

Diseño de un microdigitalizador para ingreso de planos simples al computador

Millaray Curilen Saldías
Pedro Muñoz Ulloa

Resumen

El desarrollo computacional en estas dos últimas décadas, no sólo se ha encaminado hacia el mejoramiento de los computadores y de los programas que trabajan con ellos, sino al espectacular desarrollo de los periféricos que permiten a los usuarios comunicarse en forma más eficiente y cómoda con los computadores, facilitando tanto el ingreso de los datos como la obtención de la información. En el presente trabajo se da a conocer el diseño e implementación de un equipo digitalizador cuyo objetivo específico es facilitar el ingreso de planos y esquemas simples al computador. Para lograr esto, el equipo posee dos modalidades de trabajo: la primera, denominada *lectura*, permite leer la información de un plano y transmitirla junto con sus coordenadas al computador. Mediante la segunda modalidad, denominada *Diseño*, el usuario puede incorporar al computador líneas que no existen en el plano original, tal como lo haría un mouse.

El primer prototipo del equipo se implementó con baja escala de integra-

ción (TTL). La lectura se realiza mediante un sistema basado en fibra óptica, aprovechando las características de la información que existe en el tipo de planos que se pretende digitalizar.

Por el hecho de poseer el mismo conector y el mismo protocolo de un mouse, el equipo se puede conectar a cualquier computador personal y trabajar con programas de diseño desde el PaintBrush de Windows hasta el sofisticado AUTOCAD.

Introducción

En este rápido crecimiento tecnológico, las tareas en las que el computador se convierte en una herramienta imprescindible son cada vez más variadas y complejas (1). Sin embargo, en algunas actividades, el ingreso de los datos al computador es un obstáculo en el uso de esta herramienta. La información se encuentra físicamente en formatos incompatibles con los computadores y convertirla a digital puede transformarse en una tarea muy larga y tediosa (2).

Dentro de las aplicaciones que requieren facilitar el ingreso de información

al computador, se encuentran todas las que necesitan digitalizar imágenes o gráficos.

Existen muchos dispositivos capaces de realizar esta tarea, entre ellos los scanners, las mesas digitalizadoras, cámaras de vídeo, etc. Sin embargo, algunas actividades manejan planos simples, donde los gráficos o esquemas son muy elementales en lo que se refiere a sus trazos, que son monocromáticos, sus líneas son simples, poco densas y sus dimensiones relativamente grandes. Ninguno de los equipos antes mencionados se justifica para este tipo de planos, teniendo en cuenta la relación costo-beneficio que su adquisición implica.

El objetivo de este artículo es presentar un aparato denominado **micro di-**

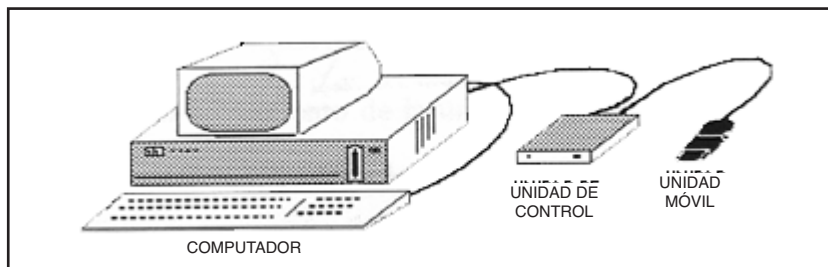


Figura 1
Conexión del microdigitalizador al computador

gitalizador, que permite incorporar planos simples al computador y que es muy sencillo de manipular. Para facilitar la comunicación de este equipo con el computador (8) y en particular con las aplicaciones, se utilizó el protocolo de comunicación de los mouse. Esto hace que cualquier aplicación de diseño que posea la opción de trabajo con mouse y la opción de trazado de puntos, puede utilizar este equipo.

