

Índice

<u>Índice</u>	9
<u>Presentación</u>	15
<u>Referencias y nomenclatura</u>	17
<u>Aplicación multimedia</u>	23
<u>Contenidos del CD-ROM</u>	25
<u>Capítulo 1: Metodología de trabajo: Equipamiento y normativa</u>	31
1.1 Metodología de trabajo	31
1.2 Normas de seguridad eléctrica	32
1.3 Descripción y manejo del instrumental básico del laboratorio	34
1.3.1 Entrenador de uso general	35
1.3.2 Multímetro digital	36
1.3.3 Sonda lógica	37
1.3.4 Sistema de desarrollo con dispositivos lógicos programables	39
1.3.5 Fuente de alimentación	41
1.3.6 Generador de funciones	42
1.3.7 Osciloscopio digital	44

<u>Capítulo 2: Metodología de trabajo: Simulación</u>	49
2.1 Introducción a la simulación	49
2.2 Utilización de subcircuitos	51
2.3 Simuladores	55
2.4 Herramientas y uso básico	57
2.4.1 Capturador de esquemáticos	57
2.4.2 Generador de señales y patrones	57
2.4.3 Modelado de componentes	60
2.4.4 Tipos de análisis	60
2.4.5 Postprocesador gráfico	63
2.5 Lenguajes de descripción de hardware	64
 <u>Capítulo 3: Puertas lógicas básicas</u>	 65
3.1 Funciones lógicas	67
3.2 Teoremas del álgebra de Boole	68
3.3 Entradas TTL no conectadas	69
TABLA DE RESULTADOS	71
TABLA DE COMENTARIOS	73
 <u>Capítulo 4: Decodificadores. Aplicaciones</u>	 75
4.1 Estructura interna del decodificador	77
4.2 Implementación de funciones lógicas	77
4.3 Asociación de decodificadores	78
4.4 Empleo del decodificador como demultiplexor	79
TABLA DE RESULTADOS	81
TABLA DE COMENTARIOS	83

<u>Capítulo 5: Codificadores. Convertidores de código</u>	85
5.1 Estructura interna del codificador sin prioridad.....	87
5.2 Codificadores con prioridad.....	87
5.3 Convertidor BCD a siete segmentos	88
TABLA DE RESULTADOS	91
TABLA DE COMENTARIOS	93
<u>Capítulo 6: Sumadores y restadores</u>	95
6.1 Estructura interna del sumador total. Asociación serie	97
6.2 Estructura interna del sumador con acarreo anticipado ..	98
6.3 Asociación de sumadores con acarreo anticipado.....	99
6.4 Sumador / Restador	99
TABLA DE RESULTADOS	101
TABLA DE COMENTARIOS	103
<u>Capítulo 7: Unidad aritmético-lógica</u>	105
7.1 Estructura interna de una unidad aritmético-lógica.....	107
7.2 Empleo de la unidad aritmético-lógica 74181	107
7.3 Asociación de unidades aritmético-lógicas	108
TABLA DE RESULTADOS	109
TABLA DE COMENTARIOS	111
<u>Capítulo 8: Sistemas secuenciales. Biestables</u>	113
8.1 Estructura de un biestable RS-NAND con sincronismo por nivel	115
8.2 Biestables con sincronismo por flanco	116

8.3 Diseño de sistemas secuenciales	117
TABLA DE RESULTADOS	119
TABLA DE COMENTARIOS	121
<u>Capítulo 9: Sistemas secuenciales. Contadores</u>	
<u>y registros</u>	123
9.1 Contadores síncronos	125
9.2 Asociación de contadores	126
9.3 Registros de desplazamiento	126
TABLA DE RESULTADOS	129
TABLA DE COMENTARIOS	131
<u>Capítulo 10: Empleo de memorias para la implementación</u>	
<u>de circuitos combinacionales</u>	133
10.1 Descripción del sistema. Mapa de memoria	135
10.2 Creación y verificación del fichero binario	136
10.3 Grabación de la memoria EPROM. Montaje.....	138
TABLA DE RESULTADOS	141
TABLA DE COMENTARIOS	143
<u>Capítulo 11: Empleo de PLD's (PAL) para la implementación</u>	
<u>de circuitos secuenciales</u>	145
11.1 Descripción del sistema. Diagrama lógico	147
11.2 Utilización del programa PALASM	148
11.2.1 Instalación y configuración.....	150
11.2.2 Fichero de diseño	151
11.3 Ecuaciones lógicas	152

11.4 Ensamblado y simulación.....	154
11.5 Grabación del mapa de fusibles. Montaje.....	157
TABLA DE RESULTADOS.....	159
TABLA DE COMENTARIOS.....	161
<u>Capítulo 12: Referencias bibliográficas</u>	163
12.1 Bibliografía básica.....	163
12.2 Bibliografía complementaria.....	163

1. Metodología de trabajo: Equipamiento y normativa

1.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

El estudio de asignaturas con una elevada carga práctica, como es el caso de la Electrónica Digital, supone generalmente un gran esfuerzo para el alumnado de la enseñanza presencial y mayor aún en la enseñanza a distancia, y por lo tanto, en la UNED. El diseño de las prácticas que se recogen en este texto, junto con el material de apoyo multimedia que le acompaña, ha sido pensado y desarrollado específicamente con el fin de facilitar al máximo su preparación y obtener un alto rendimiento de las horas presenciales en el laboratorio.

El alumno deberá preparar, conforme va realizando el estudio de la asignatura, la parte teórica y de simulación de la práctica correspondiente, lo que le servirá de apoyo para la comprensión de la materia. En concreto, se recomienda al alumno realizar los siguientes pasos para la preparación de las prácticas de laboratorio:

- Leer, detenidamente, el guión completo de cada práctica y repasar, en caso necesario, los conceptos teóricos que vaya a necesitar para la resolución de la misma.
- Realizar los apartados teóricos y anotar los resultados obtenidos en las casillas correspondientes de la Tabla de Resultados y/o en la Tabla de Comentarios, según se indique en el enunciado.
- Consultar las hojas de características de los circuitos integrados y de los componentes que se vayan a emplear en el desarrollo de la práctica, y que se encuentran a su disposición en el CD-ROM que acompaña al texto. En general, para realizar el montaje sólo será necesario consultar la distribución del patillaje de los circuitos integrados, pero es muy recomendable detenerse también en el estudio de las características eléctricas y temporales de los mismos, lo que permitirá al alumno ampliar sus conocimientos y comprender las posibles causas por las que el sistema diseñado no se comporta de acuerdo al estudio teórico.

- Simular con la ayuda del programa MicroCap, o cualquier otro programa de simulación que el alumno prefiera, los apartados que se indican en cada práctica, realizando para ello los análisis que sean necesarios en cada caso: dinámico en continua para obtener inmediatamente el valor de las señales de salida al modificar alguna de las entradas del sistema, temporal para realizar los cronogramas del sistema y obtener los tiempos de retardo de las funciones de salida, punto de trabajo, frecuencia, función de transferencia, etc.
- Anotar en la Tabla de Resultados y/o en la de Comentarios los valores que se soliciten en el guión de la práctica y compararlos, cuando sea posible, con los obtenidos teóricamente. El alumno debe ser capaz de entender a qué son debidas las diferencias encontradas entre ambos métodos (si las hubiera).
- Realizar el estudio de la parte práctica (tanto el proceso de montaje como las medidas y comprobaciones que se deberán realizar en el laboratorio) utilizando el material multimedia y las hojas de características de los integrados empleados que, como ya se ha indicado, se encuentran disponibles en el CD-ROM que acompaña a este texto.
- Asistir al laboratorio para realizar, con la ayuda de los circuitos integrados, componentes, equipos e instrumental necesario, los montajes, las medidas y comprobaciones del correcto funcionamiento del sistema que se solicitan en cada apartado.
- Anotar los valores obtenidos en la Tabla de Resultados y/o en la de Comentarios y compararlos, siempre que sea posible, con los obtenidos teóricamente y mediante el programa de simulación. El alumno debe ser capaz de entender y justificar a qué son debidas las diferencias encontradas entre los diferentes métodos (si las hubiera).
- Por último, deberá indicar en la Tabla de Comentarios Generales las incidencias encontradas en la realización de cada uno de los apartados.

1.2 NORMAS DE SEGURIDAD ELÉCTRICA

Las prácticas que se describen en los siguientes capítulos de este texto han sido diseñadas para que no sea necesaria la utilización de tensiones que puedan resultar peligrosas para el alumno. No

obstante, se van a describir a continuación una serie de pautas que el alumno debe conocer y cumplir mientras permanezca en el laboratorio, con el fin de evitar daños personales (a él o a otros compañeros), de conservar en buen estado tanto los instrumentos como los equipos y las instalaciones, así como retrasar, en la medida de lo posible, el deterioro de los conductores, circuitos integrados y componentes empleados para la realización de los montajes.

- En primer lugar, se conectarán a la red alterna de alimentación todos los equipos que se necesiten durante el desarrollo de la práctica, teniendo la precaución de comprobar previamente que el interruptor de encendido/apagado del equipo se encuentra en la posición de apagado. Este es el único momento en el que la tensión que se maneja es superior a 20 V (tensión potencialmente peligrosa para el ser humano), pero no entraña mayor riesgo que el que se corre al conectar o desconectar de la red cualquier electrodoméstico.
- Una vez conectados los equipos a la red, no deberán ser desconectados hasta que termine la sesión; para el encendido y apagado temporal de los equipos se hará uso únicamente del interruptor de cada uno de ellos.
- El montaje de los componentes sobre la placa de pruebas y las interconexiones entre ellos, con las fuentes de alimentación y con los generadores de señal se hará siempre con los interruptores de los equipos en la posición de apagado, no ya por evitar sufrir una descarga (como ya se ha indicado se manejan tensiones inferiores a 20 V), sino para evitar que los componentes sufran, con esta manipulación, sobretensiones en sus terminales que los podrían deteriorar.
- Se debe prestar especial atención a la hora de identificar los terminales de diferentes circuitos integrados y componentes que forman parte del sistema para conectarlos en la posición adecuada. Para ello se consultarán las hojas de características que suministra el fabricante del componente y que están disponibles en el CD-ROM que acompaña a este texto.
- Aunque para el desarrollo de estas prácticas no será necesario el uso de condensadores, siempre es importante, sobre todo en el caso de los condensadores electrolíticos, identificar y conectar adecuadamente sus terminales ya que, si se insertaran en el circuito con la polaridad contraria, podrían explotar (o, al menos, derramar el ácido de su interior).

- Es necesario asegurar que las conexiones que se realicen, tanto con los equipos como entre los componentes son firmes, para evitar que en la realización de las medidas puedan soltarse y producir un cortocircuito mientras el montaje está bajo tensión.
- Si para el desarrollo de la práctica fuera necesario utilizar varios equipos simultáneamente (generadores de señales, osciloscopio, fuentes de alimentación, etc.) que se alimentan de la red de alterna, antes de su conexión al circuito será necesario comprobar si tienen sus terminales de referencia cortocircuitados a través de la red de alterna (normalmente a través de la toma de tierra de los equipos) y, en caso necesario, romper esta unión alimentando estos equipos a través de los transformadores de aislamiento que hay disponibles en el laboratorio.
- Una solución sencilla, que puede ser utilizada en caso que el lector quiera realizar estos montajes y no cuente con un transformador de aislamiento, consiste en emplear un derivador con varias tomas de tensión ("*ladrón*") que carezca del terminal de tierra. De esta manera se evita el cierre del circuito a través de la toma de tierra, aunque esta solución, con algunos equipos, puede no ser satisfactoria.
- Una vez terminado y verificado el montaje del circuito se procederá a poner en posición de encendido los equipos que sean necesarios para el desarrollo de la práctica y se realizarán las medidas y comprobaciones oportunas en el sistema.
- Es necesario conocer, aunque sea de manera aproximada, el valor de la magnitud que se va a medir y emplear la escala adecuada en el instrumento de medida. Esto es especialmente importante cuando se utiliza un polímetro como amperímetro ya que, en caso de no elegir la escala correcta, se podría quemar el instrumento de medida.

1.3 DESCRIPCIÓN Y MANEJO DEL INSTRUMENTAL BÁSICO DEL LABORATORIO

Para la realización de las prácticas que se detallan en este texto serán necesarios una serie de instrumentos y equipos de laboratorio, cuyas características el alumno debe conocer antes de comenzar el montaje de cada una de ellas.

1.3.1 Entrenador de uso general

El entrenador de uso general es un equipo desarrollado especialmente para la realización de montajes prácticos con fines didácticos. Básicamente consta de unas regletas que permiten la inserción directa de los componentes y circuitos integrados y en las que pueden realizarse montajes tanto analógicos como digitales. Cuentan además con una o varias fuentes de alimentación, generador de reloj, programador de estados lógicos, diodos para la visualización de niveles lógicos, etc.

Al estar dotado de elementos que facilitan la generación y representación de señales digitales se convierte en un equipo muy adecuado para la realización de montajes de prueba en Electrónica Digital.

En la Figura 1.1 se aprecia la disposición de elementos del entrenador GTP-66901 de la casa SIDAC:

- Conmutador de encendido/apagado: 1
- Dos fuentes de alimentación fijas de 5 V (una a cada lado de la zona de montaje): 2
- Dos placas (3) para la inserción y conexionado de componentes y circuitos integrados, atornilladas a un soporte metálico que se fija magnéticamente al entrenador para facilitar su sustitución.
- Ocho programadores de estado lógico (cuatro a cada lado del entrenador): 4
- Dos fuentes de alimentación variables de 0 a 30 V. Cada una cuenta con un mando en la parte inferior para regular su tensión de salida: 5
- Ocho diodos LED (6) para visualizar el nivel lógico de cualquier punto del circuito que se desee. El terminal que hay debajo de cada LED da acceso al ánodo del mismo, encontrándose el cátodo conectado a masa.
- Dos generadores de impulsos (7), que suministran salidas complementadas para generar impulsos de nivel alto (izquierda) y de nivel bajo (derecha), mientras se mantenga subido el conmutador correspondiente.
- Un generador de reloj (8) con un selector de frecuencia desde 1 hasta 100 kHz. Se dispone de dos salidas desfasadas 180° y de un conmutador que permite habilitar o inhibir dichas salidas.

- Un voltímetro analógico (9) para medir la tensión de salida de una de las fuentes variables, con un selector para el origen y la escala de la tensión medida.

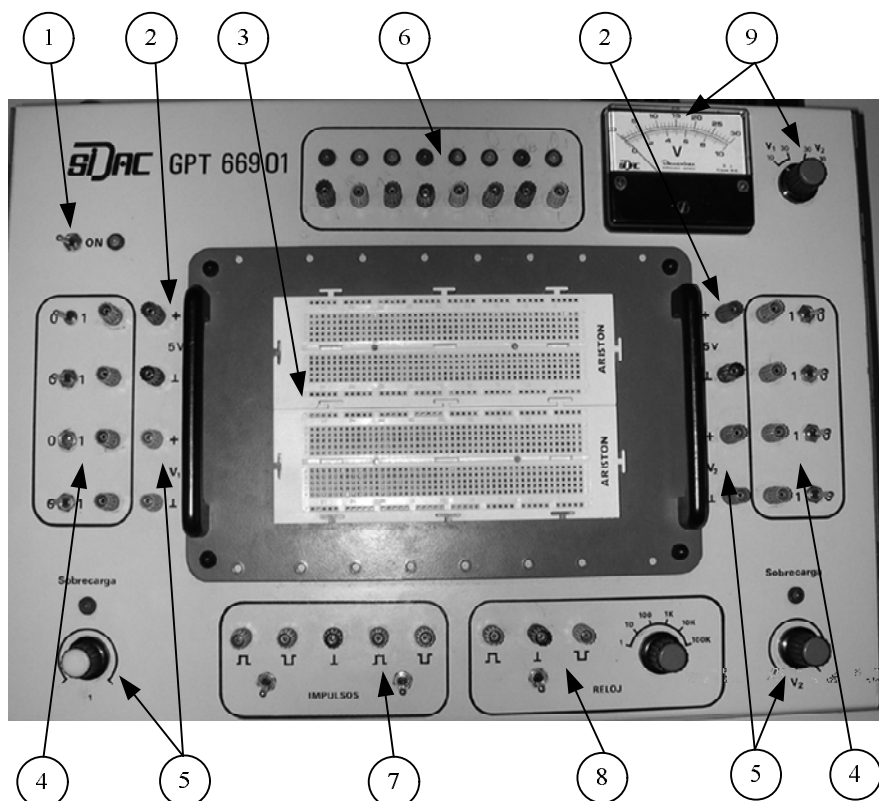


FIGURA 1.1. Entrenador de uso general.

1.3.2 Multímetro digital

Bajo el nombre de multímetro (también conocido como polímetro) se designa a un instrumento capaz de realizar diversas medidas eléctricas (de ahí su nombre). Usualmente puede realizar tres tipos de medidas:

- corrientes (alterna y continua)
- diferencia de potencial (alterna y continua)
- resistencias

Dependiendo del modelo en concreto, el equipo puede también proporcionar medidas de capacidad en condensadores, de ganancia en transistores bipolares, establecer pruebas de continuidad eléctrica, determinar la polaridad de los diodos, determinar la frecuencia de señales alternas, etc.

Según la forma de presentar la medida, pueden distinguirse dos tipos de multímetros: los analógicos y los digitales. Los primeros ofrecen la información de la medida a través de una aguja que se desplaza sobre una escala graduada, los segundos utilizan la conversión analógica a digital de la magnitud de entrada, que tras ser tratada posteriormente con circuitos digitales constituirá la entrada para la unidad de representación visual.

Con el multímetro digital, aparecido en la década de los 70 de forma masiva, se superan grandes problemas de los medidores analógicos: gran volumen, poca linealidad, fragilidad, errores de paralaje, etc.; razón por la cual han encontrado una mayor demanda en el mercado, relegando a un segundo puesto a sus homólogos analógicos.

En la Figura 1.2 se muestra el multímetro PD-695 del fabricante PROMAX, que consta de:

- Botón de encendido/apagado: 1
- Selector de funciones y escalas: 2
- Conectores de entrada para medir tensiones, corrientes, resistencias y frecuencia: 3
- Conectores de entrada para condensadores: 4
- Conectores de entrada para medida de la ganancia en transistores bipolares: 5
- Visualizador: 6

Tenga en cuenta, antes de realizar cada operación de medida, el valor máximo de la magnitud que puede medir (viene indicado en el aparato) y compruebe si ha realizado la conexión a los terminales adecuados para evitar dañar el instrumento de medida.

1.3.3 Sonda lógica

Para comprobar el nivel lógico de cualquier punto de un sistema digital podría emplearse el multímetro (como voltímetro) para medir la tensión de ese nodo respecto de masa y, en función de su valor y de la tecnología utilizada, saber si se encuentra a nivel lógico alto o

bajo. Sin embargo, es mucho más cómodo realizar esta operación utilizando la sonda lógica.

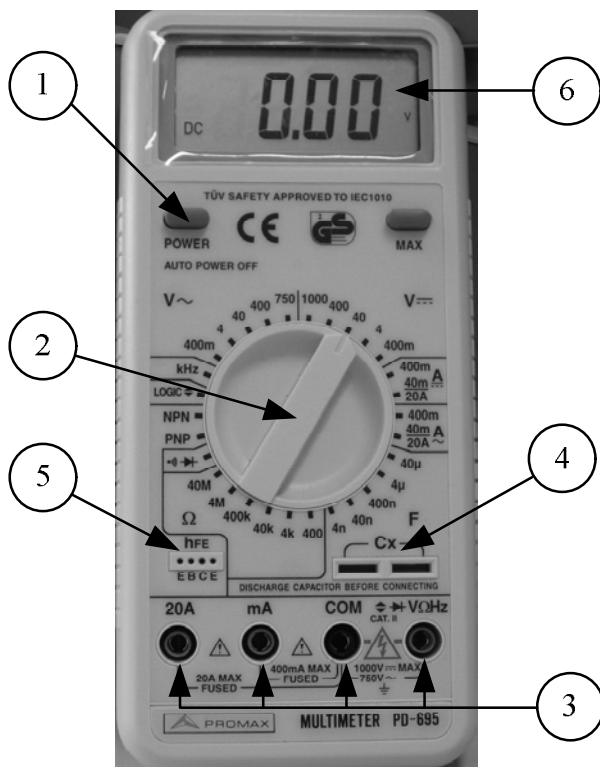


FIGURA 1.2. Multímetro digital.

En la Figura 1.3 se muestra la sonda lógica modelo ELP-800 de la marca ESCORT, en la que se distinguen los siguientes elementos:

- Cable de alimentación: 1
- Selector de la tecnología utilizada, TTL/CMOS: 2
- Punta de prueba: 3
- Selector pulso/memoria: 4
- Indicadores de nivel lógico bajo/alto (LO/HI): 5
- Indicador acústico de nivel lógico (grave/agudo): 6

Para la correcta utilización de este instrumento se seguirán los siguientes pasos:

- Conectar los cables de alimentación (1) a la misma fuente de alimentación que se vaya a utilizar para el resto del sistema.
- Poner el selector (2) en la tecnología TTL o CMOS empleada.
- Situar el conmutador (4) en la posición "MEM" si se desea detectar valores transitorios (se encenderá el led de su izquierda). Si no se quisiera utilizar esta opción se colocará el conmutador en la posición "PULSE".
- Acercar la punta de prueba (3) a la patilla del circuito integrado cuyo valor lógico se quiera comprobar, con lo que se iluminará el LED (5) correspondiente a dicho nivel y se emitirá un sonido (6) más o menos agudo.

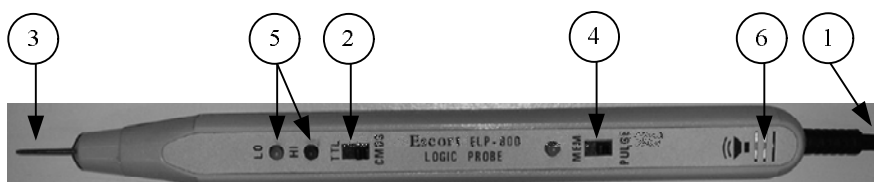


FIGURA 1.3. Sonda lógica.

1.3.4 Sistema de desarrollo con dispositivos lógicos programables

Los sistemas de desarrollo con PLD's facilitan la realización de sistemas digