 Puerto paralelo de la impresora</b>	32
2.2.1 Historia	33
2.2.2 Evolución	34
2.2.3 Descripción del conector DB25 de la PC	36
2.2.4 Funcionamiento	40
<b>2.3 Convertidor analógico digital</b>	42
2.3.1 Generalidades	43
Muestreo	43
Retención	43
Cuantificación	44
Codificación	45

---

2.3.2 Clasificación de los ADC	46
Convertidor AD instantáneo	47
Convertidor AD de rampa	48
Convertidor AD de doble rampa	49
Convertidor AD por contador	50
Convertidor AD de aproximaciones sucesivas	51

## **CAPÍTULO TRES   Diseño**

<b>3.1 Dispositivos requeridos para la práctica de cinemática</b>	<b>54</b>
3.1.1 Parte mecánica	60
3.1.2 Módulos fotosensores	61
3.1.3 Interfaz con el puerto paralelo	64
3.1.4 Computadora personal	67
<b>3.2 Diseño para la práctica de electricidad</b>	<b>68</b>
3.2.1 Criterio de selección del ADC 0809	69
3.2.2 Tableta de prueba y voltímetro	69
3.2.3 Arreglo con el convertidor	70
3.2.4 Cálculo de la resistencia equivalente	71
3.2.5 Software	74

## **CAPÍTULO CUATRO   Prácticas propuestas**

<b>4.1 Cuestionarios previos</b>	<b>78</b>
----------------------------------	-----------

<b>4.2 Cuestionario previo de la práctica de cinemática</b>	79
<b>4.3 Cuestionario previo de la práctica de electricidad</b>	80
<b>4.4 Solución a los cuestionarios previos</b>	80
4.4.1 Solución del cuestionario previo de cinemática	81
4.4.2 Solución del cuestionario previo de electricidad	86
<b>4.5. Propuesta de prácticas</b>	94
4.5.1 Estructura de las prácticas	94
4.5.2 Presentación del informe	96
<b>4.6 Práctica de cinemática</b>	97
4.6.1 Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado	97
4.6.2 Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado 2	100
<b>4.7 Práctica de electricidad</b>	104
4.7.1 Circuitos eléctricos	104
<b>CAPÍTULO CINCO Epílogo</b>	
5.1 Conclusiones	111
5.2 Recomendaciones	114
<b>Glosario</b>	119
<b>Referencias</b>	135

## ANEXOS

<b>A.1 Tabla de interrupciones del sistema operativo</b>	A1
<b>A.2 Convertidor analógico digital (ADC 0809)</b>	A5
<b>A.3. Nylamid</b>	A21
<b>A.4 Código del programa (Mecánica)</b>	A25
<b>A.5 Código del programa (Física)</b>	A36

## ILUSTRACIONES

Figura 2.1 Parte posterior de una PC	31
Figura 2.2 Conector del puerto paralelo LPT1 de la computadora	32
Figura 2.3 Conectores DB25 macho y hembra	37
Figura 2.4 Identificación de las líneas del DB 25	37
Figura 2.5 Esquema del puerto paralelo LPT1	39
Figura 2.6 Esquema simplificado de un circuito S&H	44
Figura 2.7 Error de cuantificación, sin offset por truncamiento	45
Figura 2.8 Error de cuantificación, con offset por redondeo	45
Figura 2.9 Diagrama del convertidor AD instantáneo	47
Figura 2.10 Diagrama de bloques del convertidor AD de rampa	48
Figura 2.11 Gráfica de las señales en un convertidor AD de rampa	49
Figura 2.12 Diagrama de bloques del convertidor AD de doble rampa	49
Figura 2.13 Convertidor AD por contador	50

Figura 3.1 Segmento de la canaleta con los fototransistores	55
Figura 3.2 Sensor fotoreflexivo	56
Figura 3.3 Riel de aluminio con el extremo curvo	56
Figura 3.4 Fototransistor y led infrarojo	57
Figura 3.5 Fototransistor (Sharp) y led IR (Toshiba)	57
Figura 3.6 Diagrama de sensibilidad	57
Figura 3.7 Respuesta angular del diodo TLN103A (Toshiba)	58
Figura 3.8 Fotointerruptor 276-142 (Radio Shack)	58
Figura 3.9 Emisor láser	59
Figura 3.10 Riel con módulos fotosensores posicionables	60
Figura 3.11 Módulo fotosensor posicionable (activo)	61
Figura 3.11 Módulo fotosensor posicionable	62
Figura 3.13 Interruptor de estado sólido de encendido para el láser	63
Figura 3.14 Diagrama del módulo fotosensor posicionable	64
Figura 3.15 Interfaz entre la PC y los módulos fotosensores	65
Figura 3.16 Circuito implementado para la práctica de cinemática	66
Figura 3.17 Diagrama de flujo del programa LABMEC.C	67
Figura 3.18 Tableta de acrílico	70
Figura 3.19 Convertidor analógico digital	71
Figura 3.20 Resistencia equivalente	72
Figura 3.21 Arreglo de resistencias	72
Figura 3.22 Corrientes del circuito	73

---

Figura 3.23 Diagrama de flujo del programa LABMEC.C	75
Figura 3.24 Interfaz entre la PC y nuestro circuito a medir	76
Figura 4.1 Relación distancia tiempo	81
Figura 4.2 Velocidad instantánea	83
Figura 4.3 MRUA	85
Figura 4.4 Velocidad	86
Figura 4.5 Circuito serie	91
Figura 4.6 Circuito paralelo	91
Figura 4.7 Circuito mixto	92
Figura 4.8 Placa de pruebas	106
Figura 4.9 Circuito conectado en serie	107
Figura 4.10 Circuito conectado en paralelo	108
Figura 4.11 Circuito de conexión mixta	109
Figura A2.1 Diagrama de bloques del ADC 0809	A7
Figura A2.2 Escalera de resistencias y árbol de interruptores	A9
Figura A2.3 Curva de transferencia de un convertidor AD de 3 bits	A10
Figura A2.4 Curva de exactitud absoluta de un convertidor AD de 3 bits	A11
Figura A2.5 Curva típica de error	A12
Figura A2.6 Diagrama de tiempo	A12
Figura A2.7 Sistema de conversión radiométrica	A14

Figura A2.8 Sistema de conversión, usando una fuente ajustada a tierra	A15
Figura A2.9 Sistema de conversión referido con la tierra	A15
Figura A2.10 Circuito típico de la referencia de la fuente de alimentación	A16
Figura A2.11 Referencia simétricamente centrada	A17
Figura A2.12 Entrada de valores al ADC	A18

## TABLAS

Tabla 1.1 Fondos sectoriales orientados a la ciencia	22
Tabla 1.2 Fondos sectoriales orientados a la tecnología	23
Tabla 2.1 Tipos de puertos	35
Tabla 2.2 Identificación de las terminales del DB 25	38
Tabla 2.3 Asignación de direcciones	42
Tabla 2.4 Cuantificación y codificación	46
Tabla A2.1 Selección de canales de líneas analógicas	A8

## **Introducción**

La intención de este documento consiste en describir en forma somera, cómo es posible diseñar y construir equipo de medición automatizado moderno, mediante el uso de sensores e interfaces electrónicas, y componentes mecánicos sencillos, para el desarrollo de una práctica de mecánica y una de electricidad.

Se pretende lograr lo anterior, al aprovechar equipo de cómputo obsoleto, para crear situaciones de aprendizaje que faciliten la enseñanza y aprendizaje, ayuden a complementar el tratamiento de problemas de clase, y amplíen el desarrollo tanto de habilidades cognoscitivas como de análisis en los alumnos.

Para el desarrollo de las prácticas de las asignaturas de Mecánica, el alumno dedica la mayor parte del tiempo a tomar lecturas en forma repetitiva y rutinaria, reduciendo considerablemente la posibilidad de que analice los resultados del

experimento y obtenga conclusiones que influyan significativamente en su aprendizaje.

Con objeto de proporcionar al alumno el tiempo suficiente para el análisis de los datos, el establecimiento de las conclusiones, e incluso fomentar el interés en el fenómeno tratado permitiéndole modificar la práctica, se propone automatizar las mediciones requeridas en el experimento, con base en el empleo de computadoras personales, dotadas de los sensores e interfaces necesarias, así como de los programas de cómputo que capturen los datos, los procesen, y los presenten, ya sea en forma tabular o por medio de una o varias gráficas.

El objetivo de este trabajo de tesis es el ***desarrollar un equipo para prácticas del laboratorio de física en escuelas de nivel medio superior, que automatice la medición de variables y despliegue resultados con una PC***, esto mediante el diseño y construcción de un sistema automatizado para captura de datos, con objeto de proporcionar al alumno el tiempo suficiente para el análisis y el establecimiento de las conclusiones. Esto se pretende lograr mediante el empleo de computadoras personales obsoletas, dotándolas de sensores, interfaces y elementos mecánicos, para que sean capaces de procesar los datos y presentarlos en forma tabular o por medio de gráficas.

El contenido de este trabajo consta de cinco capítulos, en el primero se muestra una breve reseña de la historia de la física y los métodos de enseñanza-aprendizaje, se propone una estructura para la elaboración de las prácticas (aunque sólo se presentan tres, dos de mecánica y una de electricidad), además de esto se expone la problemática de la educación de la enseñanza de la Física en México.

En el capítulo dos, se presentan los fundamentos teóricos de lo que es la computadora personal, así como una explicación del puerto paralelo, desde su historia, hasta su construcción y aplicación.

El capítulo tres es la etapa del diseño, en lo referente a la práctica de cinemática se proponen cuatro módulos: El primer módulo, se refiere a los dispositivos de la parte donde se reproduzca el experimento, en este caso será un riel de aluminio y un móvil. Donde se medirá la variable tiempo. Esta variable será medida con el uso de sensores optoelectrónicos (ó fotosensores). Estos sensores están representados en el segundo módulo, los cuales producen una señal electrónica, se pretende que dicha señal indique la presencia o ausencia del móvil, y de esta manera cuantificar el tiempo que transcurre en pasar entre dos sensores contiguos, y los que se colocarán en el riel de aluminio a intervalos predeterminados; dichas separaciones constituyen los incrementos de longitud que se requieren en el experimento. El tercer módulo es la introducción de la señal electrónica producida por los sensores, es necesario acondicionarla para que sea registrada de manera adecuada. El circuito electrónico que lleva a cabo esta función se denomina comúnmente interfaz. Por último, el cuarto módulo, es una computadora personal, representa el despliegue final de los datos obtenidos por el sistema, el cual se presentará en forma de tablas o gráficas en el monitor, las cuales serán captadas por el alumno para facilitar su interpretación y su posterior análisis.

Ahora bien, para la práctica de electricidad, se diseñó un módulo de captura que con la ayuda de un convertidor analógico digital los datos serán introducidos a la computadora para que ésta pueda desplegar los valores de voltajes y corrientes.

La tarea anterior es factible realizarla introduciendo a la computadora la señal que proviene del módulo de captura con una interfaz, a través de su puerto paralelo.

Los datos adquiridos de esta manera, serán procesados por un programa, escrito en lenguaje C, que se encargará de desplegar tablas o gráficas de forma similar a la práctica.

El capítulo cuatro, se presentan las prácticas diseñadas (cinemática y electricidad) Por ejemplo, uno de los experimentos clásicos en la cinemática lo constituye el del movimiento rectilíneo. En este caso, las variables a medir son longitudes y tiempos, los cuales tradicionalmente se han medido con una regla graduada flexible y cronómetro manual, o en el mejor de los casos, cronómetro digital automatizado mecánicamente. Ahora bien, para la práctica de electricidad se medirán voltajes y corrientes, con la ventaja de que los datos medidos siempre estarán dispuestos para acceder a él como una memoria de cálculo.

El equipo, debe reunir los requisitos de robustez, confiabilidad, y facilidad tanto para el armado como para su manejo y mantenimiento.

Con la finalidad de propiciar la construcción del equipo mencionado reduciendo al máximo el problema financiero, se pretende aprovechar computadoras personales obsoletas, con procesadores Intel 80286, 80386 ó 80486, debido a que las escuelas públicas de educación superior, como es el caso de la UNAM, cuentan con pocos recursos para su operación, y presupuesto muy limitado para el equipamiento de sus laboratorios.

El último capítulo, el cinco, se abordan las conclusiones, y las recomendaciones de este trabajo de tesis. En este capítulo se pretende promover la cultura en el recién egresado de licenciatura, la idea de que el desarrollo tecnológico puede ponerse al servicio de escuelas públicas, con el fin de modernizar y racionalizar los recursos económicos hacia un mejor desarrollo didáctico y pedagógico de las ciencias físicas.

Asimismo, se busca fortalecer el acercamiento entre alumnos y profesores, tanto de licenciatura como de bachillerato, a fin de mejorar la enseñanza experimental de las ciencias, mediante el intercambio de ideas y experiencias, propiciando una dinámica de discusión más constructiva y reflexiva de aprendizaje.

## **Capítulo Uno**

### **Antecedentes**

La Física es muy rica en matices didácticos, la "difícil" labor del profesor de Física es, una vez conocida la amplia gama de posibilidades que se le ofrece, buscar los tiempos y las formas de aplicación de cada una de ellas teniendo presente los objetivos que se pretenden para el nivel de la asignatura y el tipo de alumnos.

Los métodos didácticos están en función de los objetivos, y dependen de diversos factores que cambian, como los planes de estudio, el número de alumnos por aula, el número de horas (teóricas, talleres de problemas y prácticas de laboratorio), la disponibilidad de materiales adecuados, etc.

En el marco docente actual, los métodos de los que se dispone son las clases teóricas, los talleres de problemas, y las clases en el laboratorio, las evaluaciones, las tutorías (en el mejor de los casos), y algunas sesiones en donde se pueden emplear técnicas audiovisuales modernas, proporcionados por las tecnologías de la información y de la comunicación como el vídeo.

Es conveniente que cada tema, desde la introducción de conceptos, pasando por la resolución de problemas, o el trabajo experimental en el laboratorio, se convierta en un conjunto de actividades debidamente organizadas a realizar por los alumnos bajo la dirección del profesor.

Las actividades deben de permitir a los estudiantes exponer sus ideas previas, elaborar y afianzar conocimientos, explorar alternativas, familiarizarse con la metodología científica, etc., superando la mera asimilación de conocimientos ya elaborados. El propósito de las actividades es evitar la tendencia espontánea a centrar el trabajo en el discurso ordenado del profesor y en la asimilación de éste por los alumnos. Lo esencial es priorizar la actividad de los estudiantes, sin la cual no se produce un aprendizaje más efectivo, de mayor impacto.

El éxito del proceso enseñanza-aprendizaje depende en gran parte de la participación que se logre del alumnado. Sin embargo, el estudiante está sometido en el primer curso a una presión intensa, de modo que su objetivo final no es de aprender sino el de aprobar la asignatura. Pero, para que el aprendizaje sea logrado con eficacia, se necesita de un ambiente y situaciones educativas propicias, así como ser dirigidas a unos estudiantes emocionalmente serenos y que están convenientemente motivados.

## **1.1 Perspectiva del aprendizaje de la Física**

Los cursos de Física han estado centrados en el conocimiento de hechos, teorías científicas y aplicaciones tecnológicas. Las nuevas tendencias pedagógicas ponen el énfasis en la naturaleza, estructura y unidad de la ciencia, así como el proceso de "indagación" científica. El problema que se presenta al profesor, es lograr que los alumnos aprendan los conocimientos y las habilidades propias de la estructura científica a los estudiantes, de forma que se convierta en componente permanente de su propia estructura cognoscitiva.

La Física y las demás ciencias de la naturaleza encierran en sí mismas un elevado valor cultural. Para la comprensión del mundo moderno desarrollado tecnológicamente, es necesario tener conocimientos de Física. La demanda creciente de conocimiento científico por el público en general, es un indicador del gran impacto social de la revolución científica-técnica, como lo indica la existencia de revistas de divulgación, los artículos y secciones fijas en los periódicos de mayor difusión, la publicación de libros escritos por importantes científicos en una presentación atractiva y alejados del formato exclusivamente formal de los artículos de las revistas científicas, la publicación de libros de historia de la ciencia y biografías de sus principales artífices.

Todo país que quiera mantenerse en la vanguardia educativa, con industrias competitivas, y aceptable nivel tecnológico, ha de potenciar el nivel de calidad de la enseñanza de las ciencias en todos los niveles. Esto no debe implicar el abandono o desprecio de la formación humanística absolutamente necesaria para crear ciudadanos libres y socialmente responsables.

Al sistema educativo moderno se le plantea el reto de formar personas altamente preparadas, y con flexibilidad mental para adaptarse a los cambios que ocasiona

la introducción de nuevas tecnologías. Se vive actualmente un momento en el que se ha perdido la idea de una carrera para toda la vida. De aquí se deriva la importancia de tener unos conocimientos afianzados que lo suministran las asignaturas básicas, una de las cuales, es la física.

Desafortunadamente, la mayoría de los estudiantes considera la Física como una asignatura abstracta, difícil y árida, que es necesario aprender. Esta opinión, se adquiere a lo largo de los cursos de Bachillerato, y no cambia substancialmente a lo largo del primer curso universitario.

El objetivo básico que se pretende que consigan los estudiantes al finalizar el curso, es un tipo de aprendizaje que propicie la habilidad de interpretar y usar el conocimiento en situaciones no idénticas a aquellas en las que fue inicialmente adquirido. Para alcanzar este objetivo, es necesario ayudar a los estudiantes a desarrollar y aplicar ideas importantes (principios y leyes), que expliquen un amplio campo de fenómenos en el dominio de la física a nivel introductoria, y a aprender técnicas, y adquirir hábitos o modos de pensar y razonar. En cuanto a las actitudes, se intentará que los estudiantes sean responsables de su propio proceso de aprendizaje y asimismo que tengan una actitud positiva hacia la ciencia y en particular, hacia la física

## **1.2 Antecedentes históricos de la Física**

La historia de la física la han protagonizado grandes científicos como Kepler, Galileo, Newton, Einstein, entre otros, cuyas contribuciones han sido decisivas,

pero también han participado en su construcción muchos científicos cuyos nombres no aparecen en los libros de texto.

En nuestro país, desde la época prehispánica, se ha recurrido a la ingeniería para resolver problemas sociales y mejorar las condiciones de vida de la población. La participación de ésta no sólo se ha llevado a cabo en el campo de las invenciones y edificaciones, sino también en la toma de decisiones políticas y económicas

En la actualidad no existe el genio aislado al que de repente se le ocurre la idea clave que cambia el curso de la ciencia, ya que el avance en el progreso científico no se produce solamente por las contribuciones aisladas y discontinuas de unas mentes privilegiadas.

### ***La física aristotélica***

La Física Aristotélica tiene como preámbulo a los filósofos griegos, los cuales pretendían una explicación detallada de los mecanismos que rigen el comportamiento de la Naturaleza, y aspiraban a lograr predicciones cuantitativas de resultados experimentales. Buscaban analogías de los fenómenos naturales en términos más familiares, para lo que usaban frecuentemente el cuerpo del hombre, las relaciones humanas, los conflictos sociales, etc.

En particular la geometría griega, fue un logro sorprendente de la ciencia humana, hizo prueba de una ingeniosidad excepcional y fue marcada principalmente por dos escuelas; la de Pitágoras y la de Euclides:

La física de Aristóteles está dedicada fundamentalmente al estudio de las causas eficientes y su relación con el movimiento. Se desarrolla sobre la base de tres principios:

### *1 Negación del vacío*

La existencia de espacios vacíos supondría velocidad infinita, por ser ésta inversamente proporcional a la resistencia del medio. Y dentro del esquema aristotélico no resultaba admisible la existencia de un móvil con esa propiedad.

### *2 Existencia de una causa eficiente en todo cambio*

La causa eficiente se localizaba en la tendencia generalizada al "propio lugar", que no es sino la inclinación que todo cuerpo posee a ocupar el lugar que le corresponde por su propia naturaleza.

Esta propensión al "propio lugar" ha sido interpretada, a veces, como una energía potencial introducida de forma rudimentaria; en otras, se ha visto como la primera insinuación de un modelo de acción a distancia, que sería la ejercida por la Tierra sobre los demás cuerpos

### *3. Principio de la acción por contacto*

En todos los movimientos, excepto en los naturales, debe existir como causa eficiente un agente en contacto con el objeto móvil. Se tomaba como resultado experimental, aunque aparecían dificultades concretas a la hora de explicar los movimientos de proyectiles, el magnetismo y las mareas. En los tres casos, el agente parecía operar a través de la continuidad del medio.

## ***La física de Newton***

La física de Newton marca el cambio conceptual de la física aristotélica, ya que toma como punto de partida un universo constituido por corpúsculos extensos y por espacio vacío. Cada uno de ellos con la propiedad de actuar a distancia, es decir, de ejercer fuerzas directa e instantáneamente sobre los demás. Con este

esquema básico, Newton desarrolló sus conocidas teorías sobre el movimiento y sobre la gravitación, publicadas en 1686.

La mecánica de Newton describe cómo las fuerzas producen movimiento a partir de sus tres leyes:

- 1 la ley de Inercia (primera ley) por la cual un cuerpo se mantiene en su estado de movimiento rectilíneo uniforme si no actúan fuerzas sobre el mismo;
- 2 la proporcionalidad entre la magnitud de la fuerza y la aceleración (segunda ley);
- 3 el principio de acción y reacción (tercera ley), por el que la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un segundo cuerpo es igual y de sentido contrario al que ejerce el segundo sobre el primero.

La teoría de la gravitación estudia la naturaleza de las fuerzas asociadas con los corpúsculos, son fuerzas atractivas y centrales, es decir, actúan según la recta que determinan sus respectivos centros. Newton estableció que la variación cuantitativa de esta fuerza: resultaba ser directamente proporcional al producto de sus masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa los centros de los cuerpos.

La teoría newtoniana de la acción a distancia no involucra al medio y supone la existencia de corpúsculos, espacio vacío, fuerzas centrales actuando a distancia, e interacción instantánea.

Aplicando esta ley, pudo calcular el movimiento de los planetas con gran aproximación, y también, deducir desde otra perspectiva las leyes descubiertas por Kepler y Galileo. La teoría de Newton era sorprendentemente superior, en la

predicción de nuevos resultados, a cualquier teoría precedente en la historia del pensamiento humano.

Aunque, dentro del esquema newtoniano la ley de La Gravitación resultaba absolutamente coherente, hay que resaltar que para el propio Newton era ya patente la dificultad de su adaptación a otro tipo de interacción. No predecía nada sobre otros muchos modos de acción de un cuerpo sobre otro. No explicaba, por ejemplo, la cohesión, fuerza que mantiene unidos a los cuerpos, ni tampoco las fuerzas eléctricas, magnéticas ni químicas. Se confiaba que este modelo sirviera de base para el estudio de otros fenómenos, como la electricidad.

### ***Inicio de la teoría del campo***

En la misma época de Newton, ya se habían realizado formulaciones teóricas que se oponían a la física formulada por él, y estas propuestas tuvieron su origen con Descartes. Se observó la gran relación existente en aquella época entre la física que empezaba a despuntar, que interpretaba con gran éxito los fenómenos de la naturaleza. En el siglo XVII la filosofía se encargaba del estudio de la naturaleza y del pensamiento, estos dos aspectos son indisociables.

El filósofo francés Descartes, propone una teoría de la creación de un sistema del mundo en el que la materia se identificaba con el espacio y no había lugar para el vacío.

La ley fundamental del sistema de Descartes es la conservación del movimiento, suponiendo que Dios infundió al Universo cierta cantidad de movimiento, que continua inalterado. Para Descartes "movimiento" es momento, prescindiendo del carácter direccional de la velocidad. Puede haber transferencia de movimiento

entre partículas que chocan, pero nunca la cantidad de movimiento o el momento puede ser creado ni destruido.

Para Descartes la cuestión clave de la Física, que nunca se había planteado hasta entonces, tenía su fundamento en las leyes de los choques entre los cuerpos, por lo que postulaba que toda causalidad física se reduce a un principio puramente mecánico: todo cambio es movimiento y toda alteración del movimiento se debe al contacto entre los cuerpos.

Leibniz modificó el modelo de Descartes en varios aspectos fundamentales para explicar la impenetrabilidad de los cuerpos. Si los cuerpos son objetos meramente geométricos, ¿por qué no se atraviesan, como podemos imaginar que sucede con los objetos geométricos?. La pregunta no tenía solución dentro del sistema de Descartes. Para contestarla era necesario considerar junto con la extensión, la fuerza como otra propiedad esencial de la materia. La fuerza debería ser repulsiva para resistir la penetración. Leibniz arguye además que hay que asignar fuerzas a todos los puntos de la materia, y no solo a partículas de tamaño finito.

Esta nueva concepción del espacio como un continuo de puntos materiales con fuerza asociada, encontró fuerte oposición por parte de los partidarios de la Física de Newton basada como ya se ha indicado en corpúsculos, vacío y acción a distancia.

Tanto Boscovich<sup>1</sup> como Kant intentaron sintetizar las ideas de Newton y de Leibniz, para unir la propuesta científica de Newton con la persuasiva conceptualización de Leibniz. Ambos abandonaron la idea de que el mundo está

---

<sup>1</sup>Roudjer Yossif Boscovich, científico y filósofo serbio, (Ragusa 1711-Milán 1787); el sucesor de Newton, formuló (en 1758) una teoría dinámica de materia, fundada en la hipótesis atómica.

lleno, que es un campo de materia o de fuerzas. Sin embargo, fue a través de su influencia como Faraday llegó a establecer su teoría de los campos de fuerzas.

El espacio está constituido por una parte vacía y fuerzas de diferente índole. Las fuerzas repulsivas ocupan regiones del espacio, donde actúan sobre puntos contiguos; en cambio, no actúan a distancia. Las fuerzas atractivas, por el contrario, se ejercen a distancia y no ocupan el espacio a través del cual actúan. Un cuerpo material es una región continua del espacio con fuerzas repulsivas en cada punto y bordeado por el vacío, con lo que el cuerpo tiende a expandirse. Pero los mismos puntos llevan asociados fuerzas atractivas que actúan a distancia.

En 1820 Oersted dio a conocer su descubrimiento de que la corriente eléctrica produce efectos magnéticos, observando como el paso de una corriente eléctrica hace desviarse a una aguja imantada.

Oersted, directamente influido por Kant, era un pensador que se ubicaba dentro de la oposición newtoniana. Su línea de trabajo giraba en torno a la idea de la unidad de las fuerzas, es decir, de que todas las fuerzas son simplemente manifestaciones de las fuerzas atractivas y repulsivas fundamentales. Siguiendo la idea de la unidad de las fuerzas, a Oersted le parecía que todas las fuerzas debían de ser directamente convertibles unas en otras. En un trabajo en el que analizaba la presunta identidad entre las fuerzas químicas y eléctricas, Oersted ya había señalado en 1813, antes de su famoso descubrimiento, la importancia de comprobar la interacción entre los fenómenos eléctricos y magnéticos.

El modelo unificado en el que todas las fuerzas conocidas por entonces (eléctricas, magnéticas, de cohesión, gravitacionales, etc.) se podrían entender como formas distintas de las dos únicas acciones posibles: la repulsión por

contacto y la atracción a distancia, parece que fue una guía constante en las investigaciones de Faraday sobre la electricidad y el magnetismo.

Ampère fue uno de los más sorprendidos por el descubrimiento de Oersted. Como muchos otros, era de la opinión de Coulomb de que sólo había interacciones entre la electricidad, y los fenómenos magnéticos; es decir, entre fenómenos de la misma naturaleza. Había llegado incluso a "demostrar" en algunas conferencias que los fenómenos eléctricos y magnéticos se debían a dos fluidos diferentes que actúan independientemente uno del otro, y además siempre había creído fervientemente en el programa de investigación newtoniano.

Ampère se enfrentó con el problema siguiente: ¿podría explicarse el experimento de Oersted a partir de una teoría newtoniana? Ampère concibió la posibilidad de que el magnetismo no fuera una sustancia distinta, sino simplemente un aspecto de la electricidad.

Formuló la hipótesis de que si los efectos magnéticos se debían a corrientes eléctricas circulares dentro de los imanes, estas corrientes podían interaccionar con las de otros imanes y con las corrientes producidas por diferencia de potencial, explicando así el descubrimiento de Oersted. Se trataba de una hipótesis atrevida, porque no se conocía interacción alguna entre las corrientes eléctricas. Ampère realizó entonces experimentos para ver si dos cables por los que pasaba corriente podían interaccionar y descubrió que cuando transportan corrientes eléctricas pueden atraerse o repelerse.

Basándose en estos hechos, Ampère comenzó a desarrollar una teoría newtoniana de la atracción entre conductores que transportan corrientes eléctricas. Supuso que las secciones infinitesimales de la corriente, denominadas "elementos de corriente", actúan como los puntos másicos de Newton: la atracción

o repulsión se ejerce a lo largo de la línea de unión de dos elementos de corriente; por lo tanto, las fuerzas son centrales. Además, la atracción o repulsión son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre los elementos y están en proporción directa a la intensidad de la corriente en cada elemento.

Apoyándose en estas ideas, Ampère construyó una teoría matemática sobre la atracción de las corrientes, teoría que no fue refutada por ningún experimento.

### **1.3 Antecedes de la educación científica en México**

En 1792, por primera vez en la historia de la educación en México, se fundó una institución cuya enseñanza era totalmente científica, el Real Seminario de Minas, lejos de la tradición escolástica en donde se impartieron oficialmente los cursos de matemáticas, física, química y mineralogía a los primeros ingenieros que sustentaban el título de peritos Facultativos de Minas, ya que el término Ingeniero se empezó a usar en esta institución desde 1843.

El Colegio de Minería, además de distinguirse por ser la primera casa de las ciencias en México, destacó por ser la cuna de importantes instituciones científicas como el Instituto de Geofísica, el Instituto de Matemáticas, la Facultad de Ciencias, el Instituto de Geología, el Instituto de Química, el Instituto de Ingeniería, y la Facultad de Ingeniería, por mencionar algunas dentro de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Algunos años después de lograr nuestra Nación su independencia, el Colegio de Minería se integró al Estado, y a su lado compartió una trayectoria de cambios

difíciles, inestabilidades, limitaciones y carencias. A pesar de ello, los ingenieros aceptaron con gran responsabilidad su compromiso con el país: ayudar en la organización, administración y desarrollo de una nación empobrecida y dividida por los conflictos sociales.

Su participación fue más allá de la mera aplicación de la ingeniería, ya que incluyó también las esferas política, cultural, económica e incluso la científica. Por ejemplo, en el siglo XIX, los ingenieros ocuparon cargos como Ministros de Fomento, Colonización, Industria y Comercio; Guerra y Marina; Relaciones y Gobernación por mencionar algunos de los más destacados.

Fundaron instituciones como el Observatorio Astronómico Nacional, el Instituto de Geografía y Estadística, que en 1851 se convertiría en Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística; la Comisión Geográfico Exploradora, el Instituto Geológico Nacional, la Comisión Científica Mexicana y la Comisión Geodésica Mexicana, entre otras.

Las necesidades del Estado obligaron al Colegio a ampliar sus especialidades de ingeniero de minas, ensayador, beneficiador de metales y apartador de oro y plata a las de agrimensor, geógrafo y, aunque por poco tiempo, a la de naturalista. Los egresados participaron en importantes obras públicas como la exploración geológica de diversas regiones, la elaboración de planos topográficos y el reconocimiento estadístico de diversas zonas del país, el establecimiento de un Colegio Militar, el reconocimiento de minas, estudios geológicos y del desagüe del Valle de México, análisis de proyectos de ferrocarriles, etc.

Poco a poco se hacía evidente la necesidad de contar con la carrera de ingeniero civil, misma que quiso introducir el emperador Maximiliano de Habsburgo en el Colegio cuando lo intentó transformar en Escuela Politécnica.

## **1.4 Problemática de la enseñanza de la ciencia en México**

La importancia de la formación física y matemática de los estudiantes en todos los niveles educativos no parece ser un tópico de discusión, pues como sabemos, estas dos disciplinas están obligadamente presentes en todos los años de la vida escolar básica de un individuo salvo en algunas especialidades de formación superior de carácter artístico y humanista.

Por otra parte, en el sentido económico, podemos afirmar que en la actualidad, es evidente la escasez de presupuesto destinado a instituciones públicas de educación media y superior, esto propicia que sea afectado el equipamiento de los laboratorios.

El laboratorio es uno de los elementos más distintivos de la educación tecnológica y científica: su papel es de gran relevancia en el proceso de formación, independiente de la orientación profesional y el área de especialización del estudiante; también le sirve para motivar su interés en las ciencias físicas, y propiciar la socialización con sus compañeros.

Por lo regular, el laboratorio intensifica en el estudiante, y también en el profesor, el aprendizaje de los conocimientos científicos, e incentiva el desarrollo de habilidades psicomotoras para la manipulación de aparatos de medición.

Por lo anterior se considera relevante incidir en las actividades que se desarrollan en los laboratorios de física; una forma de hacerlo es mediante el empleo de los recursos tecnológicos actuales tales como los equipos de cómputo y periféricos especializados. Un problema que enfrenta la educación tecnológica es que el presupuesto que se destina a la educación no logra cubrir sus necesidades. De

acuerdo con cifras publicadas por el INEGI<sup>2</sup>, en los últimos 5 años (2000-2004) el incremento en el gasto de la educación superior pasó de 6.79 a 6.97%. Cuando se trata de la educación pública, el incremento en el gasto de educación respecto al PIB<sup>3</sup> en el periodo 2001-2004 es de .07% (de 5.36% en 2001 a 5.43% en 2004).

Las actividades de generación y aplicación del conocimiento se llevan a cabo en las instituciones de educación superior, en los centros SEP<sup>4</sup>-CONACYT<sup>5</sup>, en centros e institutos del gobierno y del sector paraestatal, así como en algunos centros y laboratorios del sector productivo<sup>6</sup>.

Por su parte, el Sistema de Centros SEP-CONACyT, integrado por 27 centros dedicados a la investigación y docencia del nivel postgrado, contó en 1999 con 2106 investigadores, de los cuales 1140 tienen el grado de doctor y 715 el de maestría; 860 están adscritos al SNI<sup>7</sup>. Una de las tareas fundamentales de los centros radica en la formación de recursos humanos de alto nivel, ya que 25 de estas instituciones cuentan con programas de postgrado o participan en ellos con otras instituciones académicas. En los diversos programas de docencia que se imparten, se atendió en 1999 a 2764 estudiantes y se graduaron 733 alumnos. En el ámbito de la producción científica, en ese año se publicaron 2754 artículos o capítulos de libros y en el terreno de la vinculación se atendieron más de diez mil empresas y se prestaron 72 mil servicios.

De lo anterior se deduce que hay un buen número de centros e institutos provisto de buen personal, equipo y recursos necesarios para funcionar (aunque no los que

---

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática

<sup>3</sup> Producto Interno Bruto

<sup>4</sup> Secretaría de Educación Pública

<sup>5</sup> Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

<sup>6</sup> Como son los institutos nacionales dependientes de la Secretaría de Salud, el Instituto Mexicano del Petróleo, y las universidades agrarias dependientes de la SAGAR, entre otros

<sup>7</sup> Sistema Nacional de Investigadores

se esperarían), pero hace falta un número mayor de apoyo, de hecho, se espera que la nueva Ley de Fomento de la Ciencia y Tecnología permita una mayor constancia y certeza a estos programas y a otros nuevos. En la tablas 1,1 y 1.2 se pueden ver las cifras que destina el CONACYT para los fondos sectoriales de la ciencia y la tecnología.

FONDO SECTORIAL	RECURSOS FIDEICOMITIDOS <sup>8</sup> (APORTADO POR LAS PARTES)	NÚMERO DE PROYECTOS APROBADOS	MONTO APROBADO PARA PROYECTOS	MONTO MINISTRADO	MONTO PENDIENTE A MINISTRAR
CONACYT-SEP (Ciencia Básica)	9480.0	612	627.5	313.1	314.4
CONACYT-CNA <sup>9</sup>	49.0	7	7.4	0.0	7.4
CONACYT-CONAFOVI <sup>10</sup>	26.4	15	13.80	9.7	4.1
CONACYT-INMUJERES <sup>11</sup>	9.0	21	8.8	4.4	4.4
CONACYT-SRE <sup>12</sup>	5.0	0	0	0	0
CONACYT-SALUD	455.3	271	383.5	147.3	236.2
CONACYT-SEDESOL <sup>13</sup>	104.5	4	15	2.9	12.1
CONACYT-SEGOB <sup>14</sup>	7.0	0	0	0	0
CONACYT-SEMARNAT <sup>15</sup>	305.7	309	334.3	170.0	164.3
Total	1909.9	1249	1390.3	647.4	742.9

*Tabla 1.1 Fondos sectoriales orientados a la ciencia<sup>16</sup>*

<sup>8</sup> Son aquellos recursos (en dinero) que el fideicomitente aporta al fideicomiso

<sup>9</sup> Comisión Nacional del Agua

<sup>10</sup> Comisión Nacional al Fomento a la Vivienda

<sup>11</sup> Instituto Nacional de las Mujeres

<sup>12</sup> Secretaría de Relaciones Exteriores

<sup>13</sup> Secretaría de Desarrollo Social

<sup>14</sup> Secretaria de Gobernación

<sup>15</sup> Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales

FONDO SECTORIAL	RECURSOS FIDEICOMITIDOS (APORTADO POR LAS PARTES)	NÚMERO DE PROYECTOS APROBADOS	MONTO APROBADO PARA PROYECTOS	MONTO MINISTRADO	MONTO PENDIENTE A MINISTRAR
CONACYT- ECONOMIA	460.0	177	456.7	213.8	242.9
CONACYT- SAGARPA <sup>17</sup>	254.4	291	286.4	109.6	176.8
CONACYT- SEMAR <sup>18</sup>	160.0	24	132.8	103.6	29.2
CONACYT- CFE	178.3	19	22.9	5.1	17.8
CONACYT- ASA <sup>19</sup>	30.0	9	17.5	8.6	8.9
CONACYT- CONAFOR <sup>20</sup>	122.8	168	105.5	44.9	60.6
Total	1196.5	688	1021.8	485.6	536.2

*Tabla 1.2 Fondos sectoriales orientados a la tecnología<sup>21</sup>*

Se puede deducir fácilmente que realmente falta mayor inversión, más apoyo a proyectos, programas nacionales, además estancias para las investigaciones, pues en el interior de la República hay poca calidad además de escasos presupuestos para la investigación, esto es realmente un problema nacional, por ser una limitante para la creación de nuevos proyectos educativos.

<sup>16</sup> Cifras monetarias en millones de pesos

<sup>17</sup> Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación

<sup>18</sup> Secretaría de Marina y Armada de México

<sup>19</sup> Aeropuertos y Servicios Auxiliares

<sup>20</sup> Comisión Nacional Forestal

<sup>21</sup> Cifras monetarias en millones de pesos

Desafortunadamente muchas empresas al volverse obsoleto sus equipos tienden a desechar computadoras que bien pueden ser utilizadas “reciclando” partes para armar una, y si en los primeros 30 días esté no falla, ya es raro que llegue a fallar en lo sucesivo, y entonces este equipo lo podemos considerar como aprovechable para una escuela, y cuando la ésta adquiere una de estas máquinas demuestra una competencia educativa y un esfuerzo legítimo por querer dar los medios tecnológicos de superación a los maestras y alumnos y con esto mejorar el aprendizaje y elevar la calidad de la educación.

## **1.5 Una manera de contribuir a mejorar el aprendizaje de la física**

En este documento se pretende resaltar la problemática de los laboratorios en las escuelas de nivel medio superior que muchos de ellos, desde su fundación hasta la fecha no se han equipado, ni se han diseñado proyectos de investigación que favorezcan la motivación del alumnado al estudio de las ciencias experimentales. Por tal razón, se analizará las posibles causas a esta problemática desde el punto de vista como alumno tesista de esta Facultad de Ingeniería.

El objetivo de los laboratorios es impulsar entre los estudiantes el gusto por la investigación científica. Se pretende interesarlos en prácticas científicas para que el alumno razone y aprenda los conceptos que se explican en clases. Los laboratorios no se ha desarrollado de manera productiva para el costo de inversión de su construcción, para analizar dicha situación se plantearan en diferentes aspectos que son los siguientes: Problemas generales en relación a la enseñanza de las ciencias experimentales, los recursos humanos y la propuesta general. Por

otra parte, se comentará de manera general una visión particular de la enseñanza de las ciencias y finalmente se hará una propuesta a dicha problemática.

### 1.5.1 Problemas generales

Los problemas más notorios que se presentan en el laboratorio son los siguientes:

- 1 La cantidad de alumnos por grupo oscila entre cuarenta y cincuenta o hasta más según el plantel y turno, no es posible que en turno matutino los grupos estén saturados y en el vespertino sea menor que treinta, o que las clases de idiomas, los grupos reducidos,
- 2 no hay un técnico académico que apoye las labores de laboratorio en ningún plantel, ni turno,
- 3 no existe grupos especiales que elaboren textos de la asignatura, actualizando de esta manera las prácticas o grupos que inciten a los alumnos a participar en actividades académicas como pueden ser las olimpiadas de física,
- 4 los criterios para la asignación de alumnos a los grupos es muy variado, por ejemplo: en algunos casos hay repetidores, de excelencia, horarios no adecuados, etc.,
- 5 los programas de las asignaturas son muy extensos en contenidos y sin vinculación con las asignaturas del área,
- 6 la mayoría de los docentes no siguen una línea de trabajo definida a largo plazo según su formación.

### 1.5.2 Los laboratorios

Desde la creación de los laboratorios, los problemas se pronosticaban; por ejemplo:

- 1 Es necesario involucrar a personal docente en el diseño y planeación de cualquier programa de laboratorio,
- 2 seleccionar al personal de las escuelas preparatorias más capacitado en la enseñanza de la física,
- 3 se adquiere equipos pero probablemente no todos sus accesorios por ser elevado su costo, quedando la posibilidad de que el equipo no pueda operar en su totalidad,
- 4 por lo mismo, algunos equipos estarán totalmente incompletos,
- 5 no hay un programa de trabajo que vincule los diferentes proyectos de trabajo de los escasos profesores que participan.

### 1.5.3 Una propuesta para los laboratorios

De manera general, se bosqueja un plan de trabajo para la enseñanza de la física en el bachillerato:

- 1 Seleccionar a los mejor alumnos interesados en estudiar alguna disciplina científica
- 2 seleccionar a los mejores profesores para que impartan las asignaturas a éstos grupos de alumnos
- 3 seleccionar los mejores horarios de clase para física, también asignaturas como matemáticas, química y biología,
- 4 los grupos deben ser reducidos,
- 5 el profesor debe contar con un auxiliar capacitado para preparar actividades experimentales y protocolos de investigación para los concursos donde participen los estudiantes,
- 6 los criterios de evaluación de los docentes se deben cambiar, para evitar que el docente busque constancias sin productividad académica, cómo generalmente sucede en la UNAM-FI,

- 7 invertir en equipo y reactivos para los laboratorios (no solo comprarlo sino desarrollarlos), para proyectos enmarcados en un programa general de la enseñanza de la ciencia en el bachillerato,
- 8 los temas deberán estar relacionados con alguna problemática del país o a un sector estratégico en la producción de bienes materiales. Además, debe estar vinculados a un proyecto con alguna Facultad o Instituto.

Es clave desarrollar un programa de actualizaciones para los laboratorios, como prácticas y equipos, ya que actualmente es una pieza más del rompecabezas de la ya desarticulada investigación y desarrollo sin una vinculación con los verdaderos problemas del país.

## Capítulo Dos

### Análisis

No se puede hablar de historia de las computadoras en sentido estricto, puesto que se debe comprender que ni siquiera ha transcurrido medio siglo desde que se inventó la primera, por lo que hay que considerar otras unidades de medida de su desempeño.

Lo anterior significa que la corta historia de las computadoras debe medirse no tanto en términos de años sino más bien en función de su influencia en los avances tecnológicos. Sin embargo, para este trabajo de tesis, se hablará de computadoras obsoletas, es decir, de procesadores retirados del mercado. Este hecho no constituye una limitante, sino más bien una ventaja, ya que por ser

equipo de deshecho, es muy fácil y económico adquirirlo para emplearlo en la educación.

## 2.1 Fundamentos teóricos

Pero ¿qué es una computadora? Una computadora es un aparato construido para realizar cálculos rutinarios con velocidad, confiabilidad, y facilidad. Los tres tipos más importantes de computadoras son: las computadoras digitales, que funcionan interna y exclusivamente con lógica digital; las computadoras analógicas, que son las que aceptan y procesan señales continuas, tales como fluctuaciones de voltaje o frecuencia; y la computadora híbrida, que es una computadora digital que procesa señales análogas que han sido convertidas a forma digital, y es muy utilizada para control de procesos y en robótica.

Una computadora está formada por dos componentes estructurales con el mismo nivel de importancia: el equipo físico (hardware) y los programas con los que funciona (software).

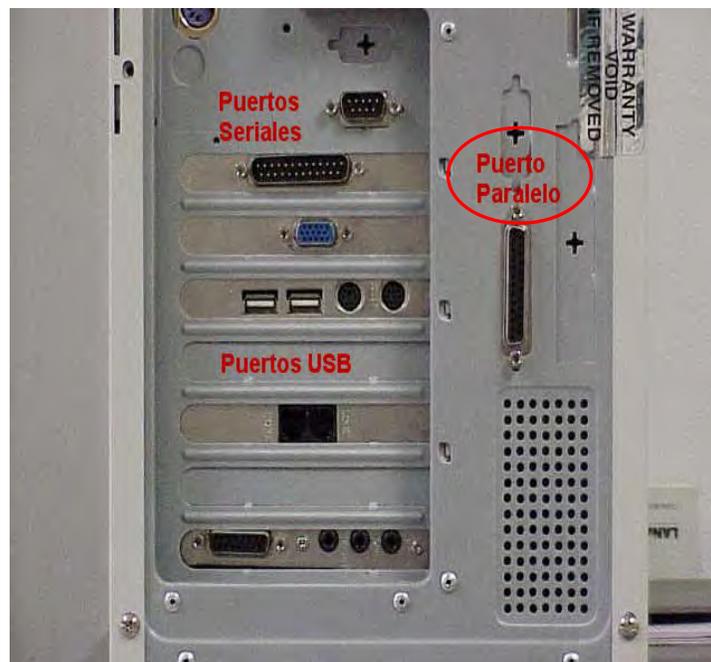
El desarrollo de las computadoras se da en dichos aspectos:

- Por sus características constructivas (circuitos, arquitectura global del sistema, tecnología electrónica)
- Por los programas básicos con los que opera, es decir, cómo se entabla la comunicación con ella (lenguajes, sistema operativo).

Los puertos de comunicación de una computadora son de particular interés para la realización de este trabajo, pues es con los que se establece la comunicación (conexión) con los sensores y actuadores. Los puertos también permiten utilizar

una computadora personal para controlar todo tipo circuitos electrónicos, principalmente, en actividades de automatización de procesos, adquisición de datos, tareas repetitivas y otras actividades que demandan precisión.

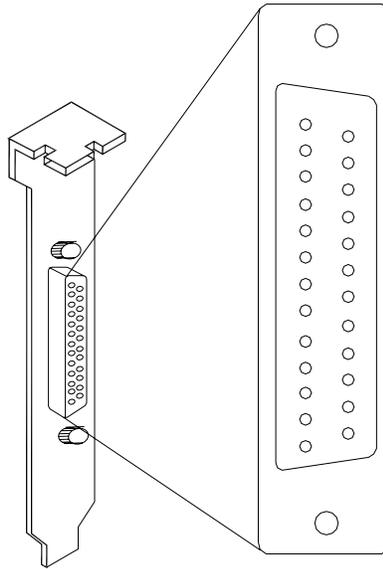
Como se puede observar en la Figura 2.1, en la parte posterior de una computadora se cuenta generalmente con dos puertos seriales (DB9 macho y DB25 macho), un paralelo (DB25 hembra) y dos puertos USB. Actualmente las computadoras que están en el mercado ya no cuentan con dos puertos seriales como las antiguas, sino con uno solo (DB9 macho), y dependiendo de la versión de la tarjeta madre (mother board) puede ésta traer de dos hasta seis puertos USB, pero siempre por pares.



*Figura 2.1 Parte posterior de una PC.*

## 2.2 Puerto paralelo de la impresora

El puerto paralelo se utiliza generalmente para manejar impresoras. Sin embargo, este puerto tiene un conjunto de entradas y salidas digitales que, se pueden emplear para desarrollar prácticas experimentales que requieran de lectura de datos y control de dispositivos. Este capítulo pretende dar a conocer los aspectos más relevantes del puerto paralelo, de modo que se pueda utilizar como una interfaz de entrada/salida que funcione de modo subordinado a rutinas de software (ver Figura 2.2).



*Figura 2.2 Conector del puerto paralelo LPT1 de la computadora.*

Este trabajo de tesis surge de la necesidad de crear unas prácticas para los laboratorios de Física, mediante la adquisición de datos por medio del puerto paralelo mediante el muestreo en tiempo real, para que con estos datos se puedan interpretar los resultados del experimento.

### 2.2.1 Historia

En 1981, la IBM (International Business Machines) introdujo la Computadora Personal. El puerto paralelo (Standart Parallel Port o SPP) estaba incluido en la primera PC y se agregó a ésta como una alternativa al bajo rendimiento del puerto serial, para utilizarlo como controlador de las impresoras de matriz de punto de alto desempeño. Este puerto tenía la capacidad de transmitir 8 bits de datos a la vez (de la PC a la impresora), mientras que el puerto serial lo hacía de uno en uno.

En el momento que el puerto paralelo fue presentado, las impresoras de punto fueron el principal dispositivo externo que se conectó a éste. Al extenderse su uso, el puerto paralelo llegó a ser la respuesta para conectar dispositivos más rápidos.

Aún así, aparecieron tres problemas a los desarrolladores y usuarios de este puerto.

Aunque éste había aumentado su velocidad considerablemente, no había cambio en la arquitectura o desempeño. La máxima velocidad de transferencia que este puerto podría lograr estaba por los 150 kB/s y era extremadamente dependiente del software.

No había un estándar para la interfaz electrónica. Esto causaba muchos problemas cuando se quería garantizar la operación en múltiples plataformas.

La forma de diseño que le dieron; limitaba la distancia de los cables externos hasta un máximo de 1.8 metros.

A la larga, estos problemas no fueron totalmente resueltos, sino que se desarrollaron otros tipos de puertos más eficientes, pero más complejos, como el bus PCI (Peripheral Component Interconnect), y el USB.

En 1991 hubo una reunión de fabricantes de modo que se pudiera desarrollar un nuevo estándar para el control inteligente de impresoras a través de una red. Estos fabricantes, donde estaban incluidos Lexmark, IBM, Texas Instruments y otros, formaron la Network Printing Alliance (NPA), como una respuesta a estas necesidades.

### 2.2.2 Evolución

Desde la introducción de la PC al mercado, el puerto paralelo ha sufrido varias modificaciones para hacerlo más veloz. Ya que el puerto original era unidireccional, se creó el puerto bidireccional. El puerto bidireccional fue introducido con el PS/2 compatible. Este permite una comunicación de 8 bits en ambas direcciones. Algo interesante de notar es que el puerto original tenía la posibilidad de ser bidireccional realizando una conexión entre dos terminales de un componente electrónico que venía incluido en el puerto. Dicho de otro modo, el puerto original es bidireccional en diseño básico, pero no en el diseño operacional. Lo último creado en los puertos paralelos son los Enhanced Parallel Port (EPP) y el Extended Capability Port (ECP).

Éstos últimos tipos de puertos son los que podemos encontrar en PCs de modelos recientes.

En la tabla 2.1 se muestra la información sintetizada de los diferentes tipos de puertos:

	SPP <sup>1</sup>	PS/2	EPP	ECP
Fecha de introducción	1981	1987	1994	1994
Fabricante	IBM	IBM	Intel, Xircom y Zenith Data Systems	Hewlett Packard y Microsoft
Bidireccional	No	Si	Si	Si
DMA <sup>2</sup>	No	No	No	Si
Velocidad	150 kB/s	150 kB/s	2 MB/s	2 MB/s

*Tabla 2.1 Tipos de puertos.*

En las primeras PC, el puerto paralelo se colocó en la tarjeta del "Adaptador de impresora de IBM", o también con la tarjeta del "monitor monocromático y adaptador de impresora de IBM".

Con la llegada de clones al mercado, se crea un controlador de múltiples entradas y salidas (multi I/O) donde se instalan controladores de discos, puertos serie, puerto de juegos y el puerto paralelo.

En la actualidad (2006) el puerto paralelo se incluye comúnmente en la placa o tarjeta madre de la computadora. No obstante, la conexión del puerto con el

<sup>1</sup> Standard Parallel Port, por sus siglas en inglés de Puerto Paralelo Estándar.

<sup>2</sup> Direct Access to Memory, acceso directo a memoria.

mundo externo no ha sufrido modificaciones. Este puerto utiliza un conector hembra DB25 en la computadora (ver Figura 2.3), y un conector especial macho llamado Centronics que tiene 36 terminales, en la impresora.

### 2.2.3 Descripción del conector DB25 de la PC

El puerto paralelo está formado por 17 líneas de señales y 8 líneas de tierra. Las líneas de señales están integradas por tres registros:

4 registros de control

5 registros de estado

8 registros de datos

**Registro de control.** En el diseño original era usado para la interfaz, control e intercambio de mensajes desde la PC a la impresora.

**Registro de estado.** Es usado para el envío de mensajes, e indicadores de estado desde la impresora a la PC (falta papel, impresora ocupada, error en la impresora).

**Registro de datos.** Suministra los datos de impresión de la PC hacia la impresora y solamente en esa dirección. Las nuevas implementaciones del puerto permiten una comunicación bidireccional mediante este registro.

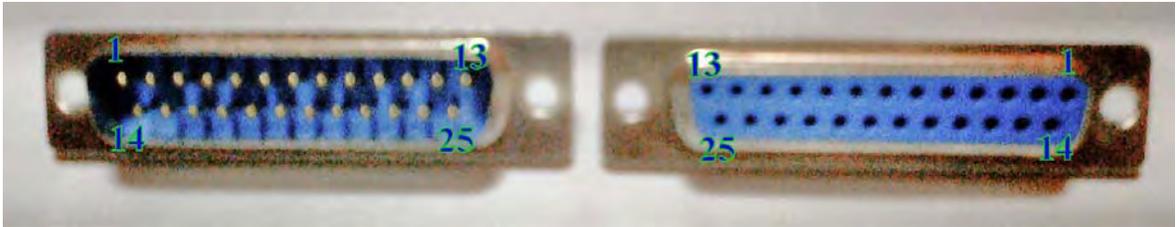


Figura 2.3 Conectores DB 25 macho y hembra.

Cada registro del puerto paralelo puede accederse mediante una dirección. En la Figura 2.4 se muestran los pines del puerto paralelo clasificados por colores para determinar los registros del mismo.

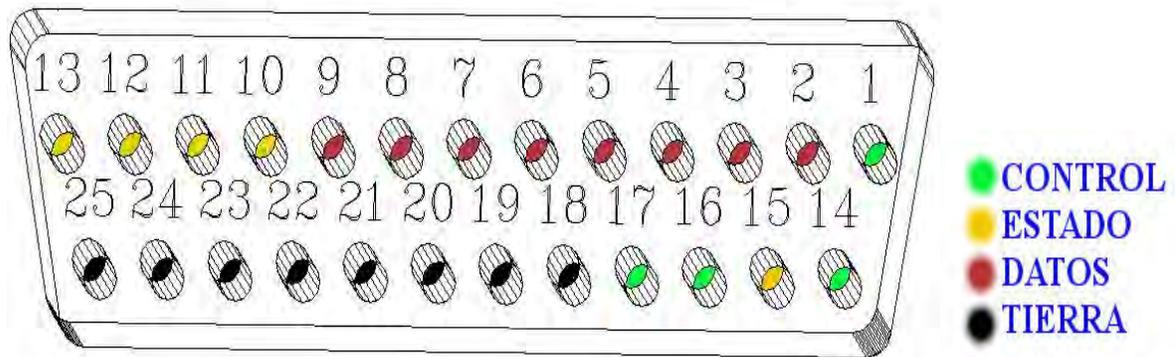


Figura 2.4 Identificación de las líneas del DB 25.

La distribución de las diferentes señales para cada uno de los tres registros de un puerto paralelo se muestran en la Tabla 2.2

Terminal	Señal	Registro	Tipo	Activo
1	Control 0	C0-	Salida	Bajo
2	Dato 0	D0	Salida	Alto
3	Dato 1	D1	Salida	Alto
4	Dato 2	D2	Salida	Alto
5	Dato 3	D3	Salida	Alto
6	Dato 4	D4	Salida	Alto
7	Dato 5	D5	Salida	Alto
8	Dato 6	D6	Salida	Alto
9	Dato 7	D7	Salida	Alto
10	Estado 6	S6+	Entrada	Alto
11	Estado 7	S7-	Entrada	Bajo
12	Estado 5	S5+	Entrada	Alto
13	Estado 4	S4+	Entrada	Alto
14	Control 1	C1-	Salida	Bajo
15	Estado 3	S3+	Entrada	Alto
16	Control 2	C2+	Salida	Alto
17	Control 3	C3-	Salida	Bajo
18-25	Tierra			

*Tabla 2.2 Identificación de las terminales del DB 25.*

Notas:

Un dato en alto es un 1 lógico, un dato en bajo es un 0 lógico.

La entrada y salida son desde el punto de vista de la PC.

El puerto paralelo esquemáticamente, se muestra a continuación. Nótese en la Figura 2.5 la conexión al bus ISA en la parte izquierda y las salidas de los registros en la parte derecha.

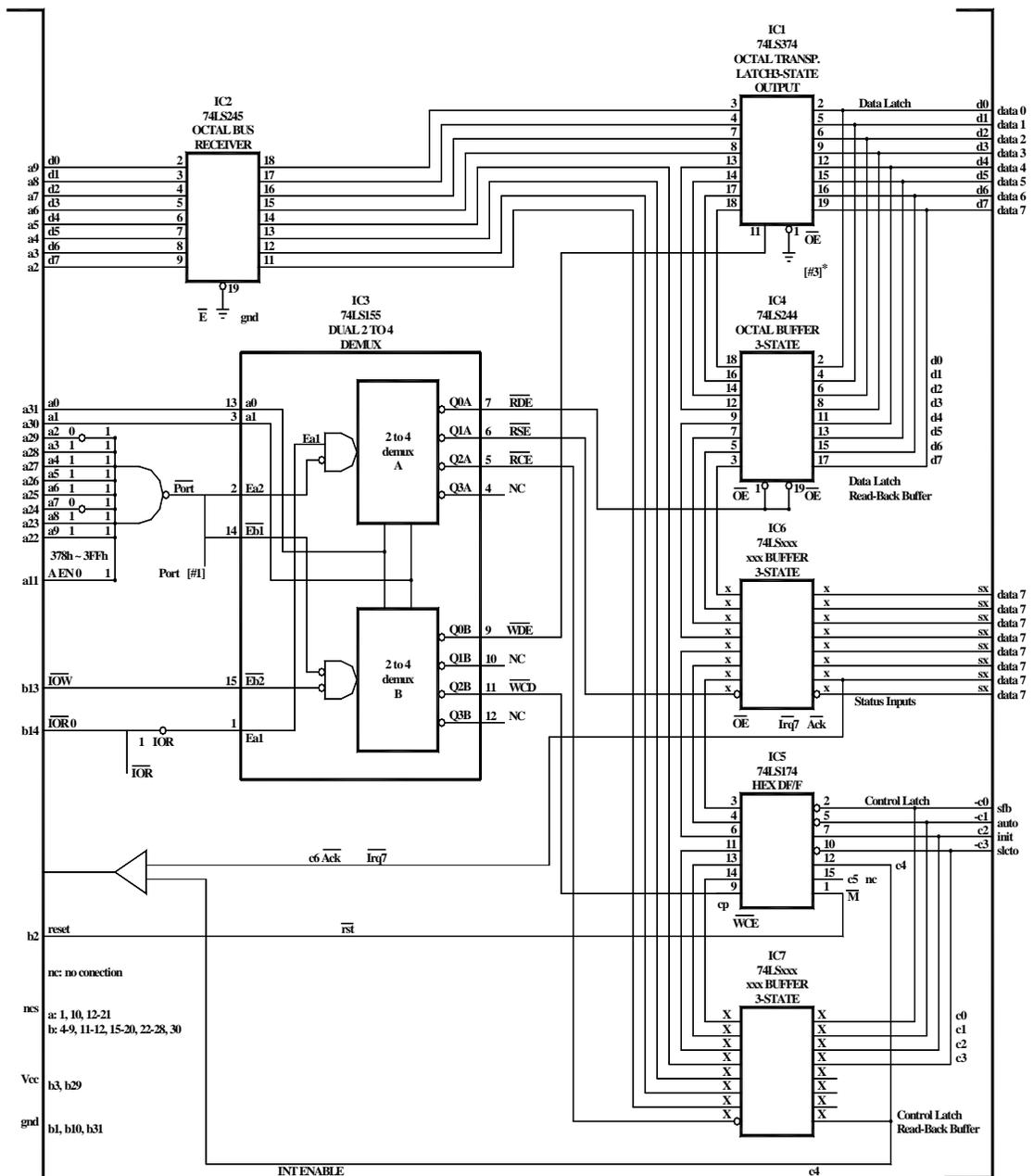


Figura 2.5 Esquema del puerto paralelo LPT1.

Nota:

RDE: Read Data Enable (Lo)<sup>3</sup>

RSE: Read Status Enable (Lo)<sup>4</sup>

RCE: Read Control Enable (Lo)<sup>5</sup>

WDE: Write Data Enable (Lo)<sup>6</sup>

WCE: Write Control Enable (Lo)<sup>7</sup>

## 2.2.4 Funcionamiento

IBM especificó direcciones base para el puerto paralelo estándar (dentro del espacio de direccionamiento de entrada/salida del 80x86). El adaptador de impresora podría usar la dirección base  $3BC_h$ , o más tarde  $378_h$  ó  $278_h$ .

El BIOS (Basic Input Output System) de IBM crea en el momento del arranque o POST (Power On Seft Test), una tabla en el espacio de la memoria principal (RAM<sup>8</sup>) para 4 direcciones base de puerto paralelo de impresora, que se almacenan como 4 palabras (cada palabra contiene 2 bytes), empezando con la dirección de memoria  $408_h$ . Durante el arranque, el BIOS comprueba si hay puertos paralelos en las direcciones base  $3BC_h$ ,  $378_h$ , y  $278_h$ , en ese orden, y almacena la dirección base de cualesquiera que hayan sido encontrados en posiciones consecutivas de la tabla. Las posiciones que no son usadas pueden estar en 0, o como algunos BIOS lo hacen, le colocan la dirección del primer puerto encontrado.

---

<sup>3</sup> Lectura habilitada de la terminal de dato (bajo).

<sup>4</sup> Lectura habilitada de la terminal de estado (bajo).

<sup>5</sup> Lectura habilitada de la terminal de control (bajo).

<sup>6</sup> Escritura habilitada de la terminal de dato(bajo).

<sup>7</sup> Escritura habilitada de la terminal de control (bajo).

<sup>8</sup> RAM, Ramdom Access Memory (Memoria de acceso aleatorio).

Algunos programas pueden ignorar la tabla de direcciones, pero ésta es usada por lo menos por el propio BIOS (mediante la INT 17<sup>9</sup> de E/S de impresora) y por el MS-DOS.

El BIOS detecta estos puertos escribiendo  $AA_h$  al registro de datos (en la dirección de E/S Base + 0), y por consiguiente, si en el registro de datos se lee  $AA_h$  significa que hay un puerto.

En la PC IBM, cada uno de estos registros tendrá solamente una dirección. Se busca encontrar estas direcciones para poder trabajar con el puerto paralelo. Para una PC típica, la dirección base del LPT1 es el  $378_h$  y el del LPT2 es el  $278_h$ . En la Tabla 2.3 podemos ver las direcciones de asignación para los puertos LPT1 y LPT2 y como se sabe, las direcciones a cada registro del puerto se obtienen de la siguiente forma:

Datos = base + 0

Estado = base + 1

Control = base + 2.

Por ejemplo, si la dirección base es  $378_h$ , entonces las direcciones del registro de datos, estado y control serán:

Datos =  $378_h$

Estado =  $379_h$

Control =  $37A_h$ .

---

<sup>9</sup> INT 17: Servicios de impresora (BIOS), ver tablas de interrupciones en anexo A1

Dirección	Nombre	Ubicación
378 <sub>h</sub>	LPT 1	Adaptador de impresión primario
278 <sub>h</sub>	LPT 2	Adaptador de impresión secundario

*Tabla 2.3 Asignación de direcciones.*

## 2.3 Convertidor analógico digital

Durante nuestra vida, tenemos la necesidad de medir frecuentemente: la energía eléctrica y el agua que consumimos; la velocidad del automóvil que manejamos, el área de nuestro jardín o nuestro peso. Algunas medidas pueden representarse de forma *analógica* y otras de forma *digital*. El término *digital* se refiere a que el número total de salidas es cuantificable (contar con los dedos) como la cantidad de personas en un una sala, cantidad de libros en una biblioteca, cantidad de autos en una zona de estacionamiento, mientras que el término *analógico* se refiere a las magnitudes o valores cuyo número total de valores de salida es infinito como la distancia o la velocidad.

En el mundo real tenemos una gran cantidad de señales analógicas las cuales varían constantemente, pueden variar lentamente como la temperatura o muy rápidamente como una señal de audio. Sin embargo, lo que sucede con las señales analógicas es que son muy difíciles de manipular, guardar y después recuperar con exactitud, por lo cual tendemos a convertir nuestra información analógica a información digital para que se pueda manipular sin problema. Es justamente para lograr este objetivo que empleamos los convertidores.

### 2.3.1 Generalidades

Los convertidores analógico digitales (ADC<sup>10</sup>) son los encargados de transformar una señal analógica en una señal digital. Algunos de los procesos que se requieren para lograr dicha transformación se describen a continuación.

#### **Muestreo**

Mediante esta operación se obtienen los valores o muestras de la señal analógica para instantes de tiempo determinados. La frecuencia con que se toman las muestras debe ser tal que asegure la completa reconstrucción de la señal original. La frecuencia de esta señal de muestra ( $f_m$ ) debe ser, al menos, el doble de la frecuencia máxima que posea la señal a muestrear, debido al teorema de muestreo uniforme que dice que: Una señal limitada en banda que no contiene componentes espectrales mayores que la frecuencia  $f_m$  Hz está determinada en forma única por sus valores en intervalos uniformes menores de  $\frac{1}{2f_m}$  segundos.

#### **Retención**

La retención de las muestras es necesaria para que el valor instantáneo de éstas se mantenga durante el tiempo que necesita el circuito convertidor para realizar la conversión. Las operaciones de muestreo y retención se realizan con circuitos denominados de captura y mantenimiento (S&H, sample and hold). En la Figura 2.6 se observa su esquema simplificado.

---

<sup>10</sup> Por sus siglas en inglés de Analogic to Digital Converter, Convertidor Analógico Digital. Ver anexo A2

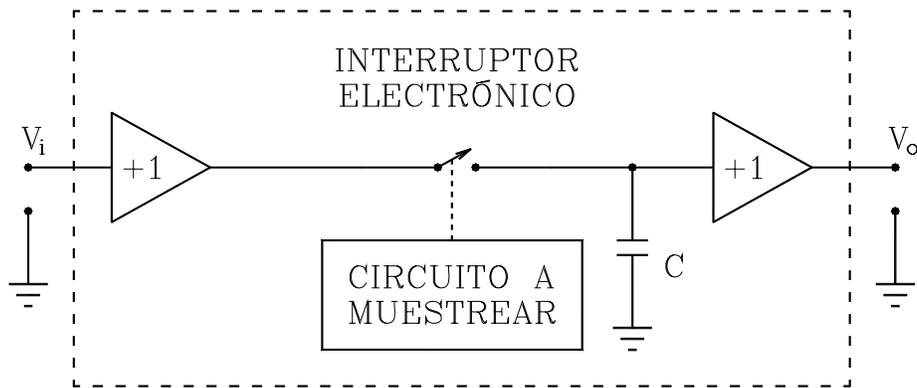


Figura 2.6 Esquema simplificado de un circuito S&H.

El funcionamiento del circuito de la Figura es el siguiente: el convertidor A/D manda un pulso de duración  $t_w$  del circuito a muestrear, que activa el interruptor electrónico, cargándose el condensador C, durante el tiempo  $t_w$ . En el caso ideal, la tensión en el condensador sigue la tensión de entrada. Posteriormente el condensador mantiene la tensión adquirida cuando se abre el interruptor.

### Cuantificación

Este proceso consiste en asignar un rango de valores de una señal analógica a un único nivel de salida. En la práctica, al realizar la cuantificación de una señal, se comete un error denominado “error de cuantificación”. Este error es debido a la división en escalones de la señal de entrada, de modo que para una serie de valores de entrada, la salida digital será siempre la misma. El error puede ser de  $\pm \frac{1}{2}$  LSB (Bit menos significativo) ó  $\pm 1$  LSB, según cuál sea el punto de conmutación. En algunos casos se procede por truncamiento (Figura 2.7) y en otros por redondeo (Figura 2.8). La desviación máxima se alcanza apenas antes de conmutar al nivel siguiente. Las Figuras 2.7 y 2.8 muestran las gráficas de

transferencia de un convertidor analógico digital de 3 bits en las cuales puede apreciarse el error de cuantificación.

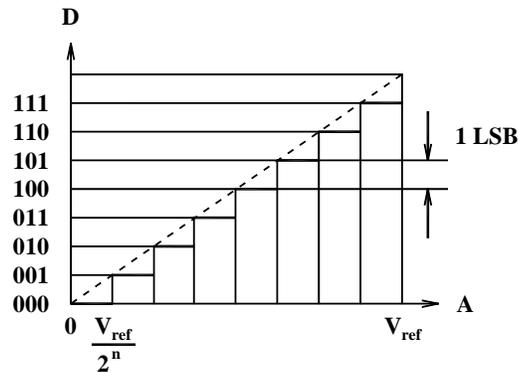


Figura 2.7 Error de cuantificación, sin offset por truncamiento.

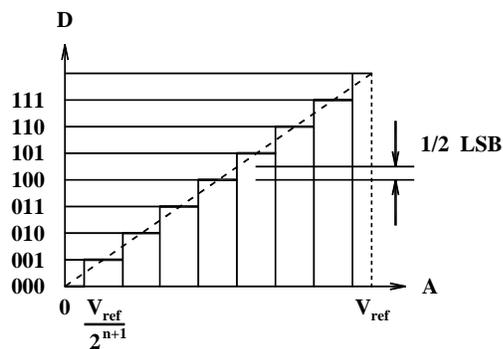


Figura 2.8 Error de cuantificación, con offset por redondeo.

### Codificación

Se conoce con este concepto al proceso de asignar un valor determinado a una señal previamente cuantificada; generalmente este valor se le asigna siguiendo un código digital.

A continuación se muestra un ejemplo de los conceptos de cuantificación y codificación.

Se pretende convertir una señal analógica que varía entre 0 V y 1.5 V, utilizando el código binario natural de tres bits.

El valor de cuantificación “ $q$ ” vendrá dado por:

$$q = \frac{1.5}{2^3}$$

$$q = 0.1875 \text{ V}$$

Teniendo en cuenta esta cuantificación, podemos obtener la siguiente tabla:

$V_{IN}$	0	0.1875	0.3750	0.5625	0.7500	0.9375	1.1250	1.3135
	~	~	~	~	~	~	~	~
	0.1875	0.3750	0.5625	0.7500	0.9375	1.1250	1.3125	1.500
Código de salida	000	001	010	011	100	101	110	111

*Tabla 2.4 Cuantificación y codificación.*

### 2.3.2 Clasificación de los ADC

Existen diversos tipos de convertidores, en unos casos se efectúa la conversión directa, por comparación contra una tensión de referencia, y en otros se efectúa una transformación a una variable intermedia, como puede ser el tiempo; también

puede efectuarse la conversión AD<sup>11</sup> realizando una conversión inversa DA<sup>12</sup>, usando al mismo tiempo una estructura de retroalimentación. Si el convertidor usa lazo cerrado recibe entonces el nombre de *servoconvertidor*; según sea el método utilizado se obtienen distintas características de precisión, rapidez de conversión y costo. A continuación se presentan algunos de los métodos de conversión más usuales.

### **Convertidor AD instantáneo**

En este tipo de convertidor todos los bits se generan simultáneamente. Es el más rápido y el que necesita un mayor número de componentes de precisión. En la Figura 2.9 se presenta su diagrama.

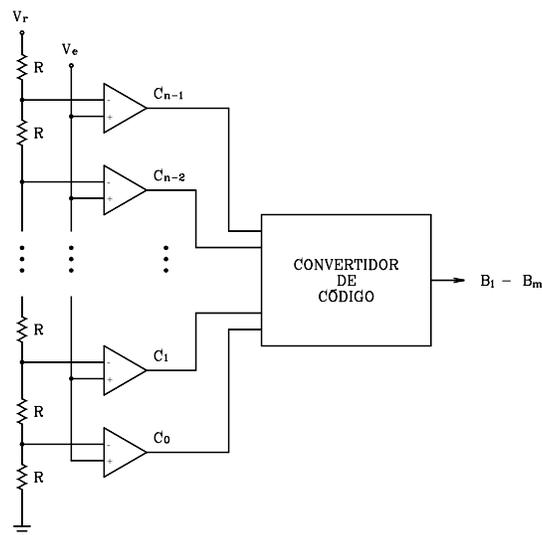


Figura 2.9 Diagrama del convertidor AD instantáneo.

<sup>11</sup> Analógico Digital

<sup>12</sup> Digital Analógico

### Convertidor AD de rampa

Este circuito consta, como se puede observar en la Figura 2.10, de un integrador, un comparador, un generador de pulsos y un contador con buffer<sup>13</sup> de salida.

El funcionamiento comienza con la puesta en marcha del integrador y del contador por el circuito de control. El integrador genera una rampa cuya pendiente queda determinada por los valores de R y C<sub>1</sub>; simultáneamente el contador que recibe los pulsos del reloj empezará su cuenta.

Durante el proceso anterior el comparador está recibiendo constantemente la señal de entrada y del integrador, y cuando la señal del integrador supere a la de entrada, el contador dejará de recibir pulsos, dejando el último dato leído por el contador en la salida digital.

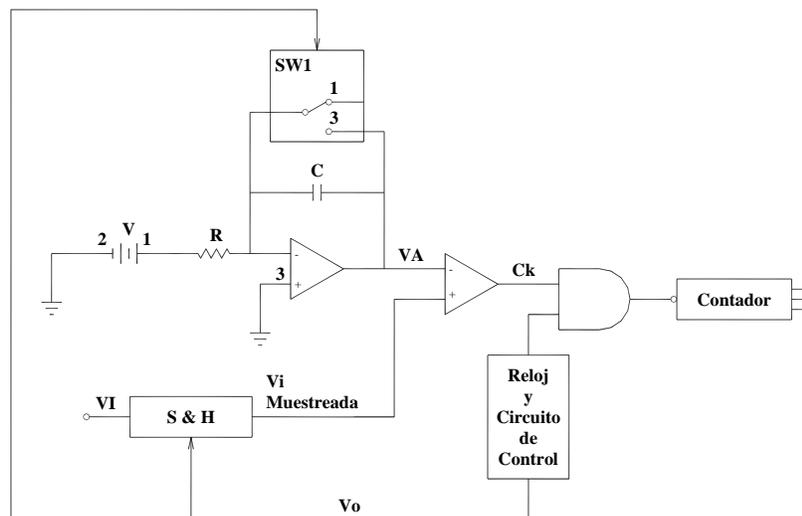


Figura 2.10 Diagrama de bloques del convertidor AD de rampa.

<sup>13</sup> Espacio de memoria que se utiliza como regulador y sistema de almacenamiento intermedio entre dispositivos de un sistema informático.

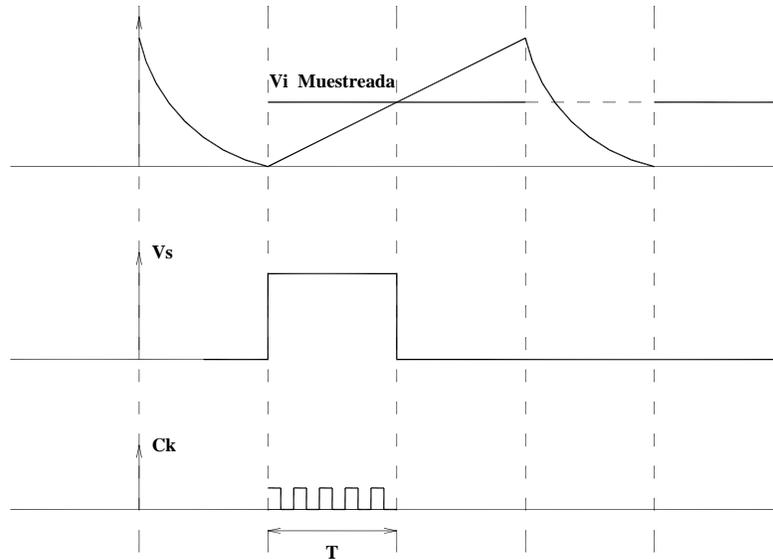


Figura 2.11 Gráfica de las señales en un convertidor AD de rampa.

El principal inconveniente de este convertidor es la variación de los parámetros debido a los cambios de temperatura, puesto que influye tanto en la frecuencia del reloj como en la constante  $\tau$ .

**Convertidor AD de doble rampa**

En la Figura 2.12 se puede observar el esquema de este tipo de convertidor.

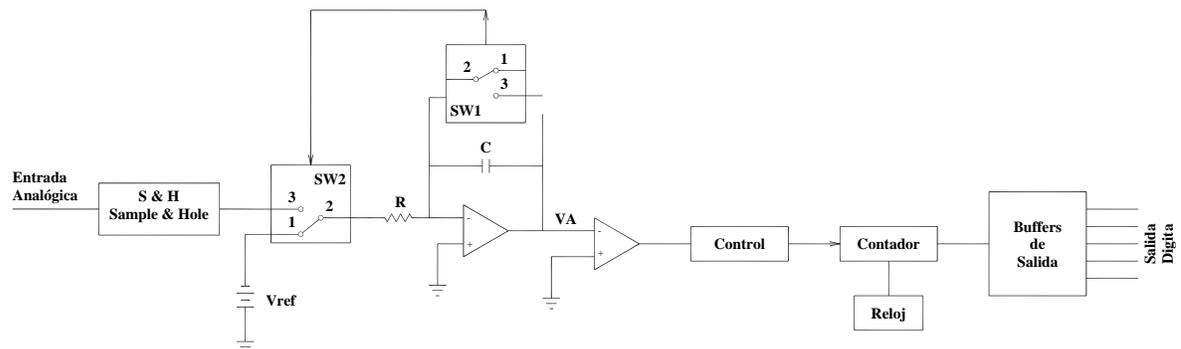
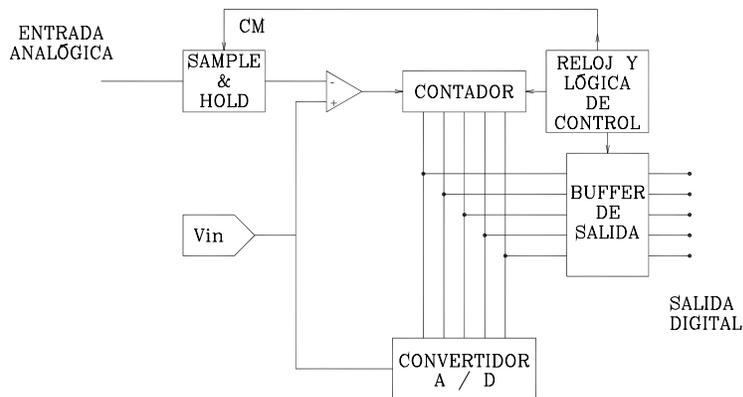


Figura 2.12 Diagrama de bloques del convertidor AD de doble rampa.

En un primer instante se pone en cero el contador y se descarga C1, el SW1 en la posición 3. A continuación se realiza la integración de la tensión de entrada durante un tiempo constante (SW2 en la posición 3) para obtener una rampa ascendente cuya pendiente dependerá de la tensión de entrada. Después SW2 conmuta a su posición 1 para generar una rampa descendente hasta que la salida del integrador sea cero. En ese momento se para el contador y su valor dependerá directamente de la tensión de entrada. La ventaja respecto del convertidor de rampa sencilla es que el valor obtenido no depende de la malla RC, aunque tiene como desventaja la lentitud. Su uso principal está en los multímetros digitales.

### **Convertidor AD por contador**

Llamado también convertidor con rampa en escalera. Usa el circuito más sencillo de convertidores AD y consta básicamente de los elementos mostrados en la Figura 2.13.



*Figura 2.13 Convertidor AD por contador.*

Una vez que el circuito de captura y mantenimiento (S&H), ha muestreado la señal analógica, el contador comienza a funcionar contando los pulsos procedentes del

reloj. El resultado de este proceso se transforma en una señal analógica mediante un convertidor DA, proporcional al número de pulsos de reloj recibidos hasta ese instante. La señal analógica obtenida se introduce al comparador en el que se efectúa una comparación entre la señal de entrada y la señal digital convertida en analógica. En el momento en que esta última alcanza el mismo valor (en realidad algo mayor) que la señal de entrada, el comparador cambiará su estado de salida y el contador se detiene. El valor del contador pasa a los buffers y se convierte en la salida digital correspondiente a la señal de entrada. Este convertidor tiene dos inconvenientes: escasa velocidad y tiempo de conversión variable.

### ***Convertidor AD de aproximaciones sucesivas***

Los convertidores de aproximaciones sucesivas tienen un valor constante en su tiempo de conversión que no depende del valor de la entrada analógica; la disposición básica es semejante a la de ADC de rampa digital, sin embargo, el convertidor de aproximaciones sucesivas no utiliza ningún contador para proporcionar la entrada en el bloque del convertidor DA, sino en cambio usa un registro con lógica de control que modifica el contenido del registro bit a bit, hasta que los datos del registro sean el equivalente digital de la entrada analógica.

El tiempo de conversión de los convertidores de aproximaciones sucesivas de  $n$  bits requieren  $n$  ciclos de reloj para realizar su conversión, sin importar la magnitud del voltaje que está presente en su entrada. Esto se debe a que los circuitos de control tienen que ensayar un 1 lógico en la posición de cada bit, empezando por el más significativo, para ver si se necesita o no; los convertidores de aproximaciones sucesivas tienen tiempos de conversión muy rápidos, su uso en aplicaciones de sistemas de adquisición de datos permite que se adquieran más valores de datos en un intervalo de tiempo dado. Esto puede ser muy importante cuando los datos analógicos cambian su valor rápidamente.

## Capítulo Tres

### Diseño

Es quizás en este apartado en el que se desarrolle la parte más importante de la tesis, pues es aquí donde se ponen en práctica la mayoría de los conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería electrónica.

Se implementarán además algunos instrumentos para ser utilizados durante la realización de las prácticas de Física, como es el diseño de la interfaz para automatizar ambas prácticas (cinemática y electricidad) con la que se pretende ahorrar el tiempo de realización de las prácticas a fin de que el alumno tenga más tiempo para analizar los resultados de los experimentos.

Para el diseño del equipo automatizado que se propone en esta tesis, se necesita realizar la medición de algunos parámetros físicos que serán introducidos a una PC por medio de una interfaz.

### **3.1 Dispositivos requeridos para la práctica de cinemática**

En los siguientes párrafos se pretende desarrollar el sistema de captura de datos automatizado para la práctica de cinemática de movimiento rectilíneo uniformemente acelerado o MRUA por sus siglas, en la que se analizarán los conceptos de velocidad y aceleración.

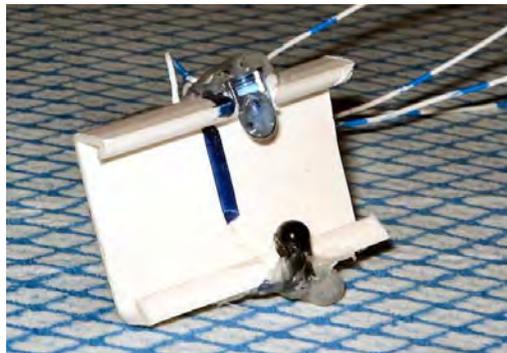
Para esta práctica se requiere tener un camino o pista por donde correrá un móvil, que puede ser un objeto, tal como una canica, un pelota, un carro pequeño, o un cilindro, para poder tomar los valores de tiempo en los que el móvil esté pasando por cada una de las posiciones preestablecidas, y para lo cual se colocarán en cada una de ellas módulos fotosensores.

Se diseñará una tarjeta de captura de datos que pueda ser utilizada para diversas aplicaciones, que pese a ser diseñada para la práctica del MRUA, con un pequeño cambio pueda ser utilizado en otras prácticas que se pueden desarrollar posteriormente.

Para el sistema de captura de datos automatizado de la práctica de *cinemática*, se requerirán los siguientes elementos:

Una *parte mecánica* donde se requiere disponer de una “pista” donde correrá el móvil para poder medir intervalos de tiempo hasta el final de ciertas posiciones preestablecidas, La posición donde se inicia su movimiento. Para la determinación de los valores de tiempo en los que el móvil pasa por dichas posiciones, se consideró el uso de fotosensores.

En primer lugar se consideró el empleo de una canaleta telefónica de plástico, de una pulgada de ancho, por donde correría un móvil, en este caso un carro de juguete. Dicha canaleta estaría colocada con un cierto un ángulo de elevación, que pueda generar el movimiento del cuerpo. Se consideró utilizar este material por ser bastante práctico, puesto a que es fácil de conseguir y al ser flexible se facilita la colocación de los posibles fotosensores. En la Figura 3.1 donde se aprecia parte de la canaleta con los fotosensores montados.

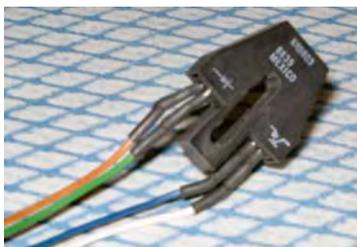


*Figura 3.1 Segmento de la canaleta con los fotosensores (emisor y receptor).*

Otra posible solución para la pista es un plano inclinado hecho con una lámina de madera compactada<sup>1</sup> (perforada), en cuyos extremos van montadas dos tablas simulando un riel, además de contar con un bastidor para darle una inclinación al plano. En este caso se usarían unos sensores fotorreflectivos (ver Figura 3.2)

<sup>1</sup>Comúnmente conocida en México como *fibracell*

colocados en la parte inferior. La lámina de madera compactada está perforada de tal forma que sea fácil montar los fotosensores sin necesidad de perforar, pues únicamente se requiere ponerlos frente a los agujeros de dicha lámina.



*Figura 3.2 Sensor fotorreflexivo.*

Asimismo, se puso a prueba un riel de aluminio con un extremo curvo, como se muestra en la Figura 3.3. La idea de tener el extremo curvo es para que el móvil tenga ya una velocidad cuando éste pase por el primer fotosensor. Los fotosensores pueden colocarse en posiciones diferentes y el móvil puede ser un balón de acero de una pulgada de diámetro.



*Figura 3.3 Riel de aluminio con el extremo curvo.*

Debido a la gran cantidad de *fotosensores* que existen en el mercado, sólo se analizaron los más económicos y fáciles de adquirir como el fototransistor y el emisor infrarrojo (véase en la Figura 3.4) de tipo común; sin embargo éstos presentan el problema que la distancia de separación entre ellos no puede ser muy grande, debido a que tienen poca sensibilidad en relación con la distancia de separación.



Figura 3.4 Fototransistor y led infrarrojo.

También se probó el diodo TLN103A fabricado por Toshiba y el fototransistor PT501 de la Sharp mostrados en la Figura 3.5. Este fototransistor presentó una excelente respuesta, debido a lo cerrado del ángulo de radiación (ver la Figura 3.6); sin embargo el led de Toshiba se comportó con un ángulo de radiación un poco más amplio que el anterior, como se puede observar en la Figura 3.7, en el que se muestra la gráfica de la intensidad luminosa relativa contra la direccionalidad (respuesta angular).

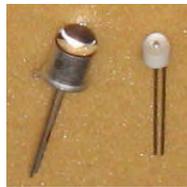


Figura 3.5 Fototransistor (Sharp) y led IR (Toshiba).

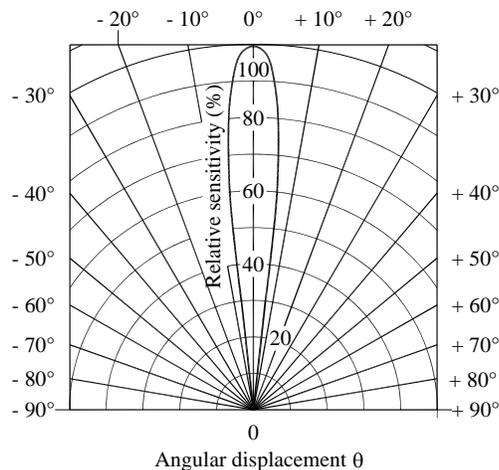
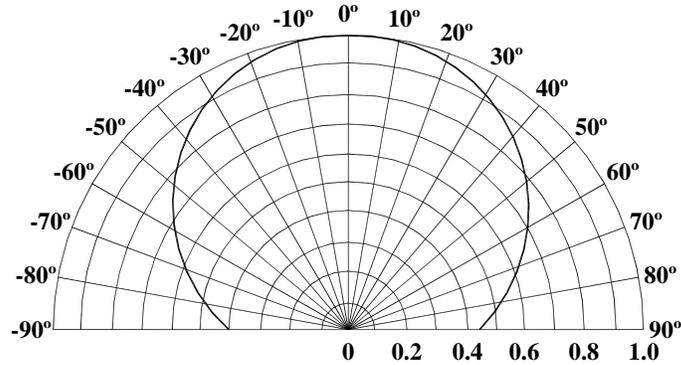


Figura 3.6 Diagrama de sensibilidad del fototransistor de la Sharp.



*Figura 3.7 Respuesta angular del diodo TLN103A de Toshiba.*

Posteriormente se experimentó con otro tipo de arreglo de fototransistor, en un encapsulado que incluye el par de emisor y detector infrarrojo (fotointerruptor) 276-142 fabricado por Radio Shack y su similar el GP1A04 de la Sharp. En la Figura 3.8 se observa el primero. Desafortunadamente, en este tipo de fotointerruptor, la distancia no puede variarse, sin embargo tiene una excelente respuesta al no influirle tanto la luminosidad del medio.



*Figura 3.8 Fotointerruptor 276-142 de Radio Shack.*

Para alcanzar mayor distancia de separación entre el emisor y el receptor, se experimentó también con fuentes láser (Figura 3.9) y fototransistores como receptores, y de igual forma se encontró un buen resultado. Para este trabajo se

utilizó una fuente láser tipo II<sup>2</sup> con una longitud de onda entre 60 a 680 nm y con un consumo de energía menor a 1 mW.



*Figura 3.9 Emisor láser.*

En cuanto a un *módulo de procesamiento* se pensó utilizar un PIC<sup>3</sup> (microcontrolador) para poder manejar los datos de los sensores, esto debido a que el PIC 16C84 es un procesador segmentado *PIPELINE* además de ser de tipo *RISC*<sup>4</sup> y con una arquitectura *HARVARD*<sup>5</sup>. El PIC 16C84 presenta la característica de que el formato de las instrucciones es ortogonal, es decir, cualquier instrucción puede utilizar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o destino, además de que todas las instrucciones tienen la misma longitud (14 bits).

En otra posible solución a esta etapa de diseño se vio como una viable solución el implementar un banco de *flip flops*<sup>6</sup> que recibirán la señal de los módulos

---

<sup>2</sup> Clase II: Láseres visibles (longitud de onda entre los 400 a 700 nm). Los reflejos de aversión protegen el ojo aunque se utilicen con instrumentos ópticos. Pueden provocar daños si se mira directamente a la fuente de emisión o al extremo libre de la fibra óptica que transmite la emisión

<sup>3</sup> Controlador de Interrupciones Programables, por sus siglas en ingles.

<sup>4</sup> Reduced Instruction Set Computer, Computadora de juego de instrucciones reducido, por sus siglas en ingles.

<sup>5</sup> Se caracteriza por tener buses independientes para la memoria de programa y la memoria de datos.

<sup>6</sup> Circuito electrónico que alterna entre dos estados.

fotosensores, y un conjunto de circuitos tipo “buffer”, cuya función será la de servir como *multiplexor*. Estos irán conectados a una PC mediante una interfaz.

A continuación se desarrollan más ampliamente cada una de los componentes del sistema así como la selección de los dispositivos usados en la etapa de diseño.

### 3.1.1 Parte mecánica

Se decidió emplear el riel, construido de aluminio de 1.50 m de longitud, por contar con un mecanismo basado en tornillos para el ajuste de nivel, y tener una mejor horizontalidad para que el desplazamiento del móvil, en este caso un balón, sea mejor.

El balón no es lo único que se puede utilizar, sino que puede emplearse cualquier móvil, que pueda desplazarse en él (un carro pequeño, por ejemplo), teniendo como única limitante la imaginación del alumno e instructor.

Dicho riel consta de una parte curva, lo cual se considera también como una gran ventaja en el diseño, puesto que el móvil tendrá ya una velocidad al pasar por el por el primer sensor.

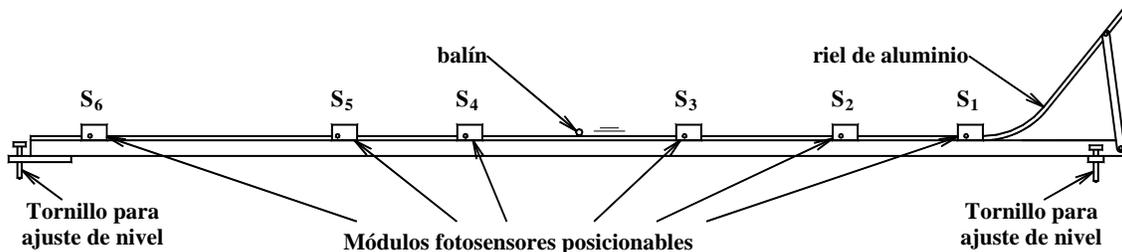
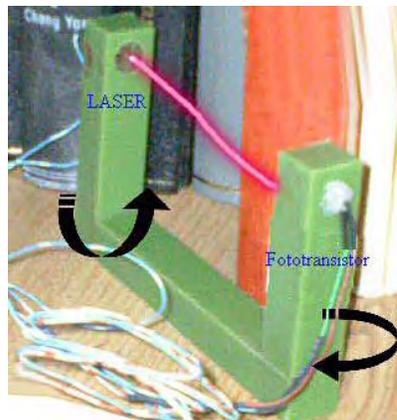


Figura 3.10 Riel con módulos fotosensores posicionables.

En el riel que se muestra en la Figura 3.10, se observan seis módulos fotosensores posicionables, sin embargo se piensa montar ocho módulos, los cuales se podrán colocar libremente en las ubicaciones donde el alumno decida. Así, al variar las longitudes, el alumno podrá registrar tiempos con el fin de obtener sus conclusiones del evento que él mismo origine, al sensar el tiempo en distintas posiciones, con lo que se pretende que el alumno aumente su interés y curiosidad por la mecánica.

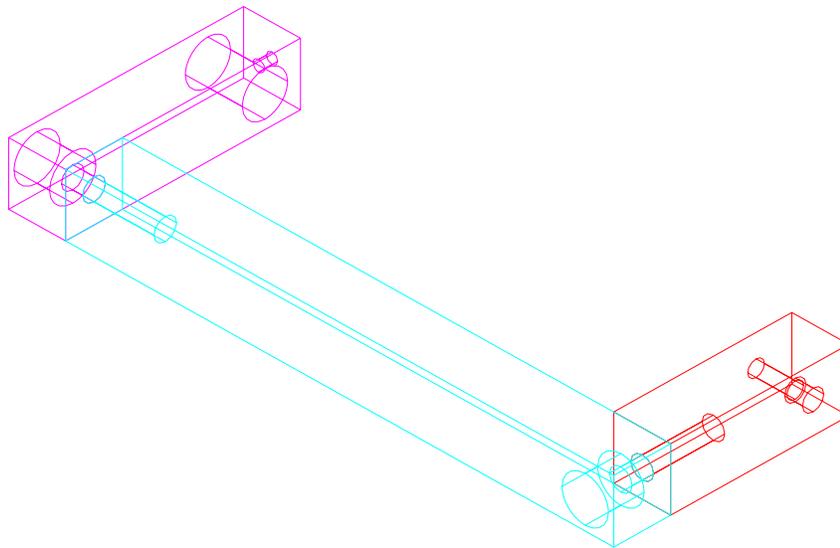
### 3.1.2 Módulos fotosensores

Se eligieron los fotosensores PT 501 de la Sharp y el diodo láser sobre otros dispositivos del mismo tipo, debido a su óptimo desempeño, considerando que la distancia de separación entre la lente láser y el fotosensor PT501 no es mayor a 105 mm, se comprobó que la lente láser (la cual se obtuvo de un apuntador) puede alcanzar hasta 200 metros. En la Figura 3.11 se muestra cómo está colocado el fotosensor y el emisor láser, y además los sentidos de giro que permite su ajuste, de manera que el láser pueda incidir perfectamente sobre el fototransistor.



*Figura 3.11 Módulo fotosensor posicionable (activo).*

La fuente láser y el fototransistor de los módulos fotosensores posicionables, están colocados en unas barras de *nylamid*<sup>7</sup> (ver anexo 3), dichas barras tienen dimensiones distintas, el que soporta la fuente láser es de 66x16x16, el del fototransistor PT 501 es de 49x16x16 y el ultimo que une a ambos es de 154x16x16 mm, unidos entre sí formando ángulos rectos. Ambas barras tienen perforaciones para colocar un tornillo prisionero a manera de que el emisor láser y el fototransistor puedan quedar fijos a las barras, se calculó la distancia para hacer concéntricos los orificios por donde se colocarán los fotosensores, para poder ajustar la incidencia del láser sobre el fototransistor estando éstos alineados. La ilustración de estas barras se puede observar en la Figura 3.12.

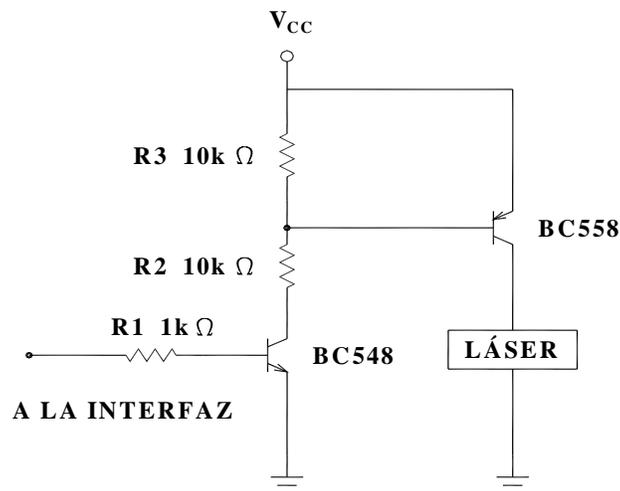


*Figura 3.12 Módulo fotosensor posicionable.*

---

<sup>7</sup> Los productos Nylamid® son plásticos de ingeniería de varias familias de polímeros, como nylon, polietileno y acetal, entre otros, fabricados por vaciado, moldeo por compresión y extrusión, de acuerdo a los adelantos más recientes de la tecnología de los plásticos.

De cada barra salen dos pares de alambres, uno de ellos es para el emisor y el colector del fototransistor y el otro es utilizado para el ánodo y el cátodo de la fuente láser. Se puso un circuito para poder encender y apagar el láser, que debido a que los emisores láser pueden representar un peligro (sólo si no se usan de la manera correcta) al poder llegar a dañar los ojos, se decidió entonces que deberá controlarse su encendido y apagado, para que de esta forma sólo operen cuando se ejecute la rutina de medición; para ello se requirió del circuito mostrado en la Figura 3.13; sin embargo, este arreglo eléctrico no se encuentra montado en el módulo fotosensor posicionable sino que se armó en la placa de pruebas (*protoboard*) donde se encuentra el circuito que sirve como interfaz con la PC.



*Figura 3.13 Interruptor de estado sólido de encendido para el láser.*

Todo el circuito eléctrico implementado para el módulo fotosensor posicionable se muestra en la Figura 3.14.

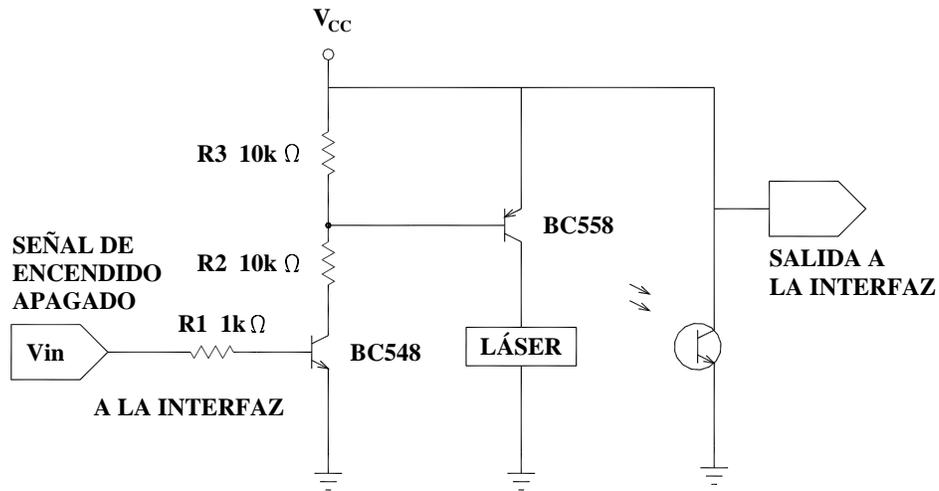


Figura 3.14 Diagrama del módulo fotosensor posicionable.

### 3.1.3 Interfaz con el puerto paralelo

Se implementó un circuito mediante el cual el puerto paralelo de la PC pueda operar con los módulos fotosensores mediante un arreglo de circuitos TTL, que se muestra en la Figura 3.15. La señal que proviene del fototransistor se acondiciona para que tenga el suficiente voltaje necesario para activar a los circuitos TTL, además, se requiere amplificar la corriente de la entrada a la fuente láser mediante el circuito mostrado anteriormente (ver Figura 3.13), para que tenga la intensidad luminosa suficiente para el funcionamiento del sistema. Esto le permite al sistema operar en cualquier situación de iluminación de los laboratorios.

Con las señales del registro de control del puerto paralelo dirección 037A<sub>h</sub> se capturan las señales en flip flops que vienen de los módulos fotosensores posicionables. Estos envían la señal al registro de estado (0379<sub>h</sub>), a través de buffers.

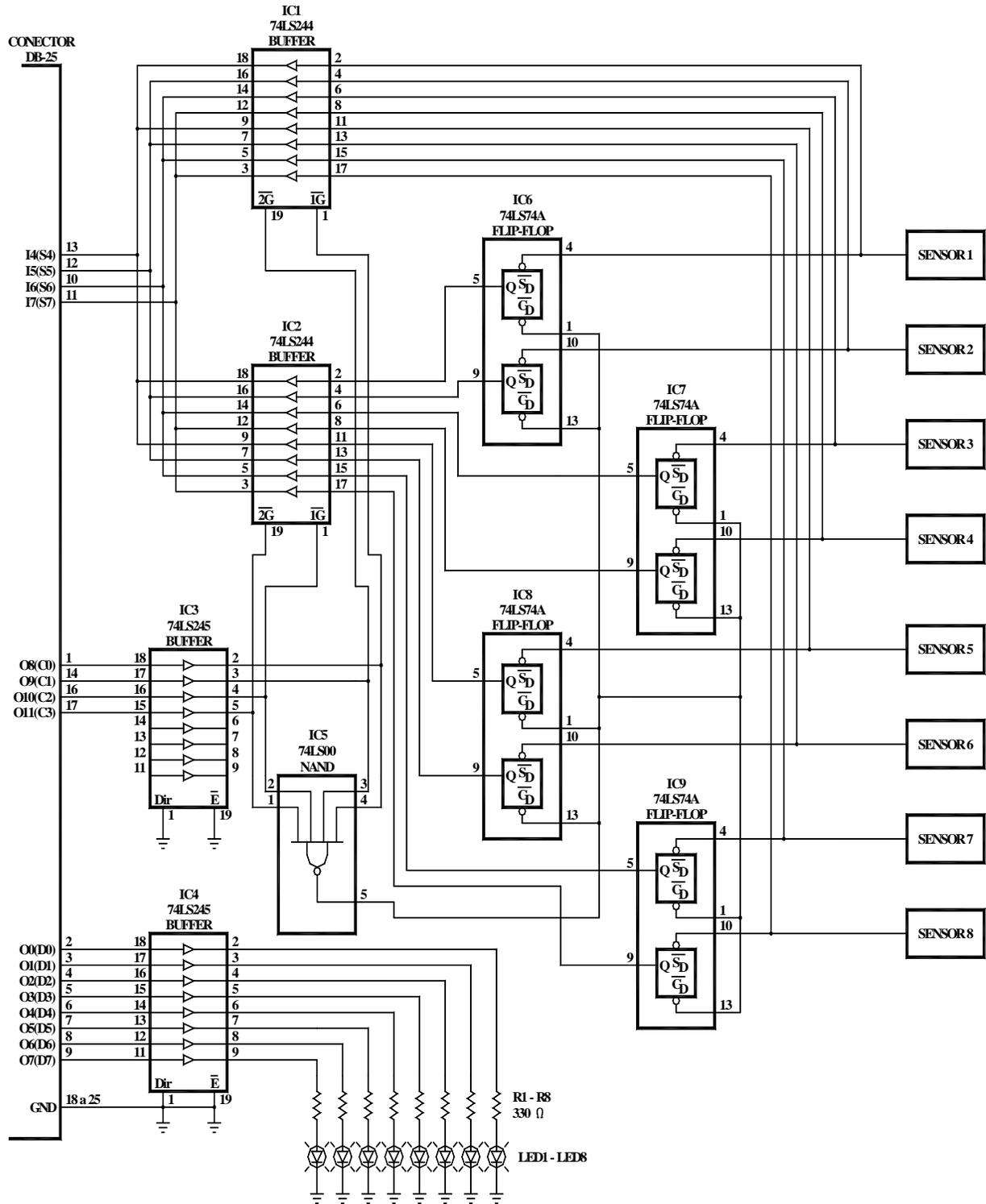
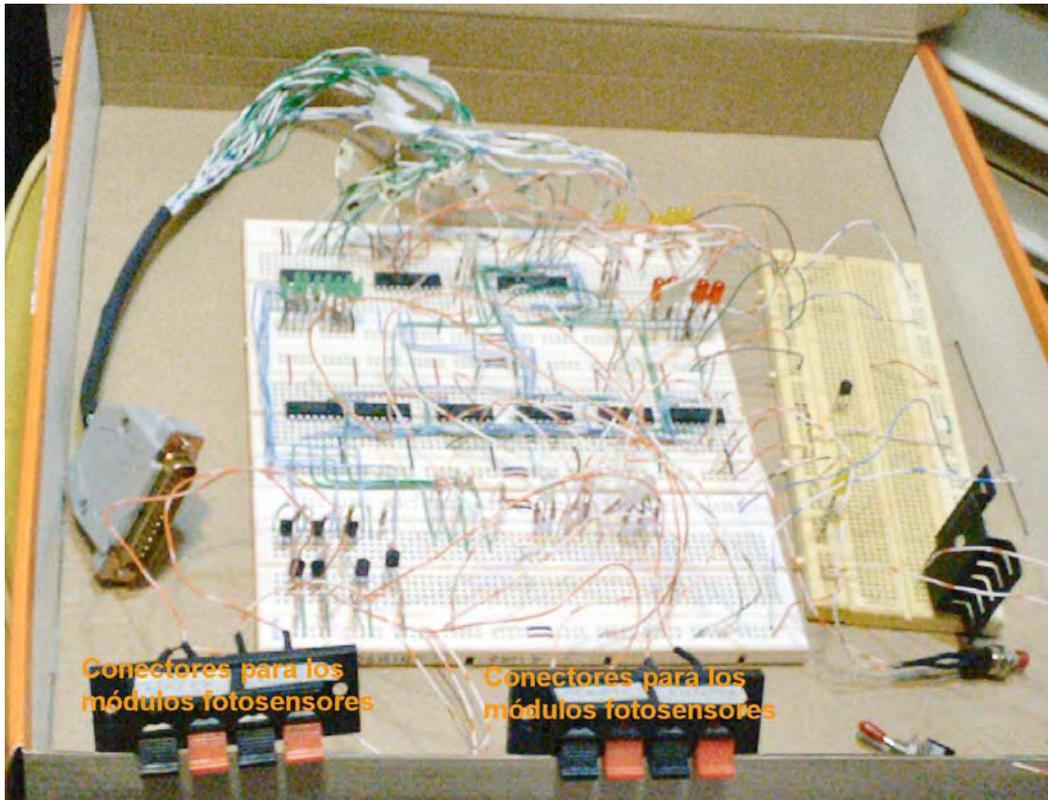


Figura 3.15 Interfaz entre la PC y los módulos fotosensores.

En la Figura 3.16 se muestra el protoboard con los circuitos integrados armados a partir del diagrama de la Figura 3.15, con el cual se realizó las prácticas de cinemática; se puede observar que sólo cuenta con cuatro pares de conectores para módulos fotosensores posicionables; sin embargo, está diseñado para tener desde dos, como mínimo, y hasta ocho, como máximo, que se conectarán según se requiera.



*Figura 3.16 Circuito implementado para la práctica de cinemática.*

### 3.1.4 Computadora personal

La forma de adquisición de los datos por la PC es a través del puerto paralelo LPT1; y mediante un programa desarrollado en lenguaje C (ver anexo A4), se manipulan los datos adquiridos mediante los fotosensores y la tarjeta de captura, para que en forma digital, se logre procesar esta información y así poder representarla en la pantalla.

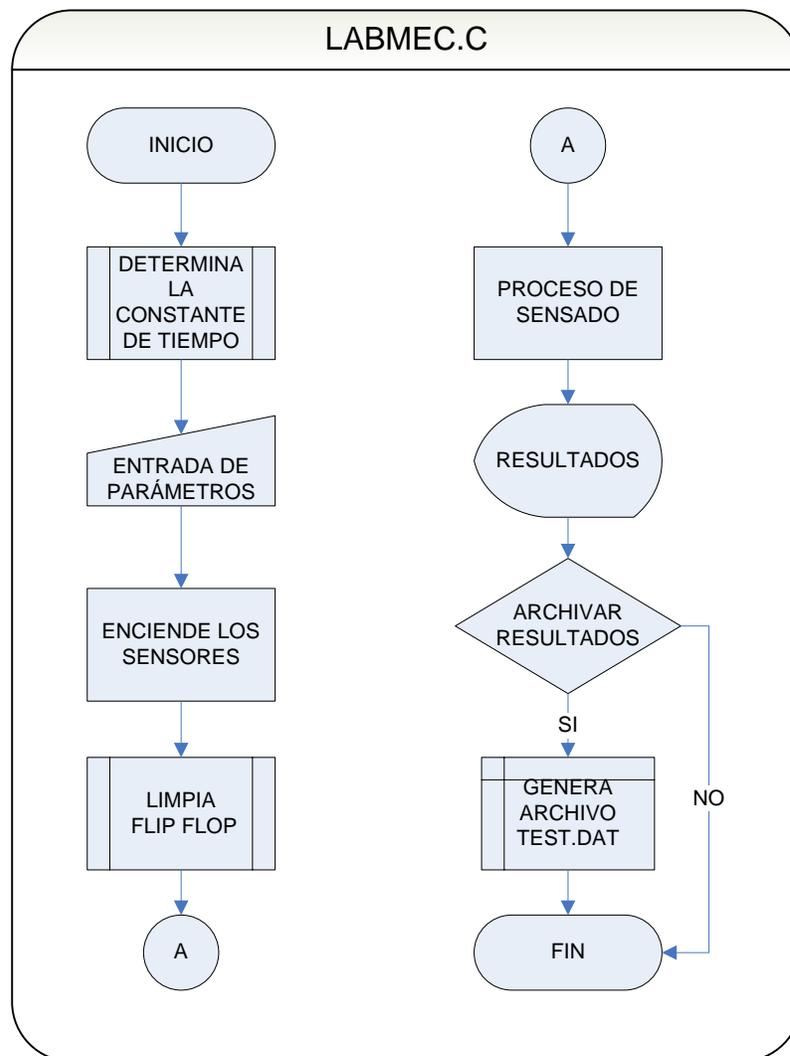


Figura 3.17 Diagrama de flujo del programa LABMEC.C.

El programa tiene la capacidad de repetir el experimento el número de veces que requiera el usuario. Despliega los datos obtenidos en pantalla y puede generar el archivo (TEST.DAT) calculando previamente la media y la desviación estándar de cada conjunto de medidas de tiempo.

El diagrama de flujo de este programa se muestra en la Figura 3.17,

### **3.2 Diseño para la práctica de electricidad**

Para el desarrollo de las prácticas de electricidad, no se requirió de muchos, aditamentos externos como en el caso de la práctica de mecánica; simplemente en cuanto a la parte de diseño electrónico se configuró un convertidor analógico digital 0809.

En esta práctica se espera que el alumno verifique la Ley de Ohm mediante el uso de un voltímetro, de forma tal que de manera indirecta determine los valores de resistencias y corrientes de determinado circuito aplicando dicha Ley.

Se utiliza entonces la PC como un voltímetro, se generará un circuito interfaz que pueda ser el transductor de los valores de voltaje.

### 3.2.1 Criterio de selección del ADC 0809

Se decidió emplear este convertidor para la interfaz debido a que es de fácil adquisición en el mercado además de su bajo costo, y no presenta dificultad para su uso. Además de todo esto el convertidor tiene las siguientes características:

- Resolución de 8 bits
- Alimentación única, 5 VDC
- Multiplexor de 8 canales con lógica de control de *latches*
- Fácil interacción con cualquier microprocesador
- Las salidas cumplen especificaciones TTL
- Entradas con un rango de voltaje de 0V a 5V
- No necesita ajuste a cero o de escala completa

### 3.2.2 Tableta de prueba y voltímetro

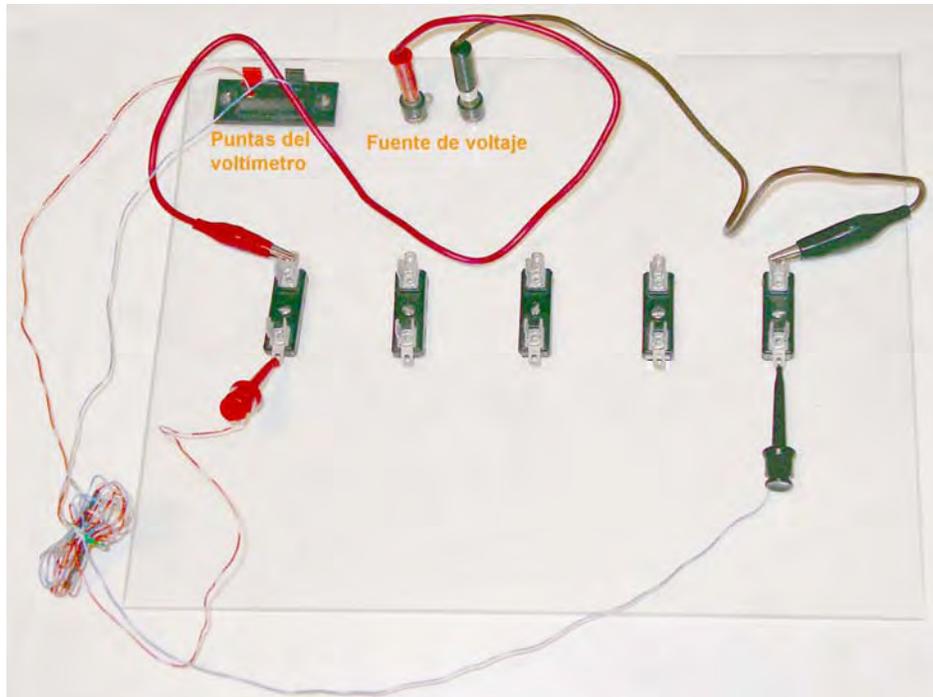
Se fabricó una tableta de prueba, la cual se observa en la Figura 3.18, para que el alumno realice los diferentes tipos de arreglos de resistencias tales como configuraciones en serie, en paralelo y mixtas. Para poder utilizar de forma práctica estas resistencias, se utilizó el cascarón de los fusibles tipo americano<sup>8</sup>, adaptando en su interior resistencias de diferentes valores<sup>9</sup>.

La tableta es una placa de acrílico, no conductora, contiene cinco soportes para fusibles que servirán como base para colocar las resistencias, cuenta además, con dos plugs hembras que están conectado a una fuente de voltaje, que es la que alimentará al circuito, además de tener un conector que esta directamente conectado al circuito de interfaz, el cual funciona como las puntas del voltímetro.

---

<sup>8</sup> Por ser más grande que los de tipo europeos.

<sup>9</sup> Todas estas resistencias son a 1 y 2 watts.



*Figura 3.18* Tableta de acrílico.

### 3.2.3 Arreglo del convertidor

En esta etapa, al tener elegido nuestro convertidor analógico digital, fue necesaria la implementación de un pequeño circuito para poder ponerlo en marcha, como se puede observar en la Figura 3.19. Con esta interfaz se puede introducir los valores de voltaje a medir a la PC.

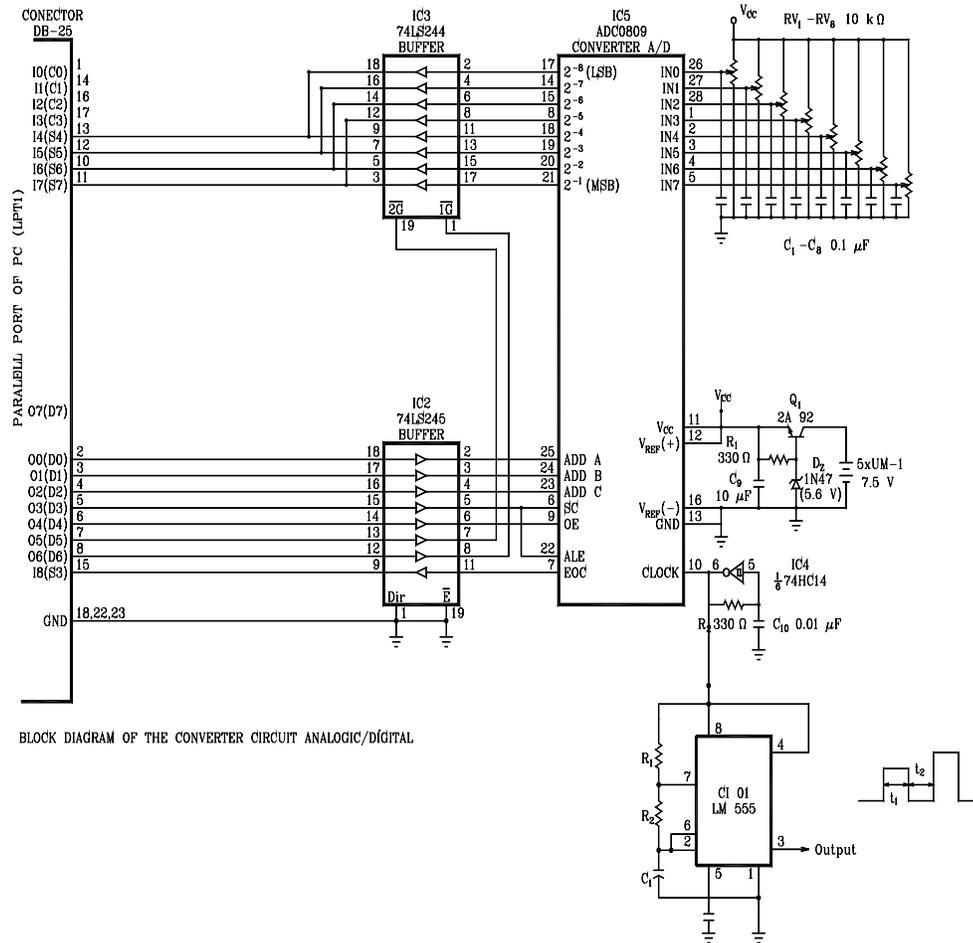
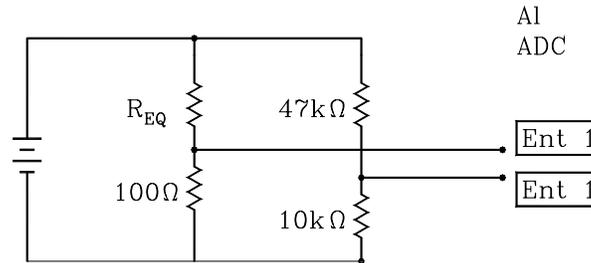


Figura 3.19 Convertidor analógico digital.

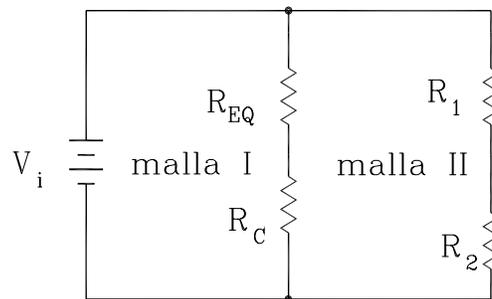
### 3.2.4 Cálculo de la resistencia equivalente

Se necesita de una resistencia equivalente para ser usada como un comparador en las mediciones de voltaje. En la Figura 3.20 se muestra un arreglo de resistencias. Para esta práctica se usa como sensor el diseño mostrado en dicha figura, y debido a su construcción, puede soportar valores de voltajes superiores a los 5 V, sin que logren causar algún daño a la PC y al ADC.



*Figura 3.20 Resistencia equivalente.*

Analizando ahora el circuito de la Figura 3.21, se necesita determinar el valor de la  $R_{EQ}$ , para lo cual dividimos el circuito en dos mallas y se analizan a continuación:



*Figura 3.21 Arreglo de resistencias.*

Se tienen además los valores reales de los elementos del circuito:

Resistencias

$$R_1 = 46.9 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 9.77 \text{ k}\Omega$$

$$R_C = 100.9 \text{ }\Omega$$

Voltajes

$$V_{AC} = 4.88 \text{ V}$$

$$V_{BC} = 4.30 \text{ V}$$

Calculando las corrientes del circuito mostrado en la Figura 3.22

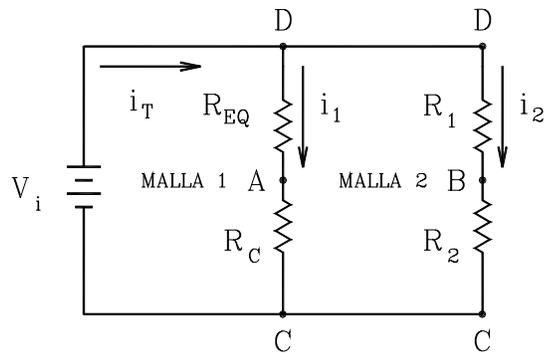


Figura 3.22 Corrientes del circuito.

De la malla I se obtiene la corriente

$$I_1 = \frac{V_{AC}}{R_C}$$

De la malla II se obtiene la corriente

$$I_2 = \frac{V_{BC}}{R_2}$$

Ahora bien, del nodo D (ver Figura 3.22) tenemos que

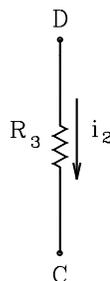
$$I_t = I_1 + I_2$$

Reduciendo la rama DC

$$R_3 = R_1 + R_2$$

$$V_{DC} = R_3 I_2$$

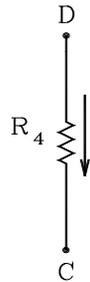
$$V_{DC} = \frac{V_{BC}}{R_2} (R_1 + R_2)$$



Haciendo lo mismo para las otras dos resistencias de la malla I

$$R_4 = R_{EQ} + R_C$$

$$R_4 = \frac{V_{DC}}{I_1}$$



Con esto se puede ya calcular la resistencia equivalente; sustituyendo las ecuaciones obtenidas antes tenemos que

$$R_{EQ} = \frac{V_{DC}}{I_1} - R_C$$

$$R_{EQ} = \frac{V_{BC}(R_1 + R_2)R_C}{R_2V_{AC}} - R_C$$

De esta ecuación es la necesaria para utilizarla en el programa (ver apéndice 2) con la interfaz del puerto paralelo y el ADC.

Calculando la  $R_{EQ}$  con los valores reales

$$R_{EQ} = \frac{4.30(46900 + 9770)100.9}{(9770)(4.88)} - 100.9$$

$$R_{EQ} = 414.8016\Omega$$

### 3.2.5 Software

Se realizó un programa en lenguaje C (ver anexo A5) que realiza la captura de datos del convertidor analógico digital (ADC 0809), por el puerto de estado y el

puerto control del puerto paralelo LPT1, el valor que convierte son los voltajes para calcular corrientes y resistencias, teniendo como dato de entrada el voltaje.

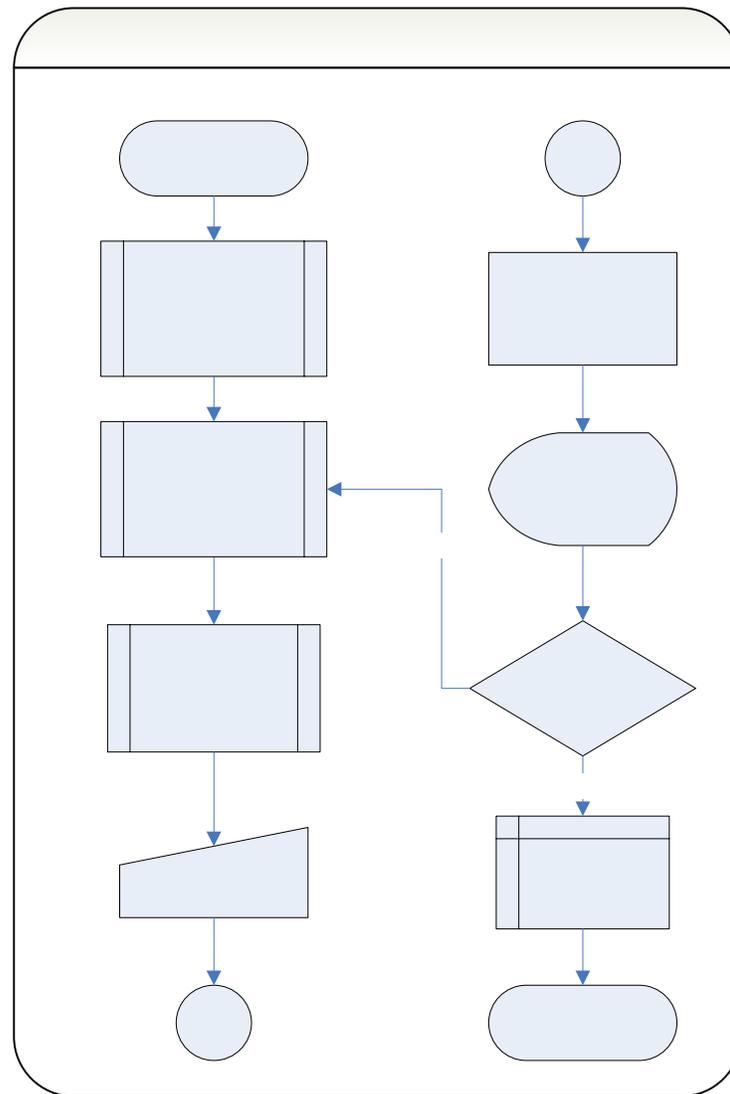


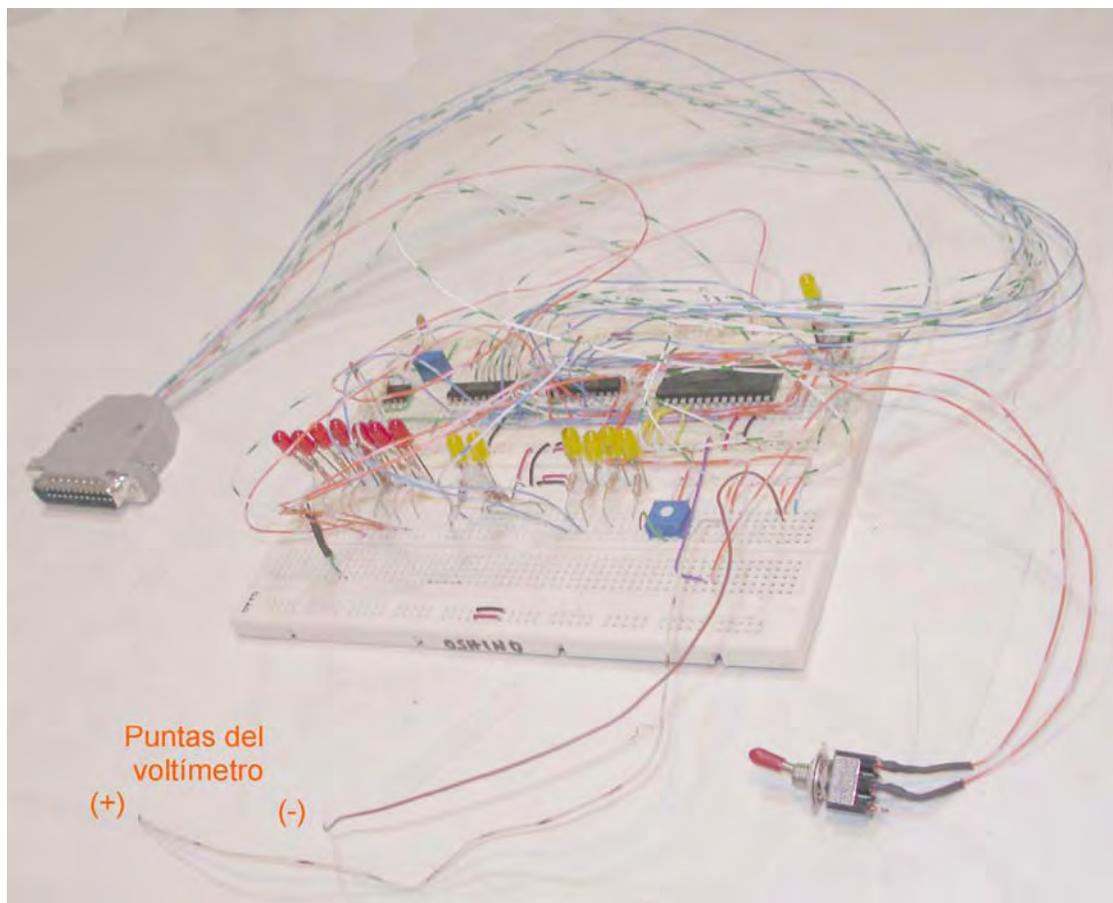
Figura 3.23 Diagrama de flujo del programa LABFIS.G

**CÁLCULO DE LA RESISTENCIA EQUIVALENTE**

**HABILITAR DIRECCIONES**

El programa desarrollado inicia calculando una resistencia equivalente, misma que es usada como un valor para poder comparar con las otras resistencias, de esta forma calcular el voltaje. Se realizan rutinas para poner en operación el ADC como el habilitar las direcciones para elegir cuales serán las entradas en nuestro ADC. El programa estará constantemente midiendo voltajes hasta que se le de la instrucción de guardar el dato medido.

En la Figura 3.24 se muestra cómo queda implementado el diseño del voltímetro.



*Figura 3.24 Interfaz entre la PC y nuestro circuito a medir.*

## Capítulo Cuatro

### Prácticas propuestas

En el laboratorio, el alumno logra un mayor nivel de participación que en la clase de teoría. La ayuda del profesor debe ser necesaria para motivarlo, y guiarlo tanto en lo que puede hacer en cada momento de los experimentos de la práctica. El estudiante debe percibir la práctica como un pequeño trabajo de investigación, por lo que una vez terminada elaborará un informe que entregará al profesor para su evaluación.

Las prácticas de laboratorio deberían ir coordinadas con las clases de teoría y de problemas (en caso de existir esta última clase). Sin embargo, varias circunstancias hacen que esto no sea siempre posible a causa de la distribución horaria, el número de horas disponibles para el laboratorio, número de alumnos, y

la disponibilidad económica para la compra del equipo suficiente para mantener activos a los estudiantes, así como la complejidad, en algunos casos de las prácticas a desarrollar.

Respecto de este último punto, se ha de procurar que cada equipo sea manejado por un número pequeño de alumnos, que depende del tipo de prácticas; lo habitual es de cuatro alumnos por equipo, que favorece la discusión y la sana competencia entre ambos y los mantiene activos a lo largo del desarrollo de la práctica. Un número mayor implica que algunos de ellos se mantendrán como espectadores, copiando los resultados de los que realmente han trabajado la práctica.

En este se desarrolló un par de prácticas de Física para su implementación en los laboratorios durante el curso de física, tratando de hacer accesibles a maestros y alumnos los experimentos fundamentales para en las condiciones de los laboratorios de los planteles de nivel bachillerato en nuestro país. Dichas prácticas son las de cinemática y electricidad.

## **4.1 Cuestionarios previos**

Antes de que el alumno realice una práctica es conveniente que sepa el cómo y el porqué de ciertos fenómenos que experimentará, para que de esta manera tenga los conocimientos en mente y pueda realizar con mayor eficacia su práctica.

Por ello se desarrollaron unos cuestionarios previos que sólo son unas preguntas recomendadas para este fin, se espera que el alumno las resuelva todas antes de entrar al laboratorio, en caso de tener una duda, ésta deberá aclararse antes de realizar la práctica.

## 4.2 Cuestionario previo de la práctica de cinemática

La mecánica es una rama de la física, que estudia los movimientos y estado en que se encuentran los cuerpos. Describe y predice las condiciones de reposo y movimiento de los cuerpos, bajo la acción de las fuerzas. Se divide por lo general en dos partes; Cinemática y Dinámica.

En este trabajo de tesis la práctica de mecánica se enfocará a un fenómeno cinemático, donde se estudien las diferentes clases de movimiento de los cuerpos, sin atender a las causas que lo producen. Se espera que el alumno revise los conceptos que relacionan las cantidades espacio-temporales que definen las características geométricas del movimiento.

### CUESTIONARIO PREVIO

1. *¿A qué llamamos velocidad?*
2. *¿Qué diferencia existe entre la velocidad media y la velocidad instantánea?*
3. *¿Qué observamos si hacemos que los intervalos de tiempo en la velocidad media resulten más pequeños?*
4. *¿Cuándo logramos que la velocidad con la que se mueve un objeto sea constante?*
5. *¿Cómo se puede enunciar la primera Ley de Newton? (Revisa algunos ejemplos en donde se ponga de manifiesto la primera Ley de Newton)*
6. *¿Qué ocurre cuando la suma vectorial de fuerzas que actúan sobre un objeto es diferente de cero?*
7. *¿Cómo se puede obtener el modelo del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA) para un cuerpo?*

## 4.3 Cuestionario previo de la práctica de electricidad

En este capítulo se espera que se revisen algunos conceptos básicos sobre la ley de Ohm, para que el alumno comprenda algunos circuitos eléctricos que forman parte de muchos dispositivos que se utilizan en el campo de la ingeniería y otras áreas donde tienen aplicación.

### CUESTIONARIO PREVIO

1. *¿Existe alguna explicación de cómo se genera una diferencia de potencial?*
2. *¿Cómo puede entonces entenderse el concepto de corriente eléctrica?*
3. *¿Existe alguna resistencia al flujo de la corriente eléctrica?*
4. *¿Cómo funcionan los amperímetros, voltímetros y ohmímetros?*
5. *¿Existe alguna ley que establezca la relación entre la corriente, el voltaje y la resistencia en un circuito?*
6. *¿Se puede lograr que la corriente aumente al disminuir el voltaje? (potencial eléctrico)*
7. *¿Qué es un circuito eléctrico?*
8. *¿Qué tipos de circuitos se pueden armar?*
9. *¿Por qué se calienta un alambre al hacerle pasar una corriente?*
10. *¿Qué es un superconductor?*

## 4.4 Solución a los cuestionarios previos

Se presenta en esta parte las soluciones a los cuestionarios previos propuestos anteriormente.

### 4.4.1 Solución del cuestionario previo de la práctica de cinemática

1. ¿A qué llamamos velocidad?

Se le conoce como velocidad, a la variación de la posición de un cuerpo por unidad de tiempo. La velocidad es un vector, es decir, tiene módulo (magnitud), dirección y sentido. La magnitud de la velocidad, conocida también como rapidez o celeridad, se suele expresar como distancia recorrida por unidad de tiempo (normalmente, una hora o un segundo); se expresa, por ejemplo, en kilómetros por hora o metros por segundo. Cuando la velocidad es uniforme (constante) se puede determinar sencillamente dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo empleado.

2. ¿Qué diferencia existe entre la velocidad media y la velocidad instantánea?

Pensemos en la prueba reina del atletismo, la carrera de 100 m. Cuando decimos que el hombre más veloz recorre en 9.8 segundos una distancia de 100 m, implica que su velocidad media es 10.2 m/s. Si logramos que el corredor recorriera distancias iguales en tiempos iguales podemos obtener una gráfica la cual quedaría como:

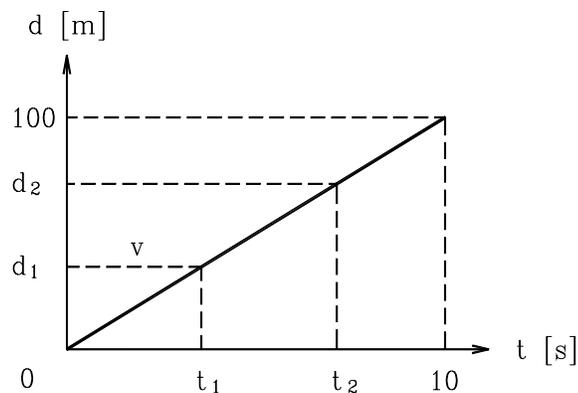


Figura 4.1 Relación distancia tiempo.

La relación entre la distancia y el tiempo se establecen a través de la pendiente de la recta, la cual representa la velocidad media del corredor. La pendiente, es una medida de la inclinación de una recta dada en un sistema de ejes cartesianos. La pendiente de una recta es el aumento de la ordenada,  $y$ , cuando la abscisa,  $x$ , aumenta una unidad. Si  $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$  son dos puntos de la recta, la pendiente se obtiene del siguiente modo:  $m = \frac{(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)}$ . Desde el punto de vista analítico

podemos definir a la pendiente como la diferencia de distancias entra la diferencia de los tiempos. La analogía resulta trivial, sin embargo la expresión proporciona la variación de la distancia respecto a la variación del tiempo. Esto queda expresado de la forma:  $v = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$

3. *¿Qué observamos si hacemos que los intervalos de tiempo en la velocidad media resulten más pequeños?*

Considerando un automóvil en movimiento variado que pasó por un punto A (ver Figura 4.2), en el instante  $t_1$ , con una velocidad instantánea  $v_1$  (lectura del velocímetro en ese momento). Una vez transcurrido un intervalo de tiempo  $\Delta t$ , el auto estará en B, habiendo recorrido una distancia  $\Delta d$ . Si el movimiento fuese uniforme, al calcular el cociente  $\frac{\Delta d}{\Delta t}$  obtendríamos la velocidad del auto. Si el punto B se tomara muy próximo a A, de modo que el intervalo de tiempo  $\Delta t$  se volviera muy pequeño, tendríamos un cociente  $\frac{\Delta d}{\Delta t}$  muy cercano a la indicación del velocímetro en A, es decir muy próximo al valor  $v_1$  de la velocidad instantánea. El valor de  $\frac{\Delta d}{\Delta t}$  estaría un tanto más cercano de  $v_1$  cuanto menor fuese el intervalo de tiempo  $\Delta t$ .

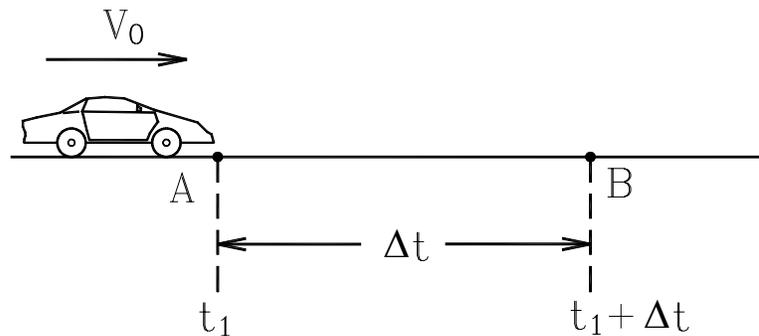


Figura 4.2 Velocidad instantánea.

Por lo tanto, en un movimiento variado la velocidad instantánea está dada por

$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ , siendo  $\Delta t$  el intervalo de tiempo más pequeño posible.

4. ¿Cuándo logramos que la velocidad con la que se mueve un objeto sea constante?

Cuando la fuerza neta que actúa sobre él sea cero. La ley de la inercia dice que un cuerpo se mantiene en movimiento rectilíneo uniforme a menos que exista una fuerza neta que altere dicho estado.

En este caso podemos hablar de un movimiento inercial, y en estos movimientos la fuerza resultante que actúa sobre el móvil que se mueve debe ser cero. En la práctica, no encontraremos, en la Tierra, un móvil que se mueva con rapidez constante si sobre él no actúa alguna fuerza por la presencia del roce. Al menos habrá dos fuerzas actuando, la que lo impulsa y la de roce, las que en este caso se anularán mutuamente

5. *¿Cómo se puede enunciar la primera Ley de Newton?*

El aspecto fundamental que caracteriza a una fuerza, es su capacidad de cambiar el estado de movimiento del cuerpo sobre el cual la fuerza actúa. Por estado de movimiento de un cuerpo entendemos dos posibilidades: el reposo o el movimiento con velocidad constante. De aquí podemos enunciar a la Ley de Newton de la siguiente forma: “Cada cuerpo se mantiene en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, a menos que se le obligue a cambiar dicho estado por fuerzas que actúen sobre él”.

Es claro que si no hay una fuerza neta actuando sobre un cuerpo, el cuerpo permanecerá en reposo o en movimiento con velocidad constante. Una vez que un cuerpo se encuentra en movimiento, no es necesaria una fuerza neta para mantenerlo en movimiento. Dicho de otra forma, si sobre un cuerpo no actúa una fuerza neta este se moverá con velocidad constante (la cual puede ser cero).

6. *¿Qué ocurre cuando la suma vectorial de fuerzas que actúan sobre un objeto es diferente de cero?*

Si la velocidad de un objeto sufre cambios debido a que la fuerza neta es diferente de cero, esta puede aumentar o disminuir su magnitud convirtiéndose en un movimiento uniformemente acelerado (MRUA). Para que se cumpla la condición de ser MRUA implica que la variación de la velocidad sea constante en intervalos iguales de tiempo.

7. *¿Cómo se puede obtener el modelo del MRUA para un cuerpo?*

Se sabe que el MRUA es aquél cuya aceleración es constante, por lo mismo a

partir de la aceleración se puede obtener el cambio de velocidad  $v - v_0$  entre los instantes  $t_0$  y  $t$ , mediante integración, o gráficamente:

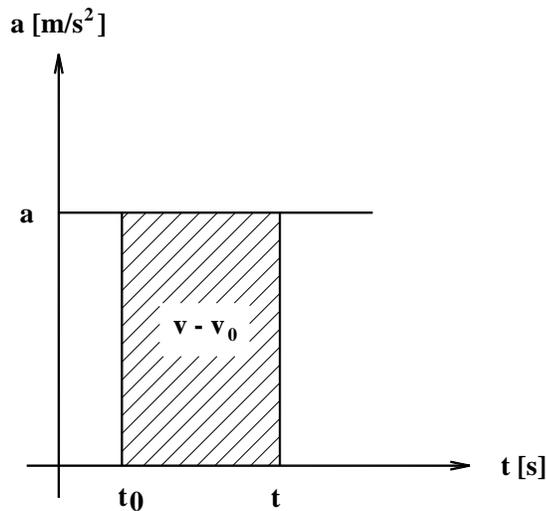


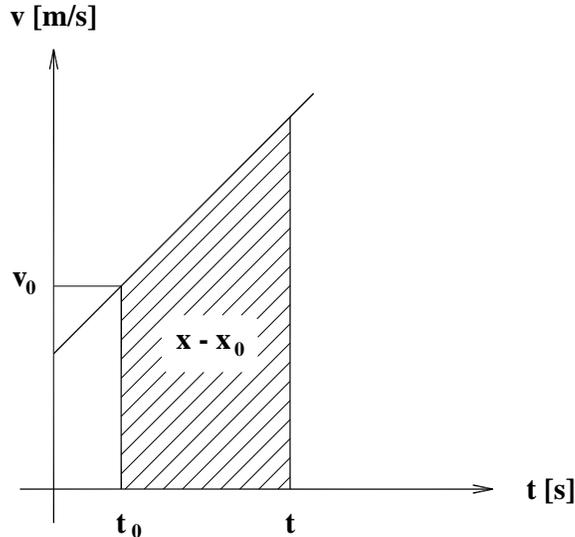
Figura 4.3 MRUA.

$$v - v_0 = a(t - t_0)$$

Dada la velocidad en función del tiempo, se puede obtener el desplazamiento  $x - x_0$  del móvil entre los instantes  $t_0$  y  $t$ , gráficamente se puede observar en la Figura 4.4 que la velocidad se puede representar geoméricamente como el área de un rectángulo más el área de un triángulo, y que analíticamente se expresa:

$$x - x_0 = v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2$$

Habitualmente, el instante inicial  $t_0$  se toma como cero, quedando las ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado más simplificadas.



*Figura 4.4 Velocidad.*

De esta manera, las ecuaciones para la aceleración, la velocidad y la posición quedan expresadas de la siguiente forma:

$$a = cte$$

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

#### 4.4.2 Solución del cuestionario previo de la práctica de electricidad

1. *¿Existe alguna explicación de cómo se genera una diferencia de potencial?*

Las cargas no fluyen solas, requieren de una diferencia de potencial; las baterías químicas son capaces de mantener el flujo de cargas constante.

Las baterías trabajan apartando las cargas negativas de las positivas. En las baterías químicas, este trabajo se realiza mediante la desintegración química del zinc o del plomo en ácido, y la energía almacenada en los enlaces químicos se transforma en energía potencial eléctrica, dividido entre la carga eléctrica. Al trabajo para producir esta energía potencial eléctrica, dividido entre la carga eléctrica se le conoce como potencial eléctrico. La unidad de potencia eléctrica es el voltio [V].

$$v = \frac{\text{trabajo}}{\text{carga}} \text{ [J/C = V]}$$

Una batería de automóvil proporciona una diferencia de potencial de 12 V a un circuito conectado a través de sus terminales.

2. *¿Cómo puede entonces entenderse el concepto corriente eléctrica?*

La corriente eléctrica que circula por un conductor es un flujo de carga eléctrica que para poder mantenerse requiere de una fuente de energía que conserve la diferencia de potencial entre los extremos del conductor.

$$I = \frac{\text{carga}}{\text{tiempo}} \text{ [Culombio/segundo = C/s = Amperio]}$$

3. *¿Existe alguna resistencia al flujo de la corriente eléctrica?*

Una batería constituye una fuerza electromotriz, esto es una fuente de voltaje de un circuito eléctrico, la cantidad de corriente que circule depende del voltaje y la resistencia que el conductor ofrece al flujo de carga.

La resistencia de un alambre depende de la resistividad del material, del grosor, de su longitud y de su temperatura. Esta resistencia se mide en ohmios.

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (\text{a temperatura constante})$$

R: Resistencia eléctrica medida en ohmios [ $\Omega$ ]

$\rho$ : Resistividad eléctrica (inverso de la conductividad) que depende del material medido en [ $\Omega \cdot m$ ]

L: Longitud del alambre en [m]

A: Área transversal del alambre en [ $m^2$ ]

#### 4. *¿Cómo funcionan los amperímetros, voltímetros y ohmímetros?*

Existen aparatos como los amperímetros, miden corriente eléctrica en una unidad llamada Amperio, y poseen una resistencia interna muy pequeña por lo que permiten realizar mediciones de la corriente eléctrica que pasa a través de un elemento del circuito; otros aparatos como los voltímetros pueden determinar la diferencia de potencial medida en voltios que existe entre dos puntos; y los ohmímetro, diseñado para medir la resistencia eléctrica en ohmios, debido a que la resistencia es la diferencia de potencial que existe en un conductor dividida por la intensidad de la corriente que pasa por el mismo, un ohmímetro tiene que medir dos parámetros, y para ello debe tener su propio generador para producir la corriente eléctrica.

Estos aparatos se colocan en un circuito de diferente forma. En el caso de los amperímetros, éstos requieren que el flujo a medir pase a través de ellos, y se colocan antes o después del elemento del circuito, a esta forma de conectarse se les denomina serie y otros que requieren colocarse sólo en los puntos extremos a medirse como es el caso de los voltímetros y ohmímetro, que se colocan en paralelo con el elemento del circuito.

5. *¿Existe alguna ley que establezca la relación entre la corriente, el voltaje y la resistencia en un circuito?*

La Ley de Ohm establece una relación entre voltaje,  $V$ , aplicado a un conductor y una corriente,  $I$ , circulando a través del mismo.

$$V = RI$$

Dónde  $R$  es la resistencia del conductor. De acuerdo con la ésta ecuación, la relación entre  $I$  y  $V$  es lineal. Un conductor que satisface esta relación es llamado óhmico. Existen conductores en que no se satisface esta relación, debido a cambios en la resistencia por efectos, principalmente térmicos, asociados a la circulación de la corriente.

6. *¿Se puede lograr que la corriente aumente al disminuir el voltaje? (potencial eléctrico)*

En un circuito resistivo simple esto no es posible debido a que la corriente es directamente proporcional al voltaje. De la Ley de Ohm tenemos que  $V = IR$ , entonces si el voltaje disminuye también lo hará la corriente.

7. *¿Qué es un circuito eléctrico?*

Un circuito eléctrico es el trayecto o ruta de una corriente eléctrica. El término se utiliza principalmente para definir un trayecto continuo compuesto por conductores y dispositivos conductores, que incluye una fuente de fuerza electromotriz que transporta la corriente por el circuito. Un circuito de este tipo se denomina circuito cerrado, y aquéllos en los que el trayecto no es continuo se denominan abiertos. Un cortocircuito es un circuito en el que se efectúa una conexión directa, sin resistencia, inductancia ni capacitancia apreciables, entre los terminales de la fuente de fuerza electromotriz.

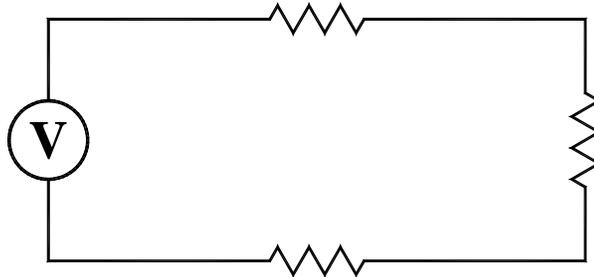
La corriente fluye por un circuito eléctrico siguiendo varias leyes definidas. La ley básica del flujo de la corriente es la ley de Ohm, así llamada en honor a su descubridor, el físico alemán George Ohm. Según la ley de Ohm, la cantidad de corriente que fluye por un circuito formado por resistencias puras es directamente proporcional a la fuerza electromotriz aplicada al circuito, e inversamente proporcional a la resistencia total del circuito. Esta ley suele expresarse mediante la fórmula,  $I = \frac{V}{R}$ , siendo I la intensidad de corriente en amperios, V la fuerza electromotriz en voltios y R la resistencia en ohmios. La ley de Ohm se aplica a todos los circuitos eléctricos, tanto a los de corriente continua (CC) como a los de corriente alterna (CA), aunque para el análisis de circuitos complejos y circuitos de CA deben emplearse principios adicionales que incluyen inductancias y capacitancias.

#### 8. ¿Qué tipos de circuitos se pueden armar?

Se pueden armar básicamente circuitos en serie, circuitos en paralelo y combinaciones de ambas.

En los *circuitos serie*, los elementos se colocan uno a continuación de otro, aumentando la resistencia al paso de la corriente, en estos casos al interrumpir la corriente por alguno de los elementos que forman el circuito entonces la corriente deja de circular.

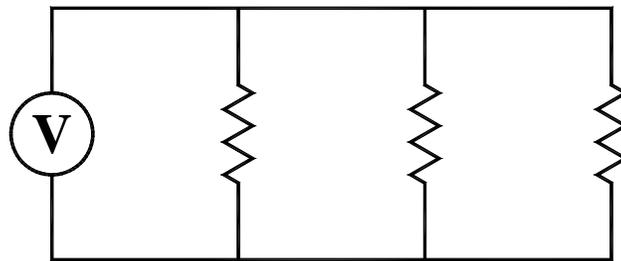
Cabe mencionar que la corriente en un circuito serie es la misma en cada uno de sus puntos, sin embargo no puede decirse lo mismo del voltaje, ya que este depende de cada una de las resistencias dentro del circuito.



*Figura 4.5 Circuito serie.*

En los *circuitos en paralelo*, los elementos se colocan proporcionando 2 ó más caminos a la corriente, de tal suerte que disminuye la resistencia total del circuito, en éste cada camino es independiente de lo que esté pasando por otros alambres.

En el caso de circuitos en paralelo los voltajes son los mismos que en la fuente de voltaje en cada uno de sus nodos y la corriente depende de la resistencia que se encuentra entre cada uno de sus nodos.



*Figura 4.6 Circuito paralelo.*

Existen combinaciones de ambos circuitos que pueden resolverse obteniendo circuitos equivalentes y existen otros tan complicados que para resolverse se requiere establecer otro tipo de técnicas relacionadas con la teoría de redes.

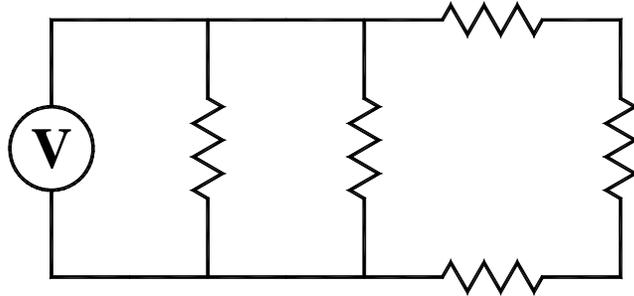


Figura 4.7 Circuito mixto.

Para obtener la resistencia total del circuito cuando se encuentran en serie se obtiene la suma directa de cada una de las resistencias:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Para circuitos en paralelo se obtienen sumandos los inversos de cada una de las resistencias en el circuito.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$R_T = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{(R_1 R_2 \dots R_{n-1}) + (R_1 R_2 \dots R_{n-2} R_n) + \dots + (R_2 R_3 \dots R_n)}$$

### 9. ¿Por qué se calienta un alambre al hacerle pasar corriente?

Cuando la corriente circula por un conductor, los electrones pierden energía al colisionar en el interior del conductor, como consecuencia de esto, aumenta la temperatura, es decir, la energía eléctrica se disipa en forma de calor. Si el conductor es muy fino, éste se calienta hasta ponerse incandescente, este efecto tiene aplicación en estufas, hornos eléctricos, focos, etc.

Una de las aplicaciones más útiles de la energía eléctrica es su transformación en calor. Como el calor es una forma de energía, se mide en Julios, pero existe otra unidad para medir el calor: la caloría. Esta unidad se puede transformar en Julios por medio del principio de equivalencia establecido por James Joule, que señala: 1 Julio = 0.24 calorías.

Entonces, para encontrar el calor proporcionado por una corriente eléctrica, basta multiplicar la energía en Joule por 0.24; es decir, el calor se puede obtener de las siguientes formas:

$$Q = P t \times 0.24 \text{ calorías}$$

$$Q = V I t \times 0.24 \text{ calorías}$$

$$Q = R I^2 t \times 0.24 \text{ calorías}$$

Siendo la última expresión de la ley de Joule cuyo enunciado es el siguiente: "El calor desarrollado por una corriente eléctrica al circular por un conductor es directamente proporcional al tiempo, a la resistencia del conductor y al cuadrado de la intensidad de la corriente."

#### 10. *¿Qué es un superconductor?*

Reciben el nombre de superconductores las sustancias que presentan una resistencia mínima al flujo de la corriente. En 1908 se logró licuar helio a 4 K con lo que se pudo observar que al enfriar algunos materiales mostraban poca resistencia al paso de la corriente aumentando entonces, su conductividad.

Con sustancias como el nitrógeno líquido (98 K) cuya producción es barata, pueden realizarse innumerables experimentos con diferentes materiales para obtener superconductividad en algunas sustancias, obteniendo ventajas económicas y físicas en el ahorro de energéticos.

Algunos metales como el Platino (Pt), Zinc (Zn), Mercurio (Hg) y Aluminio (Al) a muy bajas temperaturas disminuyen su resistencia bruscamente. Los compuestos no metálicos pueden lograr superconductividad por arriba de 100 K produciendo una corriente que fluye de manera indefinida.

## **4.5 Propuesta de prácticas**

En este trabajo se implementaron algunas prácticas para el curso de física, tratando de hacer accesibles a maestros y alumnos los experimentos fundamentales del contenido teórico contemplado en el programa oficial vigente, en las condiciones de los laboratorios de los planteles de nivel bachillerato en nuestro país.

### **4.5.1 Estructura de las prácticas**

Las prácticas propuestas en este trabajo, tienen la siguiente estructura:

- Objetivo
- Conceptos teóricos
- Material
- Desarrollo experimental
- Observaciones y resultados
- Discusión de resultados
- Conclusiones
- Bibliografía

*Objetivo*

Se pretende establecer de forma concreta qué se espera para esta práctica.

*Conceptos teóricos*

Es una breve introducción acerca de los principios y conceptos de la práctica a realizar.

*Material*

Describir el equipo a utilizar, así como materiales para realizar la misma.

*Desarrollo experimental*

Se explica la forma de realizar la práctica, en otras palabras es el cuerpo de la misma, la parte mas importante (sin menospreciar a las otras partes) es aquí donde el alumno debe concentrar al máximo su atención en cada experimento para que obtenga los valores esperados.

*Observaciones y resultados*

El alumno hará las mediciones y las registrará en tablas de datos, los mismos los podrá representar mediante gráficas.

*Discusión de resultados*

Analizar los resultados, preguntarse el por qué De los mismos.

*Conclusiones*

El alumno sacara sus propias conclusiones de la práctica.

*Bibliografía*

Documentación de los textos usados para realizar el informe de la práctica. Es importante al menos consultar tres libros.

### 4.5.2 Presentación del informe

Una de las partes importantes después la realización de la práctica es la entrega de la presentación del informe, por lo cual podemos dar algunas sugerencias al alumno para mejorar estas presentaciones, a saber,

- No hace falta dar una larga introducción teórica. Con una breve introducción indicando qué medidas se toman y qué se va a hacer con ellas, basta.
- Los datos medidos directamente deben aparecer en la práctica, agrupados en tablas.
- No hay que redondear las cantidades numéricas en los cálculos intermedios.
- Explicar de dónde salen los errores, porque se han tomado esos valores y no otros.
- Incluir los modelos matemáticos que se utilizan.
- Explicar porqué se escoge determinada forma para hacer el cálculo del error y no otra. Incluso si en el guión de la práctica viene indicado que hay que utilizarlas, hay que razonar porqué esto es así.
- Cuando se muestran las ecuaciones utilizadas, si éstas se transcriben de los apuntes, hay que tener cuidado con la nomenclatura. La nomenclatura de las fórmulas debe ser acorde con la nomenclatura utilizada en el resto del informe.
- Hay que tener cuidado con la presentación. No utilizar letra demasiado pequeña, evitar tachones. En resumen, que sea legible, se entienda y se vea que no es un borrador.
- Expresar las unidades tanto en los cálculos, como en el resultado final.
- De ser posible anexar el cuestionario previo al informe de la práctica.

## 4.6. Práctica de cinemática

Se presenta un par de prácticas a desarrollar por el alumno.

### 4.6.1 Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

Se presenta la primera práctica de mecánica del MRUA

#### 1 Objetivo

Estudiar las características de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

#### 2 Conceptos teóricos

Un movimiento uniformemente acelerado es aquel en el que la velocidad de un cuerpo es directamente proporcional al tiempo transcurrido. Como consecuencia, la aceleración del móvil se mantiene constante. Galileo estudió el movimiento de una esfera que se movía sobre un plano inclinado. Experimentó con inclinaciones cada vez mayores hasta encontrar por extrapolación la aceleración de la gravedad.

#### 3 Material

- Un riel de aluminio
- Un móvil
- Una Interfaz con software (LABMEC.EXE o LABMEC.C)
- Módulos de fotosensores posicionables (como mínimo dos y máximo de ocho)
- Una PC

#### 4 Desarrollo experimental

4.1 Verifique con ayuda de su profesor que el equipo este correctamente instalado

(conectado), revisando bien las conexiones de los fotosensores, como la polaridad de voltaje, el voltaje mismo, que no exceda del máximo permitido así como la conexión hacia la PC.

4.2 Encienda la computadora y ejecute el programa LABMEC.EXE (o en su defecto LABMEC.C desde el programa de Turbo C). Siga las instrucciones del mismo.

4.3 Coloque el riel de aluminio en un sitio plano y posteriormente coloque los fotosensores a distancias variables elegidas a discreción.

4.4 Mida las distancias a las cuales se colocaron los fotosensores, considerando el fotosensor número uno como la distancia cero (punto de partida u origen).

4.5 Suelte el móvil y empiece a registrar los datos. Repetir tres veces para tener un tiempo promedio.

4.6 Ahora mediante los tornillos que tiene el riel, elévelo una altura considerable y repita el experimento.

## 5 Observaciones y resultados

### 5.1 Llene la siguiente tabla de datos del experimento

En la primera columna la distancia a la cual se pusieron los fotosensores posicionables, para después anotar el tiempo, éste valor es desplegado por el programa, la siguiente columna es para tiempo promedio y por último la velocidad media.

---

d [mm]	t [s]	t <sub>p</sub> [s]	V <sub>m</sub> = d / t <sub>p</sub> [mm/s]
0	1) 2) 3)		
	1) 2) 3)		

5.2 En hoja de papel milimétrico trace la gráfica de desplazamiento contra el tiempo promedio. Interprete el significado físico de la gráfica obtenida y anéxala a su reporte.

5.3 Haga una gráfica con los datos de la velocidad media contra el tiempo y calcule su pendiente.

5.4 En el disco dónde se ejecutó el programa se ha generado un archivo TEST.DAT, los datos que incluye este archivo son los valores de tiempo y el número del fotosensor, haga la gráfica y compare las mismas con la de los puntos 5.2 y 5.3.

## 6 Discusión de resultados

¿Por qué es necesario medir tres veces el tiempo de desplazamiento?

¿Se observa que el tiempo se duplica o triplica, etc. Para cada uno de los desplazamientos?

¿Qué forma tiene la gráfica de velocidad media contra el tiempo?

¿A qué proporcionalidad corresponde la gráfica de la velocidad media contra tiempo?

¿Cuál es el significado físico de la pendiente de dicha gráfica?

¿Qué tipo de movimiento tiene el móvil sobre el riel?

¿Cuál es la ecuación que representa al movimiento del móvil?

## Conclusiones

Escriba sus conclusiones en relación con las características más relevantes de este movimiento.

## Bibliografía

Incluya los libros que consultó para resolver la práctica.

## **4.6.2 Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado 2**

Se presenta la segunda práctica de mecánica del MRUA

### 1 Objetivo

Determinar la magnitud de la aceleración de un cuerpo, en trayectoria rectilínea sobre un plano inclinado, utilizando equipo de cómputo y software instalado para la realización de la práctica.

## 2 Conceptos teóricos

El movimiento compuesto a estudiar conformado por un Movimiento Rectilíneo Uniforme en el eje horizontal, y un Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado en el eje vertical (semejante a la caída libre).

## 3 Material

- Un riel de aluminio
- Un móvil
- Una Interfaz con software (LABMEC.EXE o LABMEC.C)
- Módulos fotosensores posicionables (como mínimo dos y máximo de ocho)
- Una PC

## 4 Desarrollo experimental

4.1 Verifique con ayuda de su profesor que el equipo esté correctamente instalado (conectado), revisando bien las conexiones de los fotosensores, como la polaridad de voltaje, el voltaje mismo, que no exceda del máximo permitido así como la conexión hacia la PC.

4.2 Encienda la computadora y ejecute el programa LABMEC.EXE (o en su defecto LABMEC.C desde el programa de Turbo C). Siga las instrucciones del mismo.

4.3 Coloque el riel de aluminio en un sitio plano y posteriormente coloque los fotosensores a distancias variables elegidas por el alumno.

4.4 Mida las distancias a las cuales se colocaron los fotosensores, considerando el fotosensor número uno como la distancia cero (punto de partida u origen).

4.5 Suelte el móvil y empiece a registrar los datos.

## 5 Observaciones y resultados

5.1 Realice la gráfica de posición contra tiempo con los datos registrados. Es importante analizar el factor de correlación (relación entre las dos variables de una distribución bidimensional. Se mide mediante el coeficiente de correlación,  $\rho^1$ ) que se obtiene, ya que éste permite medir la confiabilidad del experimento.

Nota, El coeficiente de correlación se obtiene mediante la fórmula:

$$\rho = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:  $\sigma$  es la covarianza,

$\sigma_x, \sigma_y$  son las desviaciones típicas de las dos variables.

5.2 Interprete el significado físico de cada uno de los coeficientes de la ecuación obtenida. Determine el valor de la magnitud de la aceleración.

5.3 Reporte el valor de la magnitud de la aceleración y las ecuaciones obtenidas para:

$$v = v(t)$$

$$s = s(t)$$

5.4 Realice las gráficas  $s$  contra  $t$ ,  $v$  contra  $t$  y  $a$  contra  $t$ , explique detalladamente si las gráficas obtenidas representan el comportamiento de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

5.5 Con respecto a los valores obtenidos para la rapidez y posición iniciales, diga si estos son pequeños, si corresponden a los valores esperados acorde con las condiciones iniciales del experimento.

5.6 Complete la siguiente tabla para los tiempos registrados:

El programa LABMEC.C o LABMEC.EXE proporcionarán los tiempos.

---

<sup>1</sup> El valor del coeficiente de correlación oscila entre  $-1$  y  $1$  ( $-1 \leq \rho \leq 1$ ). En cada caso concreto, el valor de  $\rho$  indica el tipo de relación entre las variables  $x$  e  $y$ .

a = [mm/s <sup>2</sup> ]		
t (s)	v (s)	s (mm)

5.7 Obtenga la diferencia entre el valor de la magnitud de la aceleración con el valor de la componente de la aceleración de la gravedad en la dirección de movimiento, y haga comentarios con respecto a dicha diferencia (porcentaje de diferencia, ¿por qué tal diferencia?, etc.)

#### 6 Discusión de resultados

Con el propósito de interpretar el significado físico de algunos elementos geométricos de las gráficas, haga lo siguiente:

Con los datos registrados en el punto 5.4 elabore la gráfica *s contra t* y trace una curva suave sobre los puntos obtenidos.

Dibuje rectas tangentes a la curva en los puntos correspondientes a los datos registrados. Indique qué representa la pendiente de cada recta.

Con los valores de las pendientes de las rectas y el tiempo correspondiente, elabore una curva *v contra t*, y por medio de mínimos cuadrados obtenga la recta de ajuste, así como la ecuación que determina la rapidez en función del tiempo.

¿Qué representa la pendiente de la recta de ajuste?

De esa ecuación, obtenga el valor de la magnitud de la aceleración y elabore la gráfica *a contra t*

Compare el valor de la magnitud de la aceleración de la gráfica en un programa (Matlab, etc.) con el obtenido de la gráfica realizada a mano.

Conclusiones

Anote sus conclusiones.

Bibliografía

Indique que libros utilizó para la realización de esta práctica

## **4.7 Práctica de electricidad**

Se propone la siguiente práctica de electricidad a fin de que el alumno adquiera nuevos conocimientos a partir del análisis experimental.

### **4.7.1 Circuitos eléctricos**

Se implementó la siguiente práctica para conocer algunos tipos de circuitos tales como son el circuito en serie, el paralelo y el mixto, así como el cálculo de las corrientes y voltajes que circulan en el mismo.

1 Objetivo

Establecer reglas sobre la corriente eléctrica y el voltaje a partir de un circuito conectado en serie y otro en paralelo.

## 2 Conceptos teóricos

Si conectamos dos alambres (conductores) a un foco, o resistencia, unidos a su vez a través de las terminales positiva y negativa de una batería o una pila, la diferencia de potencial (voltaje) hace que la corriente fluya a través de un circuito cerrado.

Un modelo sobre lo que ocurre en el interior del conductor es el siguiente: millones de electrones separados de las órbitas exteriores de sus respectivos átomos, viajan en todas direcciones a través del alambre. Cuando se aplica una diferencia de potencial entre las terminales del alambre, los electrones responden de inmediato, siendo repelidos por la carga más negativa (ó menos positiva) que ha aparecido en una de las terminales y son fuertemente atraídas por la carga menos negativa (ó más positiva) que ha aparecido en el otro extremo, volviéndose a la más positiva formando la corriente eléctrica. De igual manera, cuando se elimina la diferencia de potencial, los electrones reanudan su movimiento azaroso a través del material conductor.

Las condiciones necesarias para que exista una corriente eléctrica en un circuito eléctrico son:

- Debe haber una diferencia de potencial o voltaje para proporcionar la energía que obliga a los electrones a moverse en forma ordenada en una dirección específica.
- Debe haber una trayectoria continua (cerrada) para que los electrones fluyan de la terminal negativa a la terminal positiva de la fuente de voltaje.

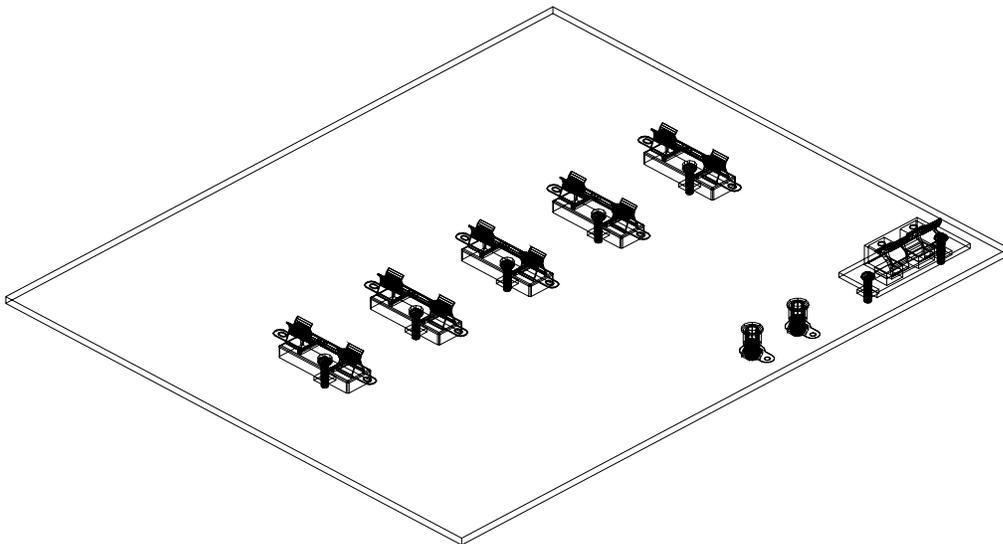
Los conductores o alambres ofrecen una cierta resistencia al paso de la corriente (esta depende de la longitud, del calibre, del material del que está hecho y de la temperatura), en el caso de un foco su resistencia es variable, y depende de la

corriente que circula por el circuito, por lo que sólo basaremos el experimento en el brillo relativo de los focos.

### 3 Material

- Una placa de acrílico para armar el circuito (Módulo de trabajo, ver Figura 4.8)
- 5 resistencias de valores diferentes, considerando la configuración de nuestro sistema, se recomienda usar resistencias de más de 1 W, las resistencias de  $\frac{1}{4}$  de W no son recomendables
- 4 sockets (base para foco)
- Cables para conexión: 10 cables banana-banana, 10 cables caimán-caimán y 5 cables banana-caimán
- Una fuente de voltaje o un eliminador de pilas
- Un interruptor (puede estar incluido en la fuente de voltaje)

### 4 Desarrollo experimental



*Figura 4.8 Placa de pruebas.*

## 4.1 Circuito serie

Arme el circuito de la Figura 4.9 sobre una placa de acrílico, (la base de los fusibles es donde deben ponerse las resistencias) utilizando los cables banana-banana o caimán-caimán.

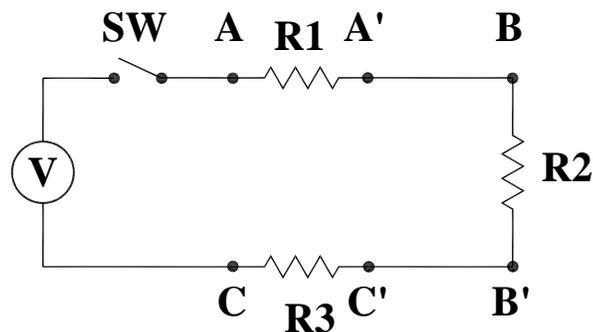


Figura 4.9 Circuito conectado en serie.

(NOTA: El interruptor de la fuente deberá de estar siempre apagado para realizar cualquier conexión al inicio de cada experimento)

- ¿Qué sucede cuando el interruptor está abierto?
- ¿Qué sucede cuando el interruptor está cerrado?
- ¿Cuál es la caída de voltaje en las resistencias R1 (entre los puntos A y A'), R2 (entre los puntos B y B') y R3 (entre los puntos C y C')
- Retire la resistencia 1 y mida los voltajes en R2, R3 y los puntos A y A' de donde se retiró la resistencia ¿qué ocurre?
- Regresa a la posición inicial y ahora retire la resistencia 2, y realice las mediciones ¿qué ocurre?
- Repita lo mismo con la resistencia 3, ¿qué sucede?
- Agregue una cuarta resistencia en serie y observe, mida la caída de voltaje en las resistencias.

- h) Mida la corriente entre el punto A' y B, repita lo mismo para el punto B' y C'. Compare las dos mediciones, ¿Qué observa?

#### 4.2 Circuito en paralelo

Arme con la ayuda de los cables banana-banana o caimán-caimán el circuito mostrado en la Figura 4.10 el interruptor de la fuente de voltaje deberá estar apagado.

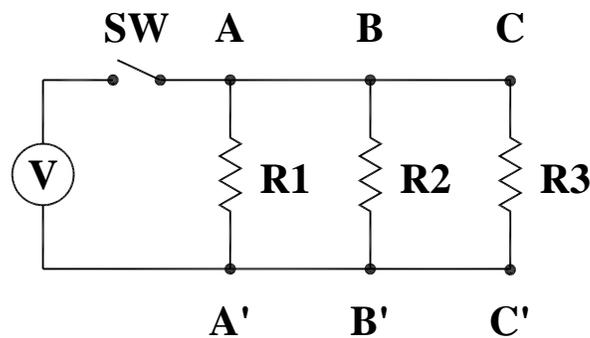


Figura 4.10 Circuito conectado en paralelo.

- ¿Qué sucede cuando el interruptor está abierto?
- ¿Qué sucede cuando el interruptor está cerrado?
- ¿Cómo es el valor del voltaje de las resistencias 1, 2 y 3 en relación con los experimentos 4.1?
- Retire la resistencia 1 y observa (mida los voltajes) ¿qué ocurre?
- Retire la resistencia 2, ¿qué ocurre?
- Repita lo mismo con la resistencia 3, ¿qué sucede?
- Mida la corriente entre el punto A y B, repita lo mismo para los puntos B y C, B' y C' ¿Qué observa con los valores de las corrientes?

### 4.3 Circuito Mixto

Arme con la ayuda de los cables banana-banana o caimán-caimán el circuito mostrado en la Figura 4.11. Es importante que no olvide tener siempre el interruptor de la fuente de voltaje apagado cuando realice cualquier conexión.

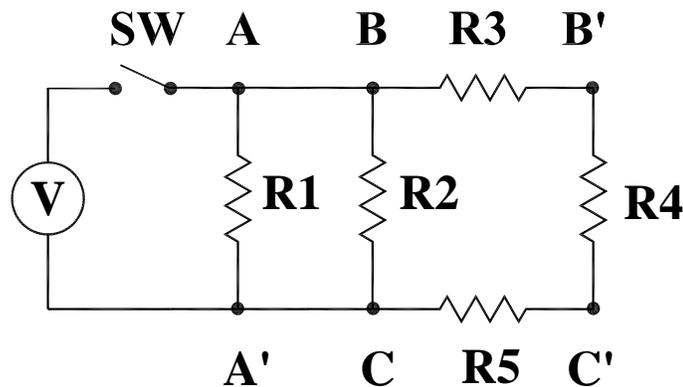


Figura 4.11 Circuito de conexión mixta.

- ¿Qué sucede cuando el interruptor está abierto?
- ¿Qué sucede cuando el interruptor está cerrado?
- ¿Cómo es la caída de voltaje en las resistencias 1, 2 y 4 en relación con los experimentos de los circuitos anteriores?
- Retire la resistencia 1 y observa (mida los voltajes) ¿qué ocurre?
- Retire la resistencia 2, ¿qué ocurre?
- Retire la resistencia 4, ¿qué ocurre?
- Repita lo mismo con la resistencia 5, ¿qué sucede?
- Mida la corriente entre el punto A y B, repita lo mismo para el punto A' y C ¿Qué observa?

## 5. Observaciones y resultados

### 5.1 ¿A qué denominamos circuito eléctrico?

5.2 A partir de las mediciones en el voltaje del circuito establezca las reglas de los circuitos en serie

5.3 A partir de las mediciones en el voltaje del circuito establezca las reglas de los circuitos en paralelo

5.4. En el circuito mixto, ¿se puede reducir hasta llegar a un circuito paralelo o serie?, ¿por qué?

5.5 ¿Cuál es la función de un interruptor?

## 6 Discusión de resultados

En cualquier circuito eléctrico realizado anteriormente, ¿Qué ocurre con las resistencias si el voltaje no es el mínimo?

Si se aumentan 2 o más resistencias en las mismas condiciones en los circuitos, ¿la regla se cumple en todos los casos?

Explique la ley de Ohm

¿En que caso no se cumple la ley de Ohm para los circuitos?

## Conclusiones

Escriba sus conclusiones en relación con las características más relevantes en este movimiento.

## Bibliografía

Incluya los libros que consultó para resolver la práctica.

## Capítulo Cinco

### Epílogo

La incorporación de la tecnología de cómputo a la enseñanza experimental de la física, es uno de los grandes retos que debe resolverse, en un escenario donde la mayoría de los profesores tiene desconfianza a emplear estos recursos, ya que el ponerlos en práctica implica invertir parte del escaso tiempo de que dispone, para impartir un programa que por lo regular es extenso.

#### 5.1 Conclusiones

El sistema desarrollado en esta tesis se puede incorporar como un complemento para el análisis y la recreación de ciertos problemas de cinemática y electricidad que son muy comunes y factibles de reproducirse en el salón de clases o

laboratorio, propiciando el enriquecimiento de la enseñanza, aunque lo anterior puede implicar la reconsideración de aspectos como los objetivos del programa de la asignatura, el número de alumnos por aula, y el número de horas de teoría, con respecto a las horas de laboratorio, entre otros.

Ninguno de los planes de estudio vigentes de las carreras de Ingeniero Electrónico, Ingeniero en Telecomunicaciones y de Ingeniero en Computación, cuenta con una asignatura que incluya explícitamente el estudio de puertos paralelos de computadoras personales; este conocimiento se ha impartido a los alumnos sólo en forma extracurricular.

Se han dirigido varias tesis de licenciatura, en las cuales se han empleado puertos paralelos para la adquisición de datos y el control de procesos, aplicados a múltiples tareas tales como: un sistema de despliegue gráfico para un ecosonda; un osciloscopio con dos canales desacoplados con una computadora personal como control y despliegue; la interfaz de una computadora personal y una máquina embobinadora de transformadores eléctricos.

Por lo anterior, se considera que la aplicación que se le puede dar a los puertos paralelos de las computadoras personales para la resolución de problemas diversos es muy amplia, por lo que se percibe la necesidad de impartir los conocimientos relacionados dentro de los planes de estudio de las carreras mencionadas. Además, conjuntamente con la idea de aprovechar las computadoras personales obsoletas de que se dispone, y cuyo número se incrementa día con día, conforman una veta que puede explotarse para el diseño y desarrollo de equipo, que sirva para dar apoyo a las labores docentes que se realizan en la Facultad. Una de dichas actividades es, precisamente, el desarrollo

de las prácticas de laboratorio de las diversas asignaturas de física que cursan los alumnos.

Asimismo, es importante señalar que la gran infraestructura humana que representan los alumnos tesistas, por lo regular es poco aprovechada, pues una gran parte de los trabajos que se desarrollan, sólo sirven para dar trámite a la titulación del alumno, sin tener mayor trascendencia.

Entonces, sería de enorme utilidad para la Facultad de Ingeniería, procurar que algunas investigaciones de tesis estén dirigidas al desarrollo de equipo y de material didáctico, con el uso de nuevas tecnologías tales como las telecomunicaciones y los equipos y las herramientas de cómputo, pues de esta manera se coadyuvaría al mejoramiento del proceso enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de las diversas carreras, además de proporcionar a los alumnos la satisfacción del deber cumplido, al participar en proyectos que benefician a su Alma Mater y, por ende, a la sociedad.

Además, este tipo de proyectos de tesis también incidirían en la promoción de la cultura del recién egresado de las licenciaturas citadas, acerca de que el desarrollo tecnológico puede ponerse al servicio de instituciones públicas de educación media superior y superior, con el fin de modernizar y racionalizar los recursos económicos hacia un mejor desarrollo didáctico y pedagógico de las ciencias en general.

### 5.3 Recomendaciones

Durante la elaboración de este trabajo de tesis, se pudo observar que es evidente la falta de recursos destinados a la educación así como programas donde los propios alumnos se sientan motivados para aprovechar los laboratorios como una herramienta para su formación académica; sin embargo, la educación es la clave para el fortalecimiento de las instituciones democráticas, la promoción del desarrollo del potencial humano, la igualdad y la comprensión entre las personas, entonces, ¿por qué no fomentarla?

Como parte del mencionado fomento a la educación en las áreas de física, se desarrolló un sistema bastante estable y robusto para ser aplicado en las escuelas de nivel medio superior que no cuenten con suficiente apoyo económico, o aquéllas que quieran generar en sus alumnos un alto grado de cuestionamiento de la física para el mejor desempeño en clases.

En este trabajo de tesis se dejó el código abierto de los programas realizados en lenguaje C de cinemática (LABMEC.C) y de física (LABFIS.C) para su modificación en el caso de que se desee hacerle una mejora al mismo, sin embargo, estos programas ya fueron probados durante la elaboración de este trabajo de tesis y cumplen con lo requerido para ser ejecutados sin presentar problema alguno; así también, se muestran los diagramas esquemáticos de los circuitos utilizados para la elaboración de la tarjeta de captura de datos, con el fin de que los propios alumnos (y profesores) de las escuelas puedan elaborarlas como parte de su servicio social, para que de esta manera contribuyan a armar un laboratorio de física con prácticas automatizadas.

## Glosario

### **80X86**

Familia de procesadores para entornos informáticos, fabricados por la compañía norteamericana Intel. La gama se inició con el chip 8086 en 1978. Este procesador de arquitectura de 16 bits podía direccionar sólo 1 MB de memoria RAM. En el mismo año se lanzó el procesador 8088, que puede considerarse como el primer procesador para PC. En 1984 se presentó el chip 80286 y dos años después el 80386, que ya podía direccionar 4 MB de memoria RAM. La nomenclatura se mantiene hasta 1989, año en que se lanza el procesador 80486. Su sucesor, el 80856, se lanzó con el nombre comercial de Pentium, aunque mantiene las características de arquitectura CISC de sus predecesores, y es compatible a nivel binario con todos los procesadores de la gama.

**80X87**

Familia de coprocesadores matemáticos compuesta por los modelos 80287 y 80387, que equipan, respectivamente, las computadoras basados en chips 80286 y 80386.

**ADC**

(Analog Digital Converter) Convertidor Análogo a Digital. Dispositivo que convierte señales analógicas, que varían en forma continua, de los instrumentos que monitorean condiciones como movimiento, temperatura, sonido, etc., en códigos binarios para la computadora. El convertidor análogo a digital puede estar contenido en un solo chip o puede ser un circuito dentro de un chip.

**Address**

(Dirección) Número de una determinada ubicación de memoria o de almacenamiento periférico. Al igual que las casillas de correo, cada byte de memoria y cada sector de un disco poseen su propia dirección única. Los programas se compilan en lenguaje de máquina, el cual hace referencia a direcciones reales en la computadora.

**AT**

(Advanced Technology) Las computadoras personales basados en el procesador 80386 de Intel, que son capaces de direccionar 4 GB de memoria RAM, se conocen también por la siglas AT.

**ATX**

Reciente formato estándar aparecido en el mercado para placas y cajas que reduce el número de cables y tiene mejor ordenamiento de todos los componentes. Además, permite un trabajo más libre en el interior de las máquinas.

**BIOS**

(Basic Input Output System) Conjunto de programas básicos para que opere la computadora, y que se dirigen al reloj y a los periféricos de entrada (como el teclado o el ratón) y de salida (como la pantalla). Tradicionalmente estaban grabados en memoria ROM, en la actualidad suelen ser regrabables y por lo tanto actualizables por versiones más modernas.

**Bit**

Es la unidad de información más pequeña. Puede tener sólo dos valores o estados: 0 o 1, encendido o apagado. La combinación de estos valores es la base de la informática, ya que los circuitos internos de la computadora sólo son capaces de detectar si la corriente llega o no llega (0 ó 1). Su nombre proviene de la contracción de las palabras *binary* y *digit* (dígito binario).

**Buffer**

Espacio de memoria que se utiliza como regulador y sistema de almacenamiento intermedio entre dispositivos de un sistema informático. Así, por ejemplo, las impresoras suelen contar con un buffer donde se almacena temporalmente la información a imprimir, liberando la memoria de la computadora, y permitiendo que el usuario pueda seguir trabajando mientras se imprimen los datos. También existen buffers entre diferentes dispositivos internos de la computadora.

**Bus**

Conjunto de dispositivos de conexión utilizados por los distintos componentes de una computadora para intercambiar datos e información. Se caracterizan por su capacidad y los elementos que unen, clasificándose en bus de direcciones, bus de datos, bus de entrada/salida, etcétera.

**Bus de datos**

Sirve para transmitir información entre el microprocesador, la memoria y los periféricos. Por él circulan los datos y las instrucciones. Tiene tantas líneas como bits se transmiten en paralelo (una para cada bit). El flujo es de doble sentido y a mayor número de bits paralelos mayor podrá ser la velocidad de transmisión que consigamos. El ancho de este bus (número de bits que puede transmitir simultáneamente en paralelo) es una medida de la potencia del microprocesador. Este bus es como una autopista de datos electrónicos y cuanto más ancho sea, más datos podrán moverse al mismo tiempo. El ancho del bus de datos es una de las características más importantes del microprocesador. Cuando decimos que un microprocesadores, por ej., de 16 bits, nos estamos refiriendo al ancho de su bus de datos.

**Byte**

Ocho bits que representan un carácter. Unidad básica de información con la que operan las computadoras.

**C**

El lenguaje C es una herramienta de programación de tipo general, utilizada para el desarrollo del sistema operativo Unix. Fue realizado a principios de la década de los setenta por Dennis Ritchie, como evolución del lenguaje B que creara Ken Thompson.

**Centronics**

Tipo de interfase para comunicación en paralelo que suele conectar PCs con periféricos de impresión. Interfaz estándar en paralelo de 36 pines para conectar impresoras y otros dispositivos a una computadora. Define el enchufe, la caja del enchufe hembra y las señales utilizadas y transfiere en forma asincrónica datos

hasta 200 Kbytes/seg. Este estándar de facto fue desarrollado por Centronics Corporation, fabricante de las primeras y exitosas impresoras de matriz de puntos.

**Chip**

Utilizado habitualmente como sinónimo de procesador, se trata de una oblea de silicio sobre la que se imprime un microcircuito.

**CISC**

(Complex Instruction Set Computer) Arquitectura de procesador opuesta a RISC, en el que las instrucciones pueden realizar múltiples operaciones y requerir varios ciclos de reloj para su ejecución.

**CMOS**

(Complementary Metal Oxide Semiconductor) Tecnología de fabricación de procesadores que requiere un mínimo consumo eléctrico.

**COM Port**

(Puerto COM) Puerto serial de comunicaciones en una computadora personal.

**COM1**

Nombre lógico asignado al puerto serial #1 en DOS y OS/2. Por lo general, los puertos COM están conectados a un MODEM o Mouse, y algunas veces a una impresora. Las versiones de DOS hasta 3.2 soportan COM1 y COM2. La versión 3.3 soporta hasta COM4 y OS/2 tiene ocho puertos COM.

**Conector**

Enchufe que facilita la unión mecánica entre dos dispositivos y, a la vez, la comunicación de datos entre ambos o el intercambio de corriente. Por extensión,

se entiende por conector el terminal de un sistema al que se conectan determinados periféricos.

### **Computadora**

Se utiliza en América Latina como derivación de Computer, en inglés. Su significado es el mismo que el término *ordenador*, en España. Es un dispositivo, diferenciado en un hardware o parte física y software o parte "lógica", es decir, conjunto de programas, y que entre ambos consiguen el tratamiento de la información.

### **CPU**

(Unidad Central de Proceso) Aunque familiarmente se le designa así al cuerpo de la computadora, es decir, a la "caja" donde van integradas las placas, discos, etc., no tiene nada que ver con esto. En realidad esta unidad es la base de la computadora, tanto es así que es la parte fundamental del microprocesador. Tradicionalmente es el conjunto que forma la unidad de control (verdadero "cerebro" del PC) y la unidad aritmético-lógica que realiza las operaciones matemáticas básicas y las operaciones lógicas, como and, or, etc.

### **DAC**

(Digital to Analog Converter) Se trata de un circuito impreso que permite convertir señales digitales a analógicas.

### **Dato**

Unidad mínima de información, sin sentido en sí misma, pero que adquiere significado en conjunción con otras precedentes de la aplicación que las creó.

### **DB9, DB15, DB25...**

Categoría de enchufes y zócalos con 9, 15, 25, 37 y 50 clavijas respectivamente,

que se usan para conectar dispositivos de comunicaciones y computación. DB se refiere a la estructura física del conector, no al propósito de cada línea. Los conectores DB-9 y DB-25 se utilizan comúnmente para interfaces RS-232 y paralelos.

**Diagrama de flujo**

Representación gráfica, mediante la utilización de signos convencionales, del proceso que sigue la información en un programa determinado. Se utilizan habitualmente en la fase de desarrollo de aplicaciones por los programadores.

**Digital**

Digital quiere decir que utiliza o que contiene información convertida al código binario, el lenguaje de números (ceros y unos) que emplean las computadoras para almacenar y manipular los datos.

**Digito**

Carácter simple en un sistema de numeración. En el sistema decimal, los dígitos van del 0 al 9. En el sistema binario, los dígitos son el 0 y el 1.

**Dirección de Memoria**

Localización de los datos en la memoria de la computadora. Técnicamente es más correcto llamarle dirección o intervalo de entrada/salida (E/S). Es la posición dentro de la memoria de la computadora asignada a un dispositivo. La dirección es utilizada para la comunicación entre el software y el dispositivo.

**Dispositivos de Entrada**

Son el conjunto de elementos por el cual podemos introducir datos a la computadora.

**Dispositivos de Salida**

Son los elementos de la computadora, los cuales nos permiten ver o tangir la respuesta.

**DMA**

(Direct Memory Access) Acceso directo de memoria. Circuitos especializados o un microprocesador dedicado que transfiere datos de memoria a memoria sin utilizar la CPU. En computadores personales, hay ocho canales DMA. La mayor parte de las tarjetas de sonido están determinadas para usar el canal DMA 1.

**DOS**

(Disk Operating System) Programa que controla el funcionamiento de la computadora. Aunque existen diferentes versiones del DOS, la más conocida es la desarrollada por la compañía Microsoft, denominada MS-DOS. El nombre de Sistema Operativo de Disco procede de que, en su mayor parte, el DOS permite la administración del disco duro y los disquetes.

**DX**

En una CPU 386 de Intel, DX o 386DX se refiere a todo el 386, que contiene una vía de datos de 32 bits, en contraste con el 386SX más lento, que utiliza una vía de datos de 16 bits. En una CPU 486 de Intel, DX o 486DX se refiere al 486 completo, que contiene el coprocesador matemático, en contraste con el 486SX, que no tiene el coprocesador. Éste es un ejemplo fundamental del otorgamiento de nombres sin cuidado, tan común en esta industria. Las personas han estado completamente confundidas con las designaciones DX y SX, puesto que tienen diferentes significados dependiendo de si se refieren a un 386 ó 486.

**DX**

En una CPU 386 de Intel, DX o 386DX se refiere a todo el 386, que contiene una

vía de datos de 32 bits, en contraste con el 386SX más lento, que utiliza una vía de datos de 16 bits. En una CPU 486 de Intel, DX o 486DX se refiere al 486 completo, que contiene el coprocesador matemático, en contraste con el 486SX, que no tiene el coprocesador. Éste es un ejemplo fundamental del otorgamiento de nombres sin cuidado, tan común en esta industria. Las personas han estado completamente confundidas con las designaciones DX y SX, puesto que tienen diferentes significados dependiendo de si se refieren a un 386 ó 486.

**DX2**

Un 486 con una CPU de reloj duplicada. La duplicación del reloj dobla la velocidad interna de la CPU sin requerir cambios en las conexiones externas del chip. Por ejemplo, el 486DX2/66 tiene una velocidad interna de 66MHz, mientras su bus externo desde la CPU a la RAM corre a 33MHz.

**DX4**

Un 486 con una CPU de reloj triplicada. La triplicación del reloj triplica la velocidad interna de la CPU sin requerir cambios en las conexiones externas del chip. Los DX4 vienen en versiones de 75MHz y 100MHz, que tienen acceso a RAM a 25MHz y 33MHz, respectivamente.

**E/S**

Siglas que indican cualquier dispositivo de Entrada/Salida

**ECP**

(Extended Capabilities Port) Un modo mejorado del mencionado EPP, Diez veces más rápido en la transferencia de datos que el Centronics estándar.

**EPP**

(Enhanced Parallel Port) Se trata de un estándar del puerto paralelo para soportar la comunicación bidireccional.

**Hardware**

Se denomina así al conjunto de componentes físicos dentro de la informática (un teclado, una placa, por ejemplo).

**IRQ**

(Interrupt ReQuest) En cualquier caso, las IRQ son las interrupciones *hard*. Son interrupciones porque "interrumpen" lo que el procesador se encuentra efectuando en ese momento para priorizar la señal que se le envía. Entre el diseño de la computadora está el bus de control, este dirige las solicitudes de interrupción IRQ que manejan los periféricos de Entrada y Salida. Hay 16 interrupciones hardware en una PC, numeradas de la 0 a la 15. Entre las que hay interrupciones dirigidas específicamente a buses ISA, que son propias y no compatibles con ninguna otra (los célebre problemas de incompatibilidad entre IRQs). Las que se dirigen a PCI, mas moderno, funcionan de otra manera, las anteriores toman sin más el dispositivo, estas lo "piden".

**Interfaz**

Este término se utiliza con distintas acepciones,. Principalmente es un lugar físico común entre dos dispositivos informáticos y que permite la conexión entre ellos. No obstante se habla de interfaz gráfica, de usuario, etc. y no tiene una relación con lo explicado.

**ISA**

(Industry Standard Architecture) Arquitectura que se inició para las computadoras personales, con un bus de 16 bits por palabra. Utilizada por IBM PC/XT y PC/AT

es un bus de expansión en donde se colocan algunas tarjetas aunque ahora están siendo reemplazadas por las ranuras PCI.

**Latch**

(Cerrojo) Circuito electrónico tal como un flip flop, que mantiene uno de dos estados. Puede ser colocado (SET) o retirado (RESET).

**LPT1**

(Line Print Terminal) Nombre lógico asignado al puerto paralelo número 1, en los DOS, Win xx, OS/2 generalmente conectado a una impresora. A un segundo dispositivo se le asigna el nombre de LPT2.

**Memoria**

Espacio de trabajo de la computadora (físicamente es una colección de chips RAM). La memoria es un recurso importante, ya que determina el tamaño y el número de programas que pueden ejecutarse al mismo tiempo, así como también la cantidad de datos que pueden procesarse instantáneamente.

**MS-DOS**

(Microsoft - Disk Operating System). Siglas que definen uno de los sistemas operativos para PCs más conocido y de mayor implantación. (Ver: DOS).

**Nibble**

Un nibble es una colección de cuatro bits (la mitad de un byte), esto no representaría una estructura interesante si no fuera por dos razones: El Código Binario Decimal (BCD por sus siglas en inglés) y los números hexadecimales. Se requieren cuatro bits para representar un sólo dígito BCD ó hexadecimal. Con un nibble se pueden representar 16 valores diferentes, en el caso de los números hexadecimales, cuyos valores 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, y F son

representados con cuatro bits. El BCD utiliza diez dígitos diferentes (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) e igualmente se requiere de cuatro bits. De hecho se puede representar 16 elementos diferentes con un sólo nibble pero los dígitos hexadecimales y BCD son los principales representados por un nibble.

### **PCI**

(Peripheral Component Interface) Término inglés que significa Conexión de Componentes Periféricos. Se trata de un tipo de ranura de conexión para tarjetas de ampliación que se encuentran en la mother board de la PC.

### **Periféricos**

Un periférico es un dispositivo hardware de una computadora que potencia la capacidad de éste y permite la entrada y/o salida de datos. El término suele aplicarse a los dispositivos que no forman parte indispensable de una computadora y que son, en cierta forma, opcionales. También se suele utilizar habitualmente para definir a los elementos que se conectan externamente a un puerto de la computadora.

### **Pipeline**

Que aplica la técnica de segmentación que permite al procesador realizar simultáneamente la ejecución de una instrucción y la búsqueda de código de la siguiente. De esta manera, se puede ejecutar una instrucción en un ciclo. Cada ciclo de instrucción son cuatro ciclos de reloj.

### **PnP**

(Plug and Play) Conectar y usar. Reconocimiento inmediato de un dispositivo por parte de la computadora, sin necesidad de instrucciones del usuario.

**PS/2**

Puerto diseñado por IBM para conectar el teclado y el ratón, que poco a poco se adaptó en las PCs genéricas.

**Programa Fuente**

Es el conjunto completo de instrucciones y archivos originales y de soporte, creados y/o modificados por el programador, destinado a producir el programa ejecutable a partir de ellos.

**Puerto**

Nombre genérico de los puntos de conexión en una computadora. Son típicos los denominados puertos serie, puertos USB y los puertos paralelo, indicando por su nombre que pueden recibir o enviar información bajo una modalidad u otra (en serie o en paralelo). También se utiliza esta terminología para referirse a los puntos en que se conecta la placa base.

**Puerto paralelo**

Es el que típicamente utiliza la impresora, aunque ni tan solo sirve para este periférico ni se puede decir que éste no utilice puerto serie, pero es lo habitual, prácticamente el estándar, y esto por distintos motivos, es unidireccional, envía pero no recibe, es más rápido que el serie, pero en cambio su longitud es muy pequeña, en la práctica con 10 metros ya da problemas y además es muy sensible a cualquier interferencia. No es válido para muchas de las conexiones. Una computadora suele tener al menos un puerto paralelo llamado LPT1.

**Puerto Serie**

Elemento hardware que permite el flujo de información en una sola línea de comunicación. El puerto serie es un medio sencillo de conectar entre sí dos aparatos electrónicos mediante un cable. En las computadoras convencionales,

podemos encontrarlos habitualmente dos de estos puertos. A través de este puerto, podemos conectar distintos dispositivos, un módem o un ratón.

### **Software**

Todos los componentes informáticos de carácter no físico, sino lógico (se denomina también logical), como pueden ser Sistemas Operativos, programas dedicados a la gestión, de diseño, etc.

### **RAM**

(Random Acces Memory) Memoria de acceso aleatorio. Memoria donde la computadora almacena datos que le permiten al procesador acceder rápidamente al sistema operativo, las aplicaciones y los datos en uso. Tiene estrecha relación con la velocidad de la computadora. Se mide en megabytes.

### **RISC**

(Reduced Instruction Set Computer) Se trata de un tipo de procesador especialmente rápido que utiliza una tecnología del tipo pipeline muy desarrollada, lo que le faculta para operar con un alto nivel de simultaneidad. Este tipo de procesadores son lo contrario de los denominados CISC, mucho más comunes. Un ejemplo típico de esta tecnología son las estaciones de trabajo de la serie RS/6000 de IBM, que trabajan con el sistema operativo AIX, introducidas en el mercado en 1990.

### **Serial**

Método para transmitir datos secuencialmente, es decir, bit por bit.

### **Slot**

Ranura de la motherboard que permite expandir la capacidad de una computadora insertándole placas.

**Símbolo del Sistema**

También conocido como "*prompt*". Es la forma en la que el sistema operativo indica al usuario que está preparado para recibir comandos que ejecutar. En MS-DOS el símbolo de sistema o prompt suele mostrar también el directorio de trabajo, como por ejemplo C:\>

**UART**

(Universal Asynchronous Receiver Transmitter) Transmisor receptor universal asíncrono. Un componente estándar para la comunicación por el puerto COM. El chip 16550 que incorporan todas las placas de la comparativa tiene un buffer de 16 Bytes para aumentar la velocidad.

**USB**

(Universal Serial Bus) Bus serie universal. La característica principal de este bus reside en que los periféricos pueden conectarse y desconectarse con el equipo en marcha, configurándose de forma automática. Conector externo que llega a transferencias de 12 millones de bits por segundo. Totalmente PnP, sustituirá al puerto serie y paralelo.

**XT**

(EXtended Technology) Tecnología extendida. Primer computador personal de IBM con disco duro, introducido en 1983.

## Referencias

Durante la elaboración de este trabajo de tesis, se consultaron diversas fuentes de información, a saber:

### Forma impresa

- 1 Kernighan Brian, Ritchie Dennis, "El Lenguaje de Programación C", 2ª edición, Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A., México, 1991.
- 2 Motorola, "FAST and LS TTL Data", Motorola Inc., Phoenix, AZ, EUA, 1992.
- 3 López Téllez Edgar Raymundo, Depto de Mecánica, "Cuaderno de Prácticas de Laboratorio para Cinemática", Depto de Mecánica. Facultad de Ingeniería, UNAM. México 2000.
- 4 García Castañeda Juan Antonio, Villaseñor Gómez Luís Humberto, "Cuaderno de Prácticas I (Física, Nivel Bachillerato)", U.V.M. México 1992.

- 5 García Castañeda Juan Antonio, Villaseñor Gómez Luís Humberto, "Cuaderno de Prácticas II (Física, Nivel Bachillerato)", U.V.M. México 1992.
- 6 Pérez Montiel Héctor. Publicaciones Cultural."Física 1 para Bachillerato", 7ª Edición, México 1989.
- 7 Pérez Montiel Héctor. Publicaciones Cultural."Física 2 para Bachillerato", 7ª Edición, México 1989.
- 8 Pérez Montiel Héctor. Publicaciones Cultural."Física 3 para Bachillerato", 7ª Edición, México 1989.
- 9 Martínez Camaño Jesús, Padilla Robles Javier, "Guía de estudio (Física 3)", Colegio de Física E.N.P. U.N.A.M. México 1996.
- 10 Allier Ondarza Alicia, "Guía de estudio (Física 4)", Colegio de Física E.N.P. U.N.A.M. México 1996.
- 11 Escuela Nacional Preparatoria."Manual de Experimentos de Física III" UNAM. México 2001.
- 12 Pérez Ramírez Francisco M., Jaramillo Morales Gabriel A., Bonilla Rivera Francisco J., "Manual de Prácticas del Laboratorio de electricidad y magnetismo", Depto de Física General y Química. Facultad de Ingeniería, UNAM. México 2001.
- 13 ZOLLER, Bernd. "Circuitos electrónicos con el PC", Maracombo S.A. España 1997.
- 14 MANDADO, Enrique, "Sistemas Electrónicos Digitales", 6ª Edición, Ed. Maracombo S.A. México 1989.
- 15 SCHILDT, Herbert. "C Manual de referencia", Ed. Osborne / McGraw-Hill España 1990.
- 16 COUGHLIN, Robert F., DRISCOLL, Feredrick F., "Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales", 4ª Edición, Ed. Prentice Hall, México 1993.
- 17 SAVANT, C. J., "Diseño electrónico, Circuito y sistemas", Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, EEUU 1991.

- 
- 18 SANDERS, H. Donald, "Informática presente y futuro" 3ª Edición, Ed. Mc Graw Hill, México 1990.
  - 19 GIECK, Kart, "Manual de fórmulas técnicas" 18ª Edición, Ed. Representaciones y servicios de Ingeniería S.A. México 1981.
  - 20 TIPLER, Paul A. Física Tomo 2, 3ª Edición, Ed. Reverté España 1993.

#### Diccionarios

- 21 OBB, A. Louis, "Diccionario para ingenieros Español-Inglés/Inglés-Español", 41ª Edición, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México 1994.
- 22 GARCÍA-PELAYO, y Gross, Ramón "Pequeño Larousse Ilustrado 1991", 15ª Edición, Ed. Larousse, México 1990.
- 23 FREEDMAN, Alan, "Diccionario de computación" 5ª Edición, Ed Mc Graw Hill, España 1993.
- 24 TREPAT, Ramón "Larousse Sinónimos/antónimos", 1ª Edición, 26 reimpresión, Ed. Larousse, México 1996.

#### Forma Digital (Internet)

- 25 Apuntes de Física  
<http://www.us.es/dfisap1/mesa/ffi/FFI.pdf>  
[http://www.rena.e12.ve/SegundaEtapa/matematica/magicas/pages/hist\\_mat/textes/h\\_geom.htm](http://www.rena.e12.ve/SegundaEtapa/matematica/magicas/pages/hist_mat/textes/h_geom.htm)  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>  
<http://nuevomundo.revues.org/document402.html>
- 26 Datos del puerto paralelo  
<http://comunidad.ciudad.com.ar/internacional/aruba/megatronica/nuevo2.htm>  
<http://www.creaturoides.com/paralelo.htm>

## 27 Diccionarios DRAE; técnicos, sinónimos, antónimos, etc.

<http://www.diccionarios.com/index.phtml?diccionario=dgle&query=acceder>

<http://www.rae.es>

<http://www.lenguaje.com/cgi-bin/tesauro.exe>

<http://tradu.scig.uniovi.es/sinon.html>

<http://www.ultraguia.com.ar/InternetInformatica/DiccionarioInformaticoEO.htm>

<http://www.lawebdelprogramador.com/diccionario/mostrar.php?letra=B>

<http://www.compunet.com.gt/hoy/paginas/glosari2.htm#isdn>

<http://www.elrinconcito.com/diccionario.php?letra=b>

## 28 Consultas en la enciclopedias

<http://es.wikipedia.org/wiki/Especial:Search>

[http://es.encarta.msn.com/encyclopedia\\_761569464](http://es.encarta.msn.com/encyclopedia_761569464)

## 29 Componentes electrónicos

Fototransistor (PT 501)

<http://www.sharpmeg.com/products/opto/pdf/pt501.pdf>

LED (TLN 103A)

[http://www.semicon.toshiba.co.jp/pdf\\_j/docweb123/j006141.pdf](http://www.semicon.toshiba.co.jp/pdf_j/docweb123/j006141.pdf)

National TTL

[http://www.national.com/pf/master\\_LF.html](http://www.national.com/pf/master_LF.html)

Convertidores analógicos

<http://amadeus.upr.clu.edu/~glezy/lab.html#Diagramas>

## 35 Datos de educación

Tercera Conferencia Internacional en Educación, Entrenamiento, Nuevas Tecnologías y aprendizaje por medios electrónicos.

<http://www.hairyeyeball.net/jotbook/archives/000217.html>

Recursos humanos, materiales y financieros por nivel educativo

<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/tematicos/mediano/med.asp?t=medu03&c=3270>

Gasto público en los sistemas escolarizados y extraescolar por nivel educativo

<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=medu03&c=3270>

CONACYT

<http://www.conacyt.mx/comunicacion/transparencia/avance-reglas.html>

ANUIES (gastos destinados a la educación)

[http://www.anuies.mx/principal/servicios/publicaciones/documentos\\_estrategicos/21/2/20.html](http://www.anuies.mx/principal/servicios/publicaciones/documentos_estrategicos/21/2/20.html)

36 Otras páginas de especificaciones de circuitos integrados

<http://www.datasheetlocator.com/es/>

[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/A/D/C/0/ADC0809CCN.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/A/D/C/0/ADC0809CCN.shtml)

## Anexo 1

# INTERRUPCIONES DEL SISTEMA

INT 00: División por cero

INT 01: Ejecución paso a paso

INT 02: No Enmascarable (NMI)

INT 03: Puntos de ruptura

INT 04: Desbordamiento (INTO)

INT 05: Volcar pantalla por impresora (BIOS)

INT 06: Código de operación incorrecto

INT 07: Reservada

INT 08: IRQ 0: Contador de hora del sistema (BIOS)

INT 09: IRQ 1: Interrupción de teclado (BIOS)

INT 0A: IRQ 2: canal E/S, segundo 8259 del AT

INT 0B: IRQ 3: COM2

INT 0C: IRQ 4: COM1

INT 0D: IRQ 5: disco duro XT, LPT2 en AT, retrazo vertical PC

INT 0E: IRQ 6: Controlador del disquete

INT 0F: IRQ 7: LPT1

INT 10: Servicios de vídeo (BIOS)

INT 11: Listado del equipo (BIOS)

INT 12: Tamaño de memoria (BIOS)

INT 13: Servicios de disco (BIOS)

INT 14: Comunicaciones en serie (BIOS)

INT 15: Servicios del sistema (BIOS)

INT 16: Servicios de teclado (BIOS)

INT 17: Servicios de impresora (BIOS)

INT 18: IBM Basic (ROM del BASIC)

INT 19: Arranque del sistema (BIOS)

INT 1A: Fecha/hora del sistema

INT 1B: Acción de CTRL-BREAK (BIOS)

INT 1C: Proceso periódico del usuario (Usuario)

INT 1D: Parámetros de vídeo (BIOS)

INT 1E: Parámetros del disquete (BIOS)

INT 1F: Tabla de caracteres gráficos (BIOS)

INT 20: Fin de programa (DOS)

INT 21: Servicio del sistema operativo (DOS)

INT 22: Dirección de terminación (DOS)

INT 23: DOS CTRL-BREAK (DOS)

INT 24: Manipulador de errores críticos (DOS)

INT 25: Lectura absoluta de disco (DOS)

INT 26: Escritura absoluta en disco (DOS)

INT 27: Terminar permaneciendo residente (DOS)

INT 28: DOS Idle (programas residentes que usan funciones DOS)

INT 29: DOS TTY (impresión en pantalla)

INT 2A: Red local MS net

INT 2B-2D: Uso interno del DOS

INT 2E: Procesos Batch (DOS)

INT 2F: Multiplex (DOS)

INT 30: Compatibilidad CP/M-80 (xx:YYyy en JMP XXxx:YYyy)

INT 31: Compatibilidad CP/M-80 (XX en JMP XXxx:YYyy)

INT 32: Reservada

INT 33: Controlador del ratón

INT 34-3F: Reservadas

INT 40: Interrupción de disquete (BIOS)

INT 41: Parámetros del disco duro 1 (BIOS)

INT 42: Apunta a la INT 10h original del BIOS si existe VGA

INT 43: Caracteres gráficos EGA (BIOS)

INT 44-45: Reservadas

INT 46: Parámetros del disco duro 2 (BIOS)

INT 47-49: Reservadas

INT 4A: Alarma del usuario

INT 4B-5F: Reservadas

INT 60-66: Para uso de los programas

INT 67: Interrupción de EMS (controlador EMS)

INT 68-6F: Reservadas

INT 70: IRQ 8: Reloj de tiempo real AT (2º chip 8259-AT)

INT 71: IRQ 9: IRQ 2 redireccionada (2º chip 8259-AT)

INT 72: IRQ 10: reservada (2º chip 8259-AT)

INT 73: IRQ 11: reservada (2º chip 8259-AT)

INT 74: IRQ 12: interrupción de ratón IBM (2º chip 8259-AT)

INT 75: IRQ 13: error de coprocesador matemático (2º chip 8259-AT)

INT 76: IRQ 14: controlador disco fijo (2º chip 8259-AT)

INT 77: IRQ 15: reservada (2º chip 8259-AT)

INT 78-7F: Reservadas

INT 80-85: Reservadas para el Basic

INT 86-F0: Usadas por el Basic

INT F1-FF Para uso de los programas

## **Anexo 2**

### **ADC 0809**

El circuito integrado ADC 0809 es un elemento CMOS monolítico con un convertidor analógico-digital (AD) de 8 bits, multiplexor de 8 canales y una lógica de control compatible con microprocesador. Este convertidor AD de 8 bits usa la técnica de conversión de aproximaciones sucesivas. El convertidor presenta un comparador estabilizado con interruptor periódico de alta impedancia, un divisor de voltaje  $256R$  con un árbol de interrupciones analógicos y un registro de aproximaciones sucesivas. El multiplexor de 8 canales puede acceder directamente a cualquiera de las 8 señales analógicas que se encuentren presentes en sus entradas.

Algunas características que ofrece este convertidor analógico digital son:

- Resolución de 8 bits
- Tiene *latches* y multiplexor decodificador para entradas de direcciones y salidas tres estados TTL
- Error total no ajustado  $\pm \frac{1}{2} \text{ LSB}$  y  $\pm 1 \text{ LSB}$ <sup>1</sup>
- Tiempo de conversión 100  $\mu\text{s}$
- Consumo bajo de potencia 15 mW
- Interfaz sencilla para todo tipo de microprocesador
- Opera de manera relacional, es decir, se ajusta a la referencia de voltaje de  $0 V_{\text{CD}}$  a  $5 V_{\text{CD}}$
- Las salidas cumplen con las especificaciones TTL
- Entradas con un rango de voltaje de  $0 V_{\text{CD}}$  a  $5 V_{\text{CD}}$
- Integrado de 28 patas
- Rango de temperatura de  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $+ 85 \text{ }^\circ\text{C}$
- Salidas tres estados
- Alimentación única,  $5 V_{\text{CD}}$
- Multiplexor de 8 canales con lógica de control

---

<sup>1</sup> Least Significant Bit , por sus siglas en inglés, Bit Menos Significativo

## Diagrama de bloques del ADC 0809

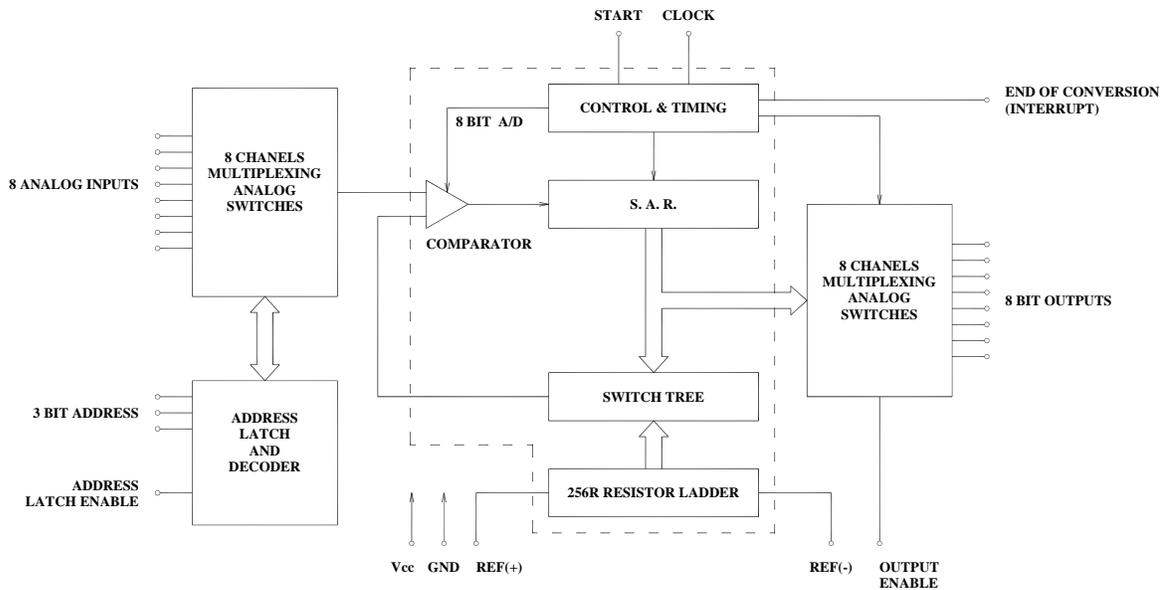


Figura A2.1 Diagrama de bloques del ADC 0809.

### Descripción funcional

Multiplexor. El dispositivo contiene un multiplexor (ver Figura A2.1) de señal analógica de 8 canales de salida simple. Un canal particular de la entrada es seleccionado usando el decodificador de dirección. La tabla A2.1 muestra los estados de las entradas para que las líneas de la dirección seleccionen cualquier canal. Las direcciones son aseguradas en el decodificador en la transición bajo-alto de las señales disponibles de las direcciones aseguradas.

Canal analógico seleccionado	Línea de dirección		
	C	B	A
IN 0	L	L	L
IN 1	L	L	H
IN 2	L	H	L
IN 3	L	H	H
IN 4	H	L	L
IN 5	H	L	H
IN 6	H	H	L
IN 7	H	H	H

*Tabla A2.1 Selección de canales de líneas analógicas.*

### **El convertidor**

El corazón de este chip individual del sistema de adquisición de datos es su convertidor analógico AD de 8 bits. El convertidor está diseñado para proveer conversiones precisas, rápidas y repetibles sobre un gran rango de temperaturas. El convertidor está dividido en 3 secciones principales: el circuito de escalera de 256R, el registro de aproximaciones sucesivas, y el comparador. Las salidas digitales del convertidor son de lógica positiva.

El enfoque del circuito de escalera 256R (Figura A2.2) fue escogido en lugar del de escalera convencional R/2R debido a su inherente monotonía que garantiza que no haya pérdida de códigos digitales. La monotonía es particularmente importante en los sistemas de control con retroalimentación. Una relación no monótonica puede causar oscilaciones que podrían ser catastróficas para el

sistema. Adicionalmente, el circuito de escalera 256R no causa variaciones en el voltaje de la referencia.

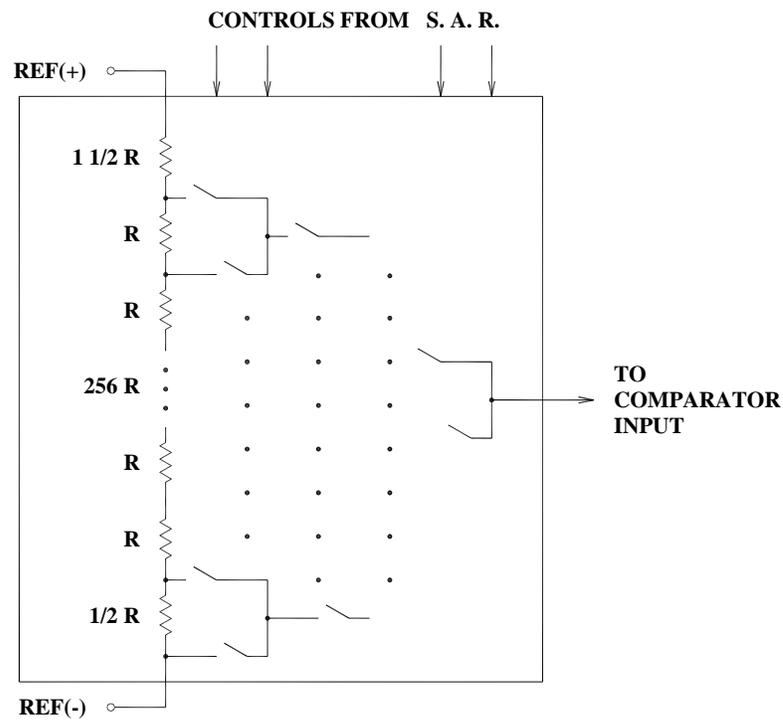


Figura A2.2 Escalera de resistencias y árbol de interruptores.

La resistencia última (la de abajo) y la primera (la de arriba) del circuito de escalera mostrada en la Figura A2.2 no son del mismo valor como el resto de las otras resistencias de la red. La diferencia en estas resistencias es lo que causa que la característica de la salida sea simétrica desde el cero hasta la escala máxima de la curva de transferencia. La primera salida de transición ocurre cuando la señal analógica ha alcanzado  $+\frac{1}{2}$  LSB y las subsiguientes transiciones de salida ocurre cada 1 LSB después, hasta alcanzar la máxima escala.

El registro de aproximaciones sucesivas (SAR, por sus siglas en inglés: Successive Approximation Register) realiza 8 iteraciones para aproximar el voltaje de la entrada. Para cualquier tipo de convertidor SAR, se requieren las  $n$  iteraciones de un convertidor de  $n$  bits. La Figura A2.3 muestra un ejemplo típico de la curva de transferencia de un convertidor de 3 bits. En el ADC0809, la técnica de la aproximación se extiende a 8 bits usando el circuito de escalera.

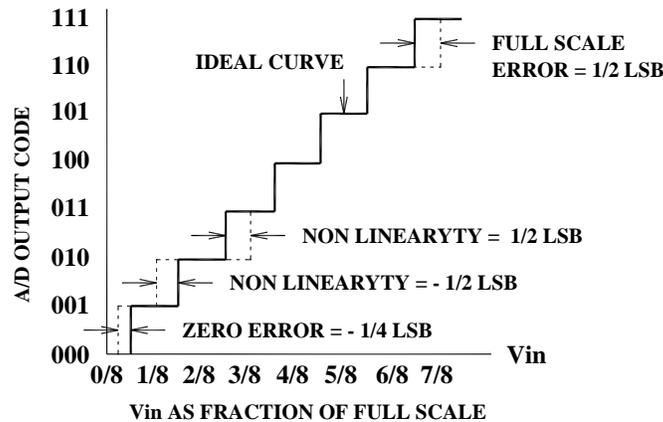


Figura A2.3 Curva de transferencia de un convertidor AD de 3 bits.

Los convertidores AD de aproximaciones sucesivas (SAR) son reiniciados en el flanco de subida del pulso de inicio de conversión (SC, por las siglas en inglés de Start Conversion). La conversión se inicia en el flanco de bajada del pulso de inicio de conversión. El proceso de una conversión se interrumpirá por el recibo de un nuevo pulso de inicio de conversión. La conversión continua puede lograrse conectando la señal de fin de conversión (EOC, por sus siglas en inglés de End Of Conversion) a la entrada de SC. Si se usa en este modo, un pulso de inicio de

conversión externo debe aplicarse después encender el ADC. El EOC bajará durante 8 pulsos del reloj después del flanco de subida de la señal SC.

La sección más importante del convertidor AD es el comparador. Esta sección es la responsable de la exactitud de todo el convertidor. Es también la fluctuación del comparador lo que tiene la influencia más grande en la capacidad de repetición del dispositivo. Un comparador interruptor-estabilizado proporciona el método más eficaz para satisfacer todos los requisitos del convertidor.

El comparador interruptor-estabilizado convierte la entrada de corriente directa (CD) en una señal de corriente alterna (CA). Luego, esta señal es alimentada al amplificador de alta ganancia de CA y que tiene el nivel de CD restaurado. Esta técnica limita la componente de la fluctuación del amplificador ya que la fluctuación es la componente de CD que no pasa por el amplificador de CA. Esto hace que el convertidor AD por completo sea extremadamente insensible a la temperatura, a fluctuaciones a largo plazo y a errores de nivel de CD (offset) en la entrada. La curva se muestra en la Figura A2.4.

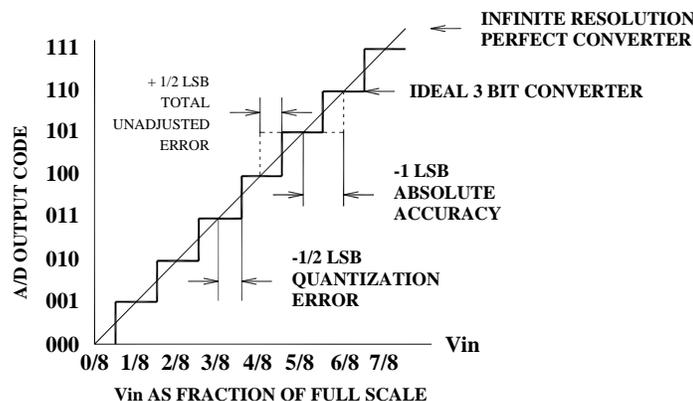


Figura A2.4 Curva de exactitud absoluta de un convertidor AD de 3 bits.

La Figura A2.5 muestra una curva típica de error para el ADC0809.

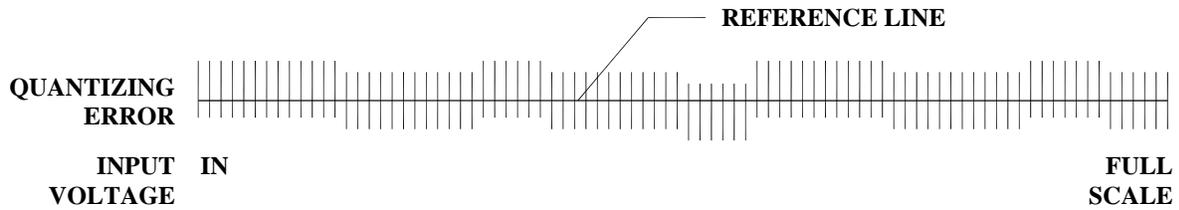


Figura A2.5 Curva típica de error.

**Diagrama**

El diagrama de medición del tiempo se muestra en la Figura A2.6.

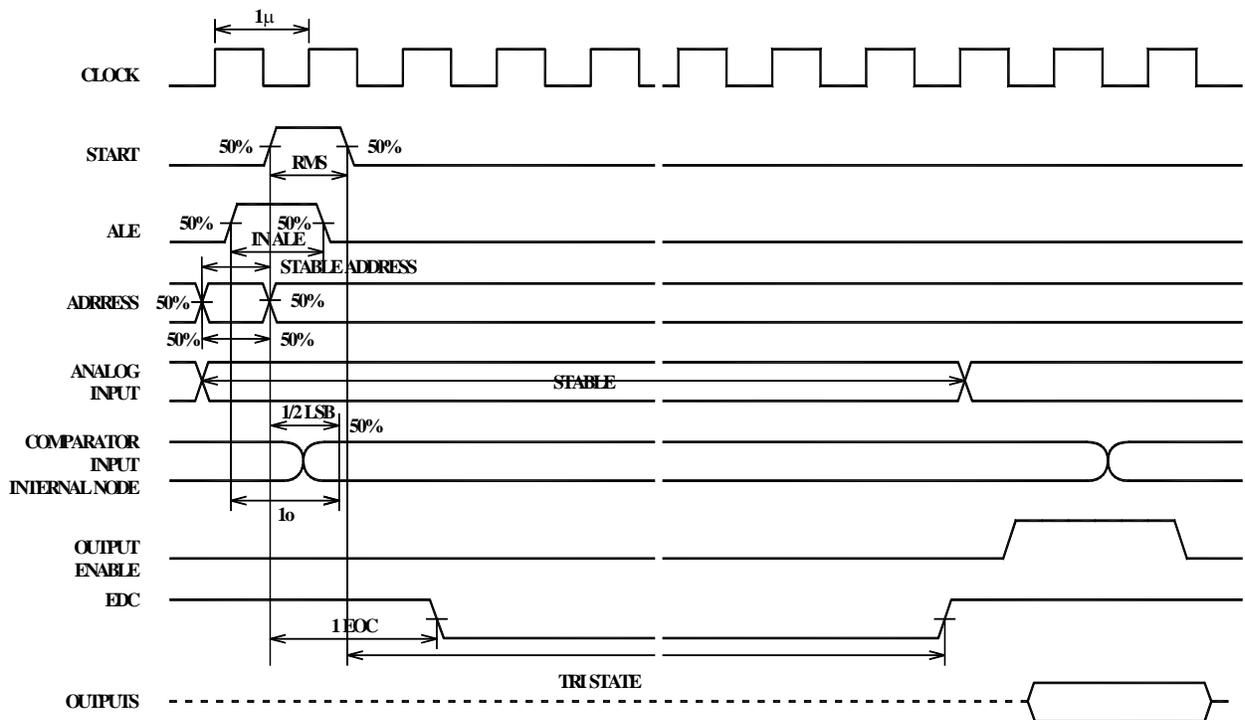


Figura A2.6 Diagrama de tiempo.

## Información de las aplicaciones

### **CONVERSIÓN RELACIONAL**

El ADC0809 se diseña como un Sistema de Adquisición de Datos completo (DAS) para los sistemas de conversión relacional. En sistemas relacionales, la variable física medida se expresa como porcentaje de la escala máxima que sea relacionado no necesariamente con un estándar absoluto. El voltaje a la entrada del ADC0808 es expresado por la ecuación:

$$\frac{V_{IN}}{V_{fs} - V_Z} = \frac{D_X}{D_{MAX} - D_{MIN}}$$

Donde:

$V_{IN}$ =Voltaje de entrada al ADC0809

$V_{fs}$ =Voltaje de escala completa (full-scale)

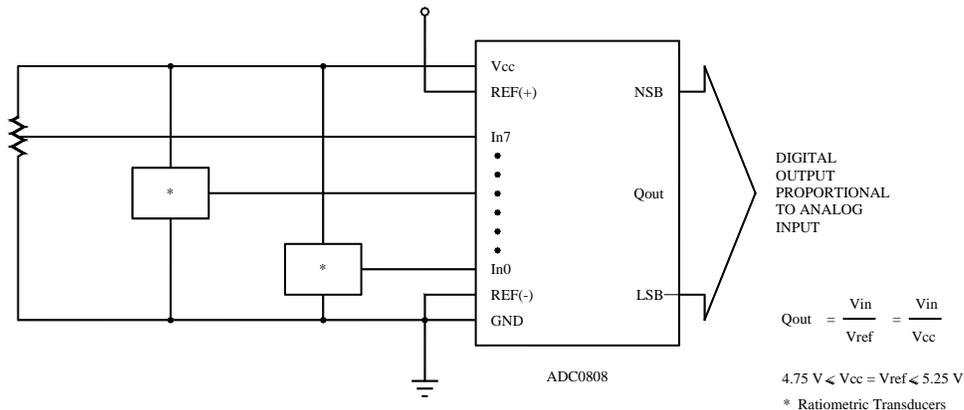
$V_Z$ =Voltaje de cero

$D_X$ =Dato medido

$D_{MAX}$ =Máximo dato posible

$D_{XMIN}$ =Mínimo dato posible

Un buen ejemplo de un transductor relacional es un potenciómetro utilizado como sensor de posición. La posición del brazo móvil del sensor (brazo del potenciómetro) es directamente proporcional a la voltaje de salida el cual es un cociente del voltaje a escala completa a través de él. Puesto que se representan los datos como proporción a escala máxima, los requisitos de la referencia son reducidos grandemente, eliminando una fuente grande del error y del coste para muchos usos. Una ventaja importante del ADC0809 es que el rango de voltaje de entrada es igual a rango de la fuente así que los transductores se pueden conectar directamente a través de la fuente y de su salida conectada directamente en las entradas del multiplexor (Figura A2.7).

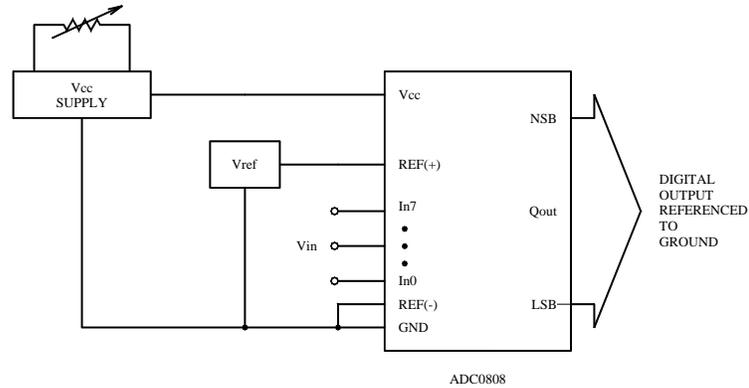


*Figura A2.7 Sistema de conversión radiométrica.*

Los transductores relacionales (\*) mostrados en la figura A2.7 tales como potenciómetros, galgas de tensión, puentes de termistores, transductores de presión, etc., son convenientes para medir relaciones proporcionales; sin embargo, muchos tipos de medidas se deben referir a un absoluto estándar tal como voltaje o corriente. Esto significa que un sistema de referencia debe ser utilizado para relacionar el voltaje a escala completa con voltaje estándar. Por ejemplo, si  $V_{CC}=V_{REF}=5.12V$ , entonces el rango máximo a escala completa se divide en 256 pasos estándares. El paso estándar más pequeño es 1 LSB que es entonces de 20 mV.

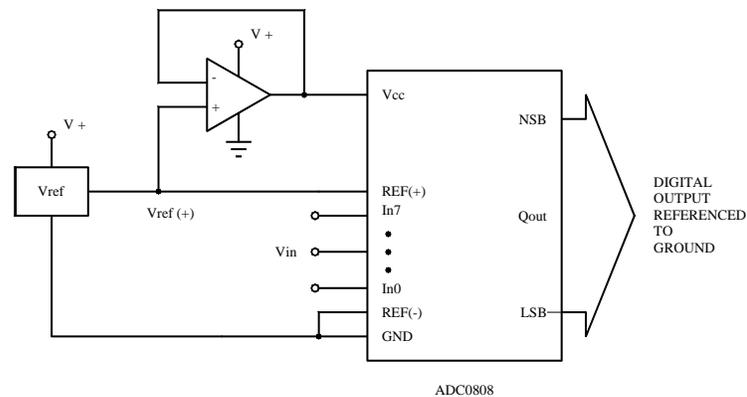
### **LIMITACIONES DE LA ESCALERA DE RESISTORES**

Los voltajes de la escala del resistor se comparan al seleccionado en 8 veces en una conversión. Estos voltajes se juntan al comparador vía un árbol analógico de interruptores que se refiere a la fuente. El voltaje máximo, el central y el mínimo de la escalera se deben controlar para mantener la operación apropiada.



*Figura A2.8 Sistema de conversión, usando una fuente ajustada a tierra.*

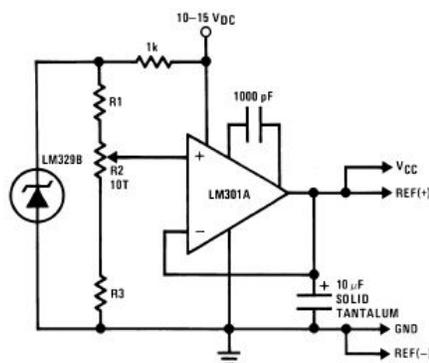
El ADC0808 necesita menos de un miliamperio de corriente de la fuente, así que es muy fácil obtener la referencia a partir de la fuente. En la Figura A2.9 se muestra un sistema que genera el voltaje de alimentación a partir de la referencia. El buffer mostrado puede ser un amplificador operacional de suficiente capacidad para proveer el miliamperio de corriente de alimentación y de la capacidad deseada del bus, o si un bus capacitivo es controlado (alimentado) por las salidas, un condensador grande proveerá la corriente transitoria de alimentación, como se ve en la Figura A2.8. El LM301 es sobrecompensado para asegurar estabilidad cuando está cargado por el condensador de la salida de 10  $\mu\text{F}$ .



*Figura A2.9 Sistema de conversión referido con la tierra que genera la fuente de  $V_{CC}$ .*

El voltaje máximo de la escalera, REF(+), no debe ser más positivo que la fuente, y el voltaje mínimo de la escala, REF(-), no debe ser más negativo que la tierra. El valor medio del voltaje de la escalera debe también aproximarse al valor medio del voltaje de alimentación porque el árbol analógico de interruptores cambia de interruptores del canal N a interruptores del canal P. Estas limitaciones son válidas automáticamente en sistemas relacionales y pueden serlo también fácilmente en sistemas referidos a tierra.

La Figura A2.10 muestra un sistema referido a tierra con una fuente y una referencia separadas. En este sistema, la fuente se debe ajustar para emparejar el voltaje de la referencia. Por ejemplo, si se utiliza un voltaje de 5.12V, la fuente se debe ajustar al mismo voltaje con un rango de error de 0.1 V.



*Figura A2.10 Circuito típico de la referencia de la fuente de alimentación.*

Los voltajes máximo y mínimo de la escalera no pueden exceder de  $V_{CC}$  y tierra, respectivamente, pero pueden ser simétricamente menor que  $V_{CC}$  y mayor que de tierra. El valor medio del voltaje de la escalera debe siempre aproximarse al valor medio del voltaje de alimentación. La sensibilidad del convertidor se puede aumentar, (es decir, el tamaño de los pasos de LSB puede disminuirse) usando un

sistema simétrico de la referencia. En la Figura A2.11, una referencia de 2.5 V se centra simétricamente en  $V_{CC}/2$  puesto que la misma corriente fluye en resistores de idénticos. Este sistema con una referencia 2.5 V permite que el bit de LSB sea la mitad del tamaño de un sistema con una referencia de 5 V.

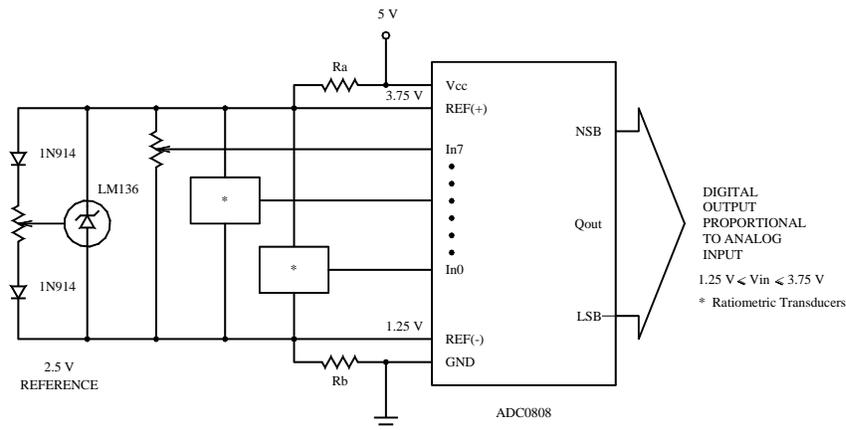


Figura A2.11 Referencia simétricamente centrada.

### ECUACIONES DEL CONVERTIDOR

La transición entre los códigos adyacentes N y N+1 se da por:

$$V_{IN} = \left\{ \left( V_{REF(+)} - V_{REF(-)} \right) \left[ \frac{N}{256} + \frac{1}{512} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)}$$

El voltaje medio de un código de salida N se da por:

$$V_{IN} \left\{ \left( V_{REF(+)} - V_{REF(-)} \right) \left[ \frac{N}{256} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)}$$

El código de salida para una entrada arbitraria son los números enteros dentro del rango:

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 256 \pm \text{exactitud absoluta}$$

Donde:

$V_{IN}$  = Voltaje a la entrada del comparador

$V_{REF(+)}$  = Voltaje en Ref (+)

$V_{REF(-)}$  = Voltaje en Ref (-)

$V_{TUE}$  = Voltaje de error total no ajustable (típicamente  $V_{REF(+)} / 512$ )

### ENTRADAS ANALÓGICAS DEL COMPARADOR

La corriente de entrada al comparador dinámico es causada por la conmutación periódica de las capacitancias parásitas dentro del chip. Éstos están conectados alternadamente con la salida de la escalera de resistores ó árbol de interruptores y a la entrada del comparador como parte de la operación del comparador interruptor estabilizado. El valor medio de la corriente de entrada al comparador varía directamente con la frecuencia de reloj y con  $V_{IN}$  según lo mostrado en la Figura A2.12.

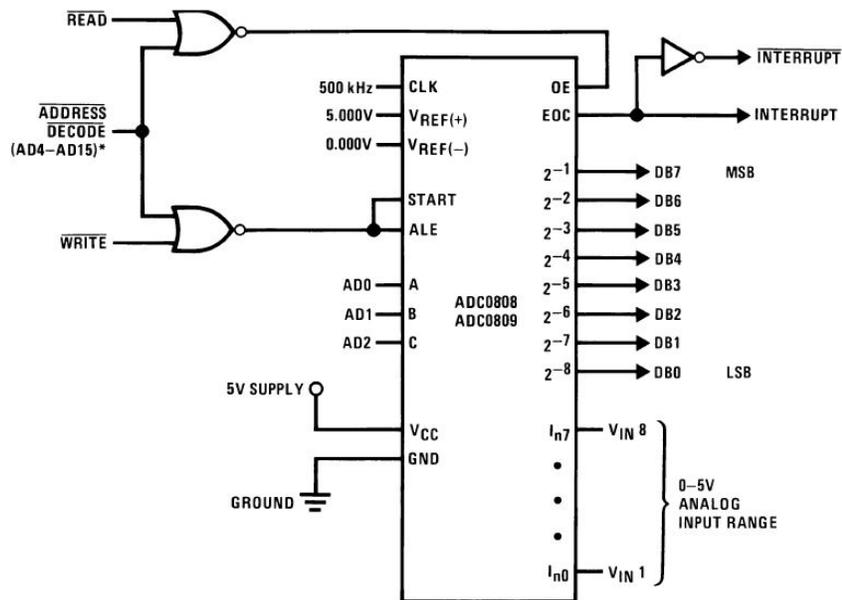


Figura A2.12 Entrada de valores al ADC.

Si no se utilizan ningunos condensadores de filtro en las entradas analógicas y las impedancias de la fuente de la señal son bajas, la corriente de entrada al comparador no debe introducir errores al convertidor, pues el transitorio creado por la descarga de la capacitancia desaparecerá antes de que la salida del comparador sea validada.

Si los condensadores del filtro de la entrada se requieren para la reducción del nivel de ruido y acondicionamiento de señal tenderán a alcanzar el promedio de la corriente de entrada del comparador dinámico. Entonces adquirirá las características de una corriente continua de polarización cuyo efecto puede ser predicho convencionalmente.

## **Anexo 3**

### **Nylamid®**

Los plásticos tienen como cualidades generales, el ser muy ligeros y resistentes a la oxidación, principalmente. Sin embargo, esto no es suficiente, ya que la industria constantemente demanda materiales que satisfagan necesidades aún más complicadas y diversas.

Para este trabajo de tesis se empleo el Nylamid debido a que es fácil maniobrar con él, y así se realizaron los soportes posicionables de los sensores, además de que los productos Nylamid cuentan con las características mas apropiadas para cada caso, entre las mas importantes mencionamos las siguientes:

Estabilidad dimensional

maleabilidad

compatibilidad para usarse en contacto con alimentos, sin contaminar

resistencia al desgaste

resistencia dieléctrica

resistencia mecánica

resistencia química

resistencia térmica

rigidez.

### **Usos del Nylamid**

La versatilidad de los productos Nylamid ha ayudado a resolver problemas de diseño de partes para equipo original o de sustitución de refacciones fabricadas con otros materiales, como: acero, bronce, aluminio, madera, cerámica, celorón (también se le conoce como Mmicarta, Ffenolina, Panelite, Durantex, etc. Es un producto termoestable, laminado a muy alta presión) y otros plásticos, en un sinnúmero de sectores industriales, tales como:

Alimenticio

papelero

siderúrgico

naval

embotellador

textil

azucarero

minero

constructor

farmacéutico

bienes de capital

transportadores.

Los usos mas frecuentes que se le dan a los materiales hechos de Nylamid, son los siguientes:

- Cojinetes
- engranes
- ruedas
- poleas
- rodillos
- guías de desgaste
- aislantes dieléctricos
- aislantes térmicos
- soportes.

### **Beneficios**

#### Buena relación Costo-Beneficio

El rendimiento de la piezas fabricadas con los productos Nylamid, en combinación con el precio, es sin duda el principal motivo para su aplicación, ya que aunque en algunas ocasiones existan materiales más baratos, su limitada durabilidad generan gastos extras derivados de la mayor frecuencia de recambio de las refacciones, los paros para mantenimiento, montaje y desmontaje, etc.

#### Facilidad de maquinado

Por su suavidad la mayoría de estos productos se maquinan mucho mas rápido que los metales, dando como resultado, ahorros muy significativos.

#### Ligereza

Por pesar menos que los metales, los plásticos exigen menor esfuerzo de los motores, contribuyendo así a consumir menos energía.

#### Menor consumo de lubricantes

Gracias a su bajo coeficiente de fricción el Nylamid ayuda a reducir el consumo de lubricantes y en algunos casos hasta lo elimina.

#### Reduce el nivel de ruido

La capacidad de absorción de impactos tan característica de los plásticos ayudan a disminuir la emisión de ruido provocado por las partes que trabajan en movimiento y en contacto directo entre si.

#### Disponibilidad

Existe una amplia gama de productos, presentaciones y medidas para satisfacer las necesidades del mercado, contribuyendo a reducir las importaciones de otros materiales.

**Anexo 4**  
**LABMEC.C**

```

/*****
*   Archivo:   LabMec.C                               *
*   Autor:    Yukihiro Minami Koyama                 *
*   Fecha:    07 de marzo de 2003                    *
*                                                    *
*   Este programa realiza la captura de datos       *
*   de un máximo de ocho fotosensores, por el      *
*   puerto de estado del puerto paralelo LPT1 y     *
*   establece el tiempo transcurrido desde que     *
*   el móvil pasa por el primer sensor hasta que   *
*   pasa por el sensor n, (n = 2, 3, ..., 8).      *
*   Repite el experimento el número de veces       *
*   establecido por el usuario. Despliega los      *
*   datos obtenidos en pantalla y en archivo       *
*   TEST.DAT) calculando previamente la media      *
*   y la desviación estándar de cada conjunto     *
*   de medidas de tiempo.                           *
*****/
/*
File:   LabMec.C
Author: Yukihiro Minami Koyama
Date:   March 07 2003
This program populate the data of a maximum of
eight photo-sensors, using the parallel-state port
LPT1 and it establishes the lapsed time since the
"mobile" travel through the first sensor until it
reaches n-sensor, (n = 2, 3, ... , 8). The program
repeats the experiment according to the number
previously established by the user. It shows the
data on screen and produces a file TEST.DAT)
calculating the mean and the standard deviation of
each time measure set.
*/

#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <time.h>
#include <math.h>

typedef unsigned char byte;
long int cuenta;
float result,
      dat_t[29][7];

void main (void)
{
    byte ex,
          exp,
          num_exp,

```

```
    num_sens,
    sens;
int dataport=0x378;
float k_tiempo;
float determina_k_tiempo (void);
void entrada_parametros (byte*, byte*);
void prendesensa (byte);
void limpia_ff (float);
void sensa (byte, float);
void despliega (byte, byte);

outport (dataport,0); /* apago los sensores lasers por seguridad */
/*I turn off the laser sensors for safety */

k_tiempo = determina_k_tiempo ();
printf ("\n\n\n\tk_tiempo = %6.6f [ms]", k_tiempo*1000);
printf ("\n\n\n\tpresione cualquier tecla para continuar");
getche();
entrada_parametros (&num_exp, &num_sens);
prendesensa (num_sens);
for (exp = 0; exp < num_exp; exp++)
{
    clrscr ();
    gotoxy (9,3);
    printf ("En proceso el experimento número %i", exp + 1);
    gotoxy (9,6);
    printf ("Suelte el móvil en el carril, para efectuar las");
    printf ("\n\tmediciones de tiempo.");
    printf ("\n\tOprima cualquier tecla cuando este listo.");
    getch();
    do
    {
        cuenta = 0;
        limpia_ff (k_tiempo);
        sens = 0;
        sensa (sens, k_tiempo);
        if (result == 0.0)
        {
            clrscr();
            gotoxy (9,3);
            printf ("En proceso el experimento número %i", exp + 1);
            gotoxy (9,6);
            printf ("El móvil no se ha soltado.");
            gotoxy (9,8);
            printf ("Suelte el móvil en el carril, para efectuar las");
            printf ("\n\tmediciones de tiempo.");
            printf ("\n\tOprima cualquier tecla cuando este listo");
            getch();
        }
    } while (result == 0.0);
    cuenta = 0;

    do
    {
        sens++;
        sensa (sens, k_tiempo);
        dat_t[exp][sens] = result;
    } while (sens < num_sens-1);
}
```

```

    printf ("\n\n\t\t Termino aquí con los datos de entrada");
}
getch();
outport (dataport,0); /*vuelvo a apagar los sensores por seguridad*/
/*Again, sensors are turn off for safety reasons*/
despliega (num_exp, num_sens);
} /* Fin del programa */
/* end of program */

/*****
*   Subrutina determina_k_tiempo
*   Esta subrutina calcula la constante de tiempo para convertir el
*   valor de un contador de ciclos a tiempo en milisegundos.
*****/
/*
Subroutine: determina_k_tiempo
This subroutine calculates the constant of time to convert the
value of a time-cycle-counter into miliseconds.
*/

float determina_k_tiempo (void)
{
    byte dato_cont = 0xE,
        dato_ent,
        i,
        masc_cont = 0xB,
        masc_stat = 0x80,
        identif = 0x10,
        sensor = 1;
    int dir_stat = 0x379,
        dir_cont = 0x37A;
    time_t tiempol,
        tiempo2;
    float k_t,
        sum;
    double dif_tiempo;

/*****
*   Se establece la salida de control, de manera que únicamente esté,
*   activado un solo grupo de cuatro entradas al registro de status.
*****/
/*
The control exit is settled, so that only
a set of fours entrance to the registration
status is activated.
*/

    outport (dir_cont, dato_cont ^ masc_cont);
    i = 0;
    sum = 0.0;
    time (&tiempol);
    clrscr ();
    printf ("\n\n\tCalculando la constante de tiempo.");

```

```

    printf ("\n\n\tEspere un momento por favor... ");

/*****
*   Aquí se desecha la primera medición de un segundo con las funciones*
*   de time.h, debido a que el primer dato es erróneo.                *
*****/
/*
   Here the first measure of one second is discarded
   with the functions of time.h, this is because the
   first data is erroneous.
*/

    do
    {
        time (&tiempo2);
    }
    while (difftime (tiempo2, tiempo1) < 1.0);

/*****
*   Se obtiene el promedio de diez mediciones de un segundo, para el *
*   cálculo de la constante de tiempo de la máquina.                  *
*****/
/*
   The average of ten one-second measures
   is obtained, this result is used for the
   calculation of the PC's constant of time.
*/

    do
    {
        cuenta = 0;
        time (&tiempo1);
        do
        {
            cuenta++;

            dato_ent = (inport (dir_stat) ^ masc_stat) & (identif*sensor);
            time (&tiempo2);
            dif_tiempo = difftime (tiempo2, tiempo1);
        } while (dif_tiempo < 1.0);
        k_t = 1.0/((float) cuenta);
        sum += k_t;
        i++;
    } while (i < 5);
    k_t = sum/10;
/* La siguiente instrucción sólo sirve para evitar el "warning" */
/*The following instructions is used only to
avoid the warning message when the program
does the compilation*/
    i = dato_ent;
    return (k_t);
} /* Fin de la subrutina determina_k_tiempo */
/* End of subroutine determina_k_tiempo */

```

```

/*****
* Subrutina retraso
* Esta subrutina genera un retraso de n [ms], donde n es el parámetro
* de entrada a la subrutina, para que la salida del registro de datos
* pueda ser detectada por la interfaz.
*****/
/*
Subroutine retraso
This subroutine generates a delay of n [ms],
where n is the input parameter to the subroutine,
so that the exit of the data registration can be
detected by the interface.
*/

void retraso (float x, float k_t)
{
    long int i,
        imax;

    imax = 10*(x*0.01)/k_t; /*era 10, cambio a 1 para que cuando
                           empiece la nueva sensada sea más rápido
                           ... */
    for (i = 0; i <= imax; i++)
        ;
} /* Fin de la subrutina retraso */

/*****
* Subrutina entrada_parametros
* Esta subrutina pregunta al usuario el número de veces que desea
* repetir el experimento, así como el número de sensores que tendrá
* instalados para cada experimento.
*****/
/*
Subroutine entrada_parametros
This subroutine asks the user the number of
times that wants to repeat the experiment,
as well as the number of sensors that will
have installed for each experiment.
*/

void entrada_parametros (byte *e, byte *s)
{
    int i,
        x,
        y;

    clrscr ();
    do
    {
        gotoxy (9,3);
        printf ("¿Cuántas veces deseas repetir el experimento? (máximo 30) ");
        scanf ("%i", &x);
        fflush (stdin);
    } while ((x > 30 | x <= 0));
    *e = x;
}

```

```

do
{
gotoxy (9,6);
printf ("¿Cuántos sensores tienes instalados?");
printf ("\n\t\t(minímo 2 / máximo 8) ");
scanf ("%i", &y);
fflush (stdin);
} while ((y > 8 | y <= 1));
*s = y;
} /* Fin de la subrutina entrada_parametros */
/* End of subroutine entrada_parametros */

/*****
* Subrutina prendesensa *
* Esta subrutina apaga/prende los sensores a utilizar, según sea *
* el número de sensores utilizados en el experimento. *
*****/
/*
Subroutine prendesensa
This subroutine turn on/off the sensors, to set
the correct number to be used in the experiment.
*/

void prendesensa (byte y)
{
long int salidato;
int dir_dat=0x378;
outport (dir_dat,0);
salidato=pow(2,y)-1;
outport (dir_dat,salidato);
} /* Fin de la subrutina prendesensa */
/* End of subroutine prendesensa */

/*****
* Subrutina limpia_ff *
* Esta subrutina envía el pulso por el registro de control del *
* puerto LPT1, para limpiar (clear) todos los flip-flop's. *
*****/
/*
Subroutine limpia_ff
This subroutine sends the pulse through the
registration control of the port LPT1, to
clean (clear) all the flip-flop's.
*/

void limpia_ff (float k_t)
{
byte dat_contL = 0xE,
dat_contH = 0xF,
masc_cont = 0xB;

```

```

int dir_cont = 0x37A;
void retraso (float, float);

outport (dir_cont, (dat_contL ^ masc_cont));
retraso (10.0, k_t);
outport (dir_cont, (dat_contH ^ masc_cont));
retraso (1000.0, k_t);
outport (dir_cont, (dat_contL ^ masc_cont));
retraso (10.0, k_t);
} /* Fin de la subrutina limpia_ff */
/* End of subroutine limpia_ff */

/*****
* Subrutina sensa
* Esta subrutina determina el intervalo de tiempo que se obtiene
* entre el apagado de dos sensores contiguos. Verifica de forma
* automática si el sensor pertenece al nibble bajo o al alto.
*****/
/*
Subroutine sensa
This subroutine determines the interval
of time that is obtained between the two
contiguous sensors. Verifies in an automatic
way if the sensor belongs to a low nibble
or to a high one.
*/

void sensa (byte id, float k_t)
{
byte dato_cont1 = 0x7,
dato_cont0 = 0xB,
dato_ent,
masc = 0x10,
masc_cont = 0xB,
masc_stat = 0x80;
int dir_stat = 0x379,
dir_cont = 0x37A;
time_t tiempo1,
tiempo2;
double dif_tiempo,
lim_tiempo = 5.0;

/*****
* Cuenta el número de ciclos desde que inició el experimento, hasta
* que se detecta la señal del sensor, o hasta que transcurren 3
* segundos. Si sucede esto último, quiere decir que se perdió la
* medición.
*****/
/*
Counts the number of cycles since the
experiment begins the experiment, until
the sensor signal is detected, or until
3 seconds passed. If this last event happens,
means that the measure has been lost.
*/

```

```

if (id < 4)
{
  outport (dir_cont, (dato_cont0 ^ masc_cont));
  time (&tiempo1);
  do
  {
    cuenta++;
    dato_ent = (inport (dir_stat) ^ masc_stat) & (masc << id);
    time (&tiempo2);
    dif_tiempo = difftime (tiempo2, tiempo1);
  } while ((!dato_ent) && (dif_tiempo < lim_tiempo));
  if (dato_ent) {
    result= (float) cuenta*k_t ;
  } else
    result = 0.0;
  cuenta++;
} else
{
  outport (dir_cont, (dato_cont1 ^ masc_cont));
  time (&tiempo1);
  do
  {
    cuenta++;
    dato_ent = (inport (dir_stat) ^ masc_stat) & (masc << id - 4);
    time (&tiempo2);
    dif_tiempo = difftime (tiempo2, tiempo1);
  } while ((!dato_ent) && (dif_tiempo < lim_tiempo));
  if (dato_ent) {
    result = (float) cuenta*k_t;
  } else
    result = 0.0;
  cuenta++;
}
/* La siguiente instrucción sólo sirve para evitar el "warning"      */
/*The following instructions is used only to                          */
/*avoid the warning message when the program                          */
/*does the compilation*/
  dato_ent = (byte) dif_tiempo;
}
} /* Fin de la subrutina sensa */
/* End of subroutine sensa */

/*****
*   Subrutina despliega
*   Esta subrutina despliega en la pantalla del monitor todos los
*   valores de tiempo obtenidos, junto con la media y la desviación
*   estándar de cada conjunto de valores similares.
*****/
/*
Subroutine despliega
This subroutine shows on the screen all
the time values obtained, along with the
mean and the standard deviation of each
group of similar values.
*/

```

```

void despliega (byte p, byte sens)
{
    byte i,
        j;
    double aux,
        desv_std[7],
        exp,
        media[7],
        sumx[7],
        sumx2[7],
        x;
    char resp;

    clrscr ();
    exp = (float) p;
    printf ("\tLos resultados de las mediciones son los que se muestran");
    printf ("\n\n Experim  ");
    for (j = 1; j < sens; j++)
    {
        printf ("Sens_%i  ", j);
        sumx[j] = 0;
        sumx2[j] = 0;
    }
    for (i = 0; i < p; i++)
    {
        printf ("\n  %2i  ", i + 1);
        for (j = 1; j < sens; j++)
        {
            x = dat_t[i][j];
            printf (" %7.4lf  ", 2 * x);
            sumx[j] += x;
            sumx2[j] += x*x;
        }
        if (i == 18)
        {
            gotoxy (9,25);
            printf ("Oprima una tecla para continuar con el despliegue" );
            getch();
            clrscr ();
        }
    }
    printf ("\n\n Media");
    for (j = 1; j < sens; j++)
    {
        media[j] = sumx[j]/exp;
        printf (" %7.4lf  ", media[j]);
    }
    printf ("\n\nDesv_std");
    for (j = 1; j < sens; j++)
    {
        desv_std[j] = sqrt(sumx2[j]/exp - media[j]*media[j]);
        printf (" %7.4lf  ", desv_std[j]);
    }

    getch();

    printf ("\n\n\n\t Quiere enviar a archivo los resultados (s/n)?");
    resp = getch();
    resp |= ('a' - 'A');
}

```

```
fflush(stdin);

if (resp == 's')
{
FILE *file;
file = fopen("TEST.DAT", "wb+");
for (j = 1; j < sens; j++)
{
fprintf (file,"Sens_%i  ",j);
sumx[j] = 0;
sumx2[j] = 0;
}
for (i = 0; i < p; i++)
{
fprintf (file,"\n\n  %2i  ", i + 1);
for (j = 1; j < sens; j++)
{
x = dat_t[i][j];
fprintf (file," %7.4lf  ", 2 * x);
sumx[j] += x;
sumx2[j] += x*x;
}
}

fprintf (file,"\n\n Media");
for (j = 1; j < sens; j++)
{
media[j] = sumx[j]/exp;
fprintf (file," %7.4lf ", media[j]);
}
fprintf (file,"\n\nDesv_std");
for (j = 1; j < sens; j++)
{
desv_std[j] = sqrt(sumx2[j]/exp - media[j]*media[j]);
fprintf (file,"%7.4lf  ", desv_std[j]);
}
fclose(file);
printf ("\n\n\t Se termina el programa");
getche();
} else
printf ("\n\n\t Se termina el programa");
getche();
} /* Fin de la subrutina despliega */
/* End of subroutine despliega */
```

**Anexo 5**  
**LABFIS.C**

```

/*****
*   Archivo:   LabFis.C                               *
*   Autores:   Yukihiro Minami Koyama                 *
*              José Jinkichi Oshino Ortiz            *
*   Fecha:     07 de marzo de 2003                   *
*                                                     *
*   Este programa realiza la captura de datos del convertidor *
*   analógico digital (ADC 0809), por el puerto de estado y el puerto *
*   control del puerto paralelo LPT1, el valor que convierte son los *
*   voltajes para calcular corrientes y resistencias, teniendo como *
*   dato de entrada el voltaje.                       *
*****/
/*
File:   LabFis.C
Authors: Yukihiro Minami Koyama
         José Jinkichi Oshino Ortiz
Date:   March 07 2003
This program populates the data of the analogic
digital converter (ADC 0809), for the state port
and the parallel control port LPT1, the value that
converts is the voltages to calculate currents and
resistances, having as input data the voltage.
*/

#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>

main()
{
unsigned char eoc,
             sc,
             add0 = 0x0,
             add1 = 0x1,
             maskstat=0x80,
             datastat,
             datain,
             datainm,
             datainl,
             datainstt,
             ddata,
             clear = 0x40,
             resp;

int dataport=0x378,
   statport=0x379;

double voltin1,
       voltin2,

```

```

    vf,
    iin;
        /* Todo esto es para calcular resistencia
        equivalente, pero no es necesario mostrarlo.*/
/* This process is to calculate the equivalent
resistance, but it is not necessary to show it.*/
float V1, /* igualarla a voltin1,voltin2,voltin3 */
V2, /* set equal to voltin1,voltin2,voltin3 */
Req,
R1 = 46.9E3, /* Estas R1, R2 y R3 dependen */
R2 = 9.77E3, /* de los valores reales de */
RC = 99.6, /* las Rs del circuito. */
R, /* These R1, R2 and R3 depend */
/* on the actual values of the*/
/* resistances of the circuit.*/

    datavolt,
    datacorr;

FILE *file=fopen("test.jii","w");

clrscr ();
printf ("\n\n\n\t Este programa detecta la diferencia de potencial");
printf ("\n\t (Verifique su conexión, si no esta seguro, interrumpa");
printf ("\n\t el programa y solicite ayuda)");
printf ("\n\n\n\t\t Presione cualquier tecla para continuar");
getch();
clrscr ();
outport (dataport,clear); /*para asegurarme de que no esta prendido */
/* to make sure that not this operating */

    do
    {
        do
        {

/******
* Etapa de los sensores *
*****/
/* Sensors stage* /
/* Para el sensor 01 (voltaje) */
/* For the sensor 01 (voltage) */
        ddata = (clear | add0);

/******
* Habilito las direcciones para elegir las entradas ABC *
*****/
/* Enable address for choosing inputs ABC */
        outport (dataport,ddata);

/******
* Habilitar/Desabilitar el SC ó ALE para iniciar la conversión *
*****/
/* Enable/disable SC or ALE to star with the conversion */
        outport (dataport,ddata | 0x8);
        outport (dataport,ddata & 0xF7);
        ; /* para hacer un retardo */
        /* to make a pause */

```

```

/*****
 * Verifico el EOC
 *****/
/* Check EOC */
    do
    {
        datastat = (inport (statport) ^ maskstat) & 0x8;
    }
    while (datastat == 0);

/*****
 * Para habilitar el OE
 *****/
/* to enable the OE */
    ddata |= 0x10;

/*****
 * Aquí tomamos los datos del ADC, habilitando primero los cuatros
 * bits mas significativos y después los otros cuatros LSB, y al
 * final las juntamos para luego obtener nuestra palabra.
 *****/
/* Here we take the data of the ADC, enabling the
   First four bits MSB (more significant bits) and
   later the other four LSB (less significant bits)
   and at the end we join them stops then to obtain
   our word. */

    outport (dataport, ddata);
    datainm = (inport (statport) ^ maskstat) & 0xF0;
    outport (dataport, ddata ^ 0x60);
    datainstt = (inport (statport) ^ maskstat);
    datainl = datainstt >> 4;
    datain = (datainm | datainl);

/*****
 * Cálculo de la conversión (valor tomado del manual del ADC 0809)
 *****/
/* Calculation of the conversion
   (value taken from ADC 0809 handbook*/
    voltinl = (double) (datain * 0x05) / 0xFF;

/*****
 * Presentación de resultados
 *****/
/*presentation of the outcome*/
    outport (dataport, ddata ^ 0x10);

/*****
 * Para los dos casos siguientes de los sensores es el mismo, por lo
 * cual evito la repetición de comentarios
 *****/
/* For the next two cases of the sensors,
   it is same than for sensor 01, because
   of that, no comments are added to avoid
   repetition */
/* Para el sensor 02 (voltaje/corriente) */
    ddata = (clear | add1);

```

```

output (dataport, ddata);
output (dataport, ddata | 0x8);
output (dataport, ddata & 0xF7);
do
{
    datastat = (inport (statport) ^ maskstat) & 0x8;
}
while (datastat == 0);
ddata |= 0x10;
output (dataport, ddata);
    datainm = (inport (statport) ^ maskstat) & 0xF0;
output (dataport, ddata ^ 0x60);
    datainstt = (inport (statport) ^ maskstat);
    datainl = datainstt >> 4;
    datain = (datainm | datainl);
    voltin2 = (double) (datain * 0x05) / 0xFF;
output (dataport, ddata ^ 0x10);

/*****
* Cálculo de la resistencia equivalente y calculo de la corriente *
* de la misma resistencia e impresión de los resultados. *
*****/
gotoxy(9,10);
/* Se hacen los cambios para medir en forma
indirecta la corriente con los datos que ya
tenemos de los voltajes, y con la resistencia
equivalente */
/*Changes are made to measure in
indirect form the power with the
voltages data that we already have,
and with the equivalent resistance */
    Req = ((voltin2*((R1+R2)/R2))-voltin1)/(voltin1/RC);
    iin = voltin1 / RC;
    vf = voltin2 / (R2/(R1+R2));
    printf ("\n\tEl valor de I es %6.4lf [A]", iin);
    printf ("\n\tEl valor de V es %5.1lf [V]", vf);
    printf ("\n\n\n\n\n\t G para guardar los datos y salir");
        } while (!kbhit());
resp = getch ();
resp |= ('a' - 'A');
fflush (stdin);
} while (resp != 'g');
printf ("\n\n\n\tHa finalizado el programa");

if (resp == 'g') fprintf(file, "V es %lf [V] \nI es %lf [A]", vf, iin);
else fprintf(file, "-----\t-----");
getch();
fflush(stdin);
fclose(file);
} /* Fin del programa
*/
/*End of program*/

```