Este trabajo es una etapa del proyecto de diseño final. En ella se probará

el funcionamiento del sistema de lectura y del sistema de desplazamiento, los cuales permiten tanto la detección de un punto en la hoja, como la determinación de su posición relativa a un punto tomado como referencia. El presente equipo se irá mejorando, teniendo en cuenta los desperfectos o carencias que pueda presentar su prototipo, así como los avances tecnológicos que van mostrando una vía de desarrollo para este tipo de instrumentos.

Presentación del equipo

El equipo, denominado **microdigitalizador**, es capaz de leer punto a punto la información gráfica de un plano y transmitirla al computador. Para esto está conformado por dos unidades con funciones muy específicas: una móvil, fácilmente maniobrable y capaz de recorrer todo el espacio por ingresar al computador (12x12 pulgadas). Como esta unidad móvil debe ser pequeña, y dado que en una primera versión el equipo se realizó con tecnología de baja escala de integración, existe una unidad fija que contiene todos los circuitos de control y comunicación con el computador. Esta se denomina **unidad de control**.

La **unidad móvil** es la encargada de generar dos informaciones básicas para todo el sistema: la existencia de un punto en el plano y su posicionado o coordenada. Estas informaciones son generadas por un sistema de sensores y transmitidas a la unidad de control que las procesa. Además posee pantallas para mantener informado al usuario, tanto de las coordenadas como de los procesos que ocurren en cada instante. Por último, un conjunto de teclas permite al usuario seleccionar diferentes modos de trabajo y comandos.

La **unidad de control** es la encargada

del procesamiento de toda la información proporcionada por la unidad móvil y garantiza la comunicación con el computador. Esta unidad es la que mantiene actualizados los indicadores y la pantalla de coordenadas de la unidad móvil, además de establecer los comandos seleccionados por el usuario a través del conjunto de teclas.

Procedimiento de uso

El plano por digitalizar debe quedar inmóvil en una mesa horizontal.

Lo primero que debe realizar un usuario es establecer el punto de referencia de las coordenadas en el plano. Para esto ha de escoger un punto en cualquier lugar, posicionar la unidad móvil y, mediante la tecla correspondiente, poner en cero las coordenadas. Luego, al recorrer con la unidad móvil las líneas existentes en el plano, éstas son incorporadas a la aplicación computacional que se esté usando. El usuario puede elegir las líneas por ingresar, ya que si no le interesa una parte del dibujo, puede inhibir su lectura, dejando de presionar el botón de validación de lectura. Si desea añadir líneas que no existen en el dibujo original, puede incorporarlas al dibujo utilizando las

teclas de mouse de la unidad móvil.

La unidad móvil debe deslizarse sobre la hoja para cuantificar los movimientos y generar las coordenadas. Cuando el usuario, por alguna razón, levanta la unidad móvil, pierde la referencia de las coordenadas ya que la unidad no detecta los desplazamientos al no estar apoyada en la hoja. La unidad móvil posee un sensor de presión. Si hay levantamiento, el sensor detecta la falta de presión y almacena en la memoria auxiliar la coordenada del último punto detectado; el equipo ingresa en el modo de búsqueda.

Para que se mantenga la coherencia de las coordenadas, es fundamental que el usuario retome el trabajo exactamente donde lo detuvo. Para esto y estando en modo de búsqueda, el usuario debe volver al punto de referencia, hacer cero las coordenadas y buscar el punto donde se produjo el levantamiento, desplazando la unidad móvil hacia él. Con la ayuda de dos leds (X e Y), el usuario puede encontrar las coordenadas x e y respectivamente y así retomar el trabajo desde el mismo lugar donde lo había dejado, con lo que asegura la coherencia espacial del plano.

Implementación de la unidad móvil

1. Sistema óptico de lectura

Está constituido por un sensor luminoso, que se conecta a la superficie del papel a través de una fibra óptica (3), (4).

El terminal que se conecta a la superficie de papel está compuesto por un LED con una capacidad de emisión media, el cual entrega una luz roja sobre el papel. El elemento luminoso se

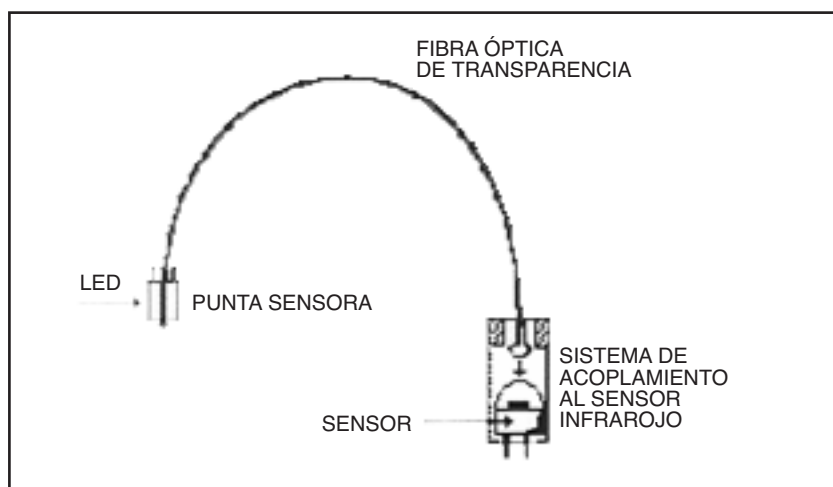


Figura 2
Detalle del acoplamiento de la fibra óptica

perforó para permitir una penetración de la fibra óptica a través de él. Una vez penetrada la fibra óptica en el LED se procedió a calentar la punta del extremo saliente, formando una superficie curva semejante a una pequeña lente. Pruebas experimentales permitieron demostrar que de esta manera se logra que la luz emergente del LED penetre por la superficie curva de la fibra óptica y se concentre en un fino rayo de luz roja que sale del extre-

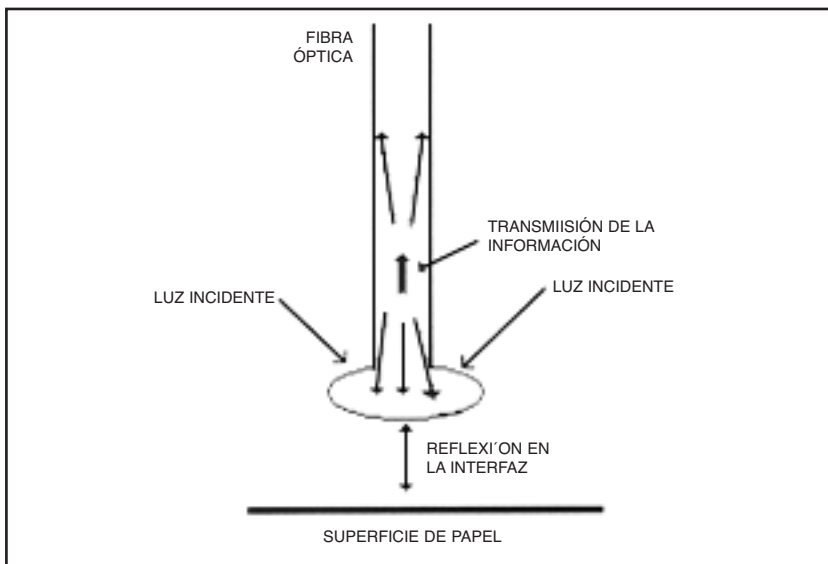


Figura 3
Principio de funcionamiento de la fibra óptica

mo de la misma (ver figura 3). Este rayo de luz es reflejado por la superficie del papel e ingresa por el mismo extremo desde donde salió, pero ya contiene toda la información referente al punto en observación.

Esta geometría del terminal de la fibra permitió reducir a niveles aceptables el ruido producido por la iluminación circundante. Este factor mereció otro estudio relativo a la luminosidad aplicada, tanto su intensidad como su espectro, el cual concluyó que si a la fi-

bra óptica con curvatura se le añade una gran cantidad de energía luminosa por la prominencia, se logra producir un comportamiento estable del sistema, graficado por un fijo rayo de luz emergente de la superficie del terminal y que, al llegar a la superficie de papel, permite obtener por reflexión un alto nivel de contraste. Si a esto se añade el factor color de la fuente luminosa, se puede incrementar aún más los niveles de contraste obtenidos. Se eligió el color rojo debido al buen contraste que tiene la luz roja sobre tintes azules o negros que presentan una gran absorción de este color (6) y que son los más utilizados en el tipo de planos con los que se pretende trabajar.

Si bien es cierto que el sistema no detecta puntos de información de color rojo o anaranjado, los puntos de color gris o negro son claramente detectados; aun más, el sistema puede detectar una línea tenue de color gris, hecha por un material de alta reflexión como el grafito.

Otro aspecto por considerar es la relativa independencia en la manipulación de la unidad móvil. Al levantarla a pequeñas alturas, se aumenta la cantidad de energía luminosa que llega al terminal de la fibra óptica, logrando así un nivel de luz superior que no activa la detección de niveles de oscuridad provenientes de un punto gris o negro. Esto ocurriría en un sistema de reflexión cerrado donde un levantamiento del equipo sería traducido como una menor cantidad de energía luminosa recibida y por tanto el equipo podría considerar erróneamente un punto gris o negro (7).

2. Sistema de posicionamiento

Está constituido por una bola de goma que sobresale de la parte inferior del

equipo móvil y que se desliza sobre la superficie de papel, tal como lo hace el sistema de desplazamiento de un mouse. La bola de goma transmite los desplazamientos a dos ejes mecánicos perpendiculares entre sí. Cada uno de estos ejes lleva en su extremo una rueda dentada que establece la precisión

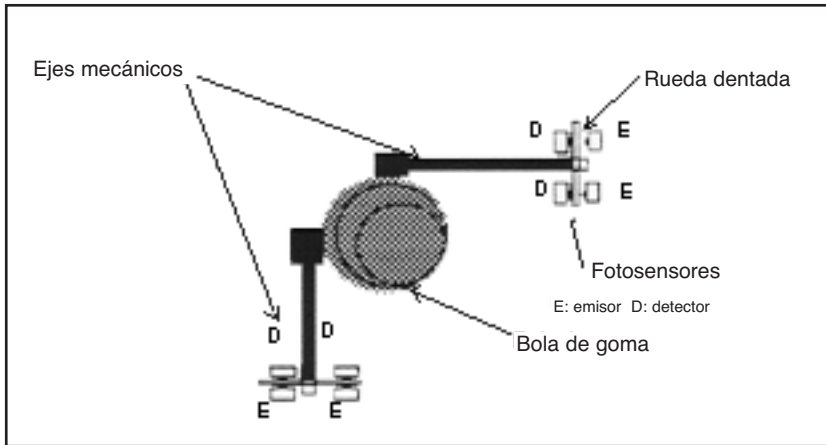


Figura 4
Sistema mecánico de posicionamiento

de conteo y posicionamiento del aparato. Esto se debe a que cada rueda dentada posee un par de sensores ópticos que cuentan la cantidad de dientes que pasan por delante de él, registrando los desplazamientos que efectúa el equipo móvil.

Al interrumpir el enlace óptico de los sensores, la rueda dentada genera una secuencia binaria que puede ser expresada como avance o retroceso. Como los ejes son perpendiculares, el mecanismo permite registrar el movimiento de la unidad en cualquier dirección.

3. Pantalla de estado, de coordenadas y teclado

La información visual que entrega la unidad móvil está separada en dos pantallas:

- a) Pantalla de estado. Está formada por seis leds indicadores. Un led

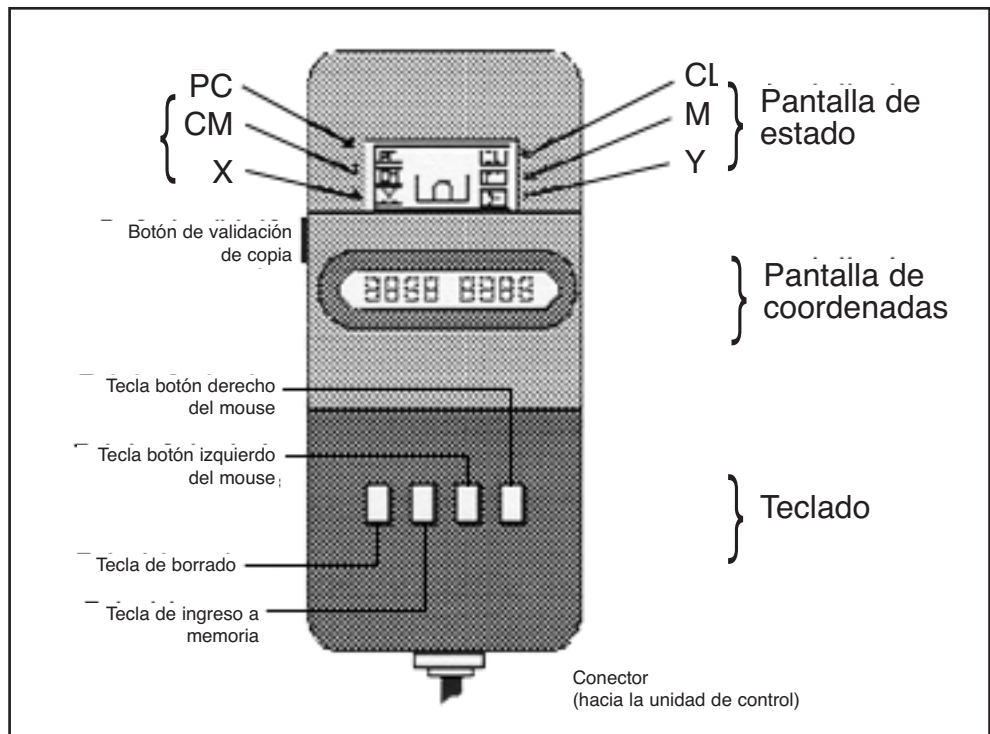


Figura 5
La unidad móvil, sus teclas y pantallas

denominado PC (Point Copy) indica la detección de un punto en la hoja; el led CL (Clean) señala la puesta a cero de las coordenadas para indicar el punto de referencia o CM (Copy Memory) indica el ingreso permanente de datos memoria en modo de trabajo normal, de manera que al producirse el levantamiento de la unidad la última coordenada quedó en la memoria auxiliar. Los leds X e Y se encien-

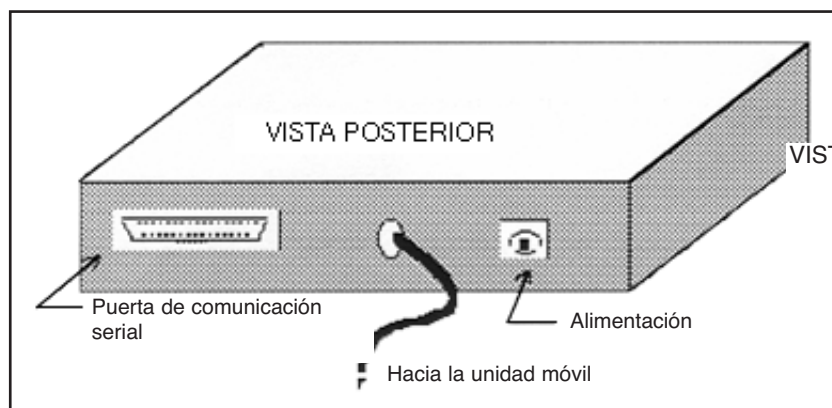


Figura 6
Unidad de control y sus conexiones

den cuando las coordenadas X o Y actuales corresponden con las almacenadas en memoria en el modo de búsqueda. El led M (Memory) indica que se está en modo de búsqueda. La utilización adecuada de estos indicadores facilita enormemente el rastreo de las coordenadas del último punto ingresado antes de una pausa.

- b) Pantalla de coordenadas. Está compuesta por un display de 7 segmentos monolíticos, de 8 dígitos que, en grupos de 4, muestran las coordenadas X, Y de la unidad móvil.
- c) Teclas de función. Son cinco teclas

de goma cuyos estados son transmitidos hacia la unidad de control. Dos teclas hacen las funciones de teclas izquierda y derecha del mouse. Una tecla permite ingresar los datos de las coordenadas a memoria en modo de búsqueda (enciende led M). Una tecla permite poner en cero las coordenadas (se enciende el led CL) para establecer el punto de referencia del esquema. El botón de confirmación de copia permite validar la lectura del dato que se está leyendo en la hoja, o sea, validar su transmisión hacia el PC.

La comunicación con la unidad de control se efectúa mediante un cable ductores, calibre 25 AWG. Por este cable viajan las señales de estado de las teclas de control, señales del sensor óptico, señales de desplazamiento, estado de los leds de la pantalla, coordenadas y señales de alimentación.

Implementación de la unidad de control

Está compuesta por 8 bloques agrupados en tres tarjetas, dentro de una caja de material plástico, en la parte posterior de la cual se encuentra el cable de comunicación con el computador, el conector de la unidad móvil y el conector de alimentación (5), (9), (10), (11).

Bloque conformador de secuencia

Es el que recibe las señales de los sensores de desplazamiento de la unidad móvil, las procesa filtrando el ruido de los sensores y obtiene los niveles digitales de operación adecuados. Está compuesto por comparadores que permiten obtener las señales de avance y

retroceso utilizadas por el bloque de contadores. La precisión es de una centésima de pulgada.

Bloque de contadores

Recibe las señales de avance o retroceso provenientes del bloque anterior y genera así la información de las coordenadas. Está compuesto por 2 cascadas de 4 contadores decimales cada una, pudiendo alcanzar el valor de 99,99 pulgadas (en la práctica, el área efectiva de trabajo se reduce a 50x50 pulgadas). A este bloque llega la señal de borrado de los contadores, activada por la pulsación de la tecla CL en la unidad móvil.

Bloque multiplexor

Su función es transmitir la información de las coordenadas a la unidad móvil. Para esto utiliza una multiplexación en tiempo que permite transmitir secuencialmente cada dígito de las coordenadas. El direccionamiento de cada dígito se realiza también secuencialmente en el bloque siguiente.

Bloque reloj y direccionamiento

Este bloque garantiza el sincronismo en la comunicación entre unidad móvil y de control. El reloj está construido con un circuito NE 555. Su período es de $21 \mu s$ y por tanto la frecuencia de las operaciones es de 48 KHz. Otra de sus funciones es generar cíclicamente la dirección de cada dígito de las coordenadas y de esta forma establecer el orden en que la información es transmitida desde la unidad de control hacia la unidad móvil.

Bloque de comparación

Su objetivo es comparar la información

almacenada en memoria con la información generada por el bloque contador. Esto se utiliza en el modo de búsqueda de la última coordenada antes de producirse una pausa. La comparación se realiza dígito a dígito en forma secuencial aprovechando las direcciones generadas en el bloque anterior. Este bloque activa los indicadores X e Y cuando se encuentra el punto buscado.

Bloque demultiplexor de comandos

Esta unidad tiene como misión recibir la información del teclado y transmitir la información de los comandos correspondientes hacia la unidad móvil y el computador.

Bloque conformador de funciones seriales

Es el que recoge la información de desplazamiento proveniente de la unidad de contadores y la que proviene de las teclas de comando. Adapta esta información para ser usada en la unidad de transmisión serial.

Bloque de transmisión serial

Su función es recibir la información del bloque anterior y transmitirla hacia el computador. Está compuesto por una pastilla E-CMOS 95601 que contiene el protocolo de comunicación serial con el computador. Dado que el circuito es muy sensible al ruido y la electricidad estática, fue necesario aislarlo del resto de las unidades mediante optoacopladores.

Conclusiones

Una de las grandes ventajas de este sistema es su bajo costo de implemen-

tación; sin embargo, presenta dos inconvenientes:

Una gran dependencia de la exactitud del posicionamiento con la calidad de fabricación del sistema mecánico. Se pudo establecer como máxima precisión la de una centésima de pulgada (es necesario destacar que las mesas digitalizadoras como la New Sketch 1812/1812D ofrecen la misma precisión (19)). Sin embargo, el mecanismo posee limitantes en cuanto a la exactitud de los desplazamientos, ya que todo el sistema está basado en el roce de la esfera de goma con el papel por un lado y con los ejes ortogonales por otro. En la práctica se comprobó que si la esfera de goma resbala por el papel, los sensores no detectan el desplazamiento y se produce un leve error en las coordenadas. Este fenómeno no es relevante cuando se ingresan planos grandes al computador; sin embargo, es notable en pequeños desplazamientos.

En los niveles de penumbra luminosa, es decir de una luminosidad intermedia, los sensores se comportaron como verdaderos amplificadores del ruido luminoso, lo que involucró incrementar el nivel de complejidad del aparato y, por ende, su tamaño.

El primer prototipo de este equipo ya fue implementado y es utilizado en forma experimental en una oficina de construcción civil, donde se ha comprobado que satisface los objetivos para los que fue diseñado.

Actualmente se estudia la factibilidad de poner en marcha un segundo diseño, más compacto, que emplee una alta escala de integración y mejore la exactitud del desplazamiento.

Bibliografía

1. Brighman, R.W. *Using Computer in an Information Age*. Copyright 1986 by Delmar Publishers Inc. (Capítulo 6, páginas 148-169).
2. Drafting Equipment. *Design Office Update*, página 2, agosto 1987.
3. Aner Borgeaud Padilla/Rodolfo Figueroa Saavedra/Pedro Muñoz Ulloa, *Evaluación Cuantitativa de Deformaciones Estructurales por Interferometría Holográfica de Speckles* (Etapas 1 y 2, de la primera fase), 1989.
4. Asticio Vargas/Rodolfo Figueroa/ Pedro Muñoz Ulloa, *Distribuciones del Índice de Refracción en Medios Transparentes mediante Interferometría Holográfica*. Laboratorio de Óptica, Depto. Cs. Físicas.
5. Couhling, R.F. & Driscoll F.F. *Circuitos Integrados Lineales y Amplificadores Operacionales*. Prentice Hall Inc. 1987 (Capítulo 4).
6. Halliday D. & Resnick R. *Física, parte II*, Trans Editions, Inc., 1982 (Capítulo 43, página 409).
7. Daish & Fender. *Física Experimental*. UTEHA, 1964 (Capítulo 3, páginas 129-185. Experimentos sobre luz).
8. Peatman J.B. *Micro Computer – Based Design*. Capítulo 5, páginas 234-238.
9. Texas Instruments Inc. *Manual TTL*, Circuitos integrados.
10. KEY SYSTEM CORP, *Manual de equipos GENIUS*. 1994.
11. Markus J. *Electronic Circuit Manual*. McGraw-Hill, 1971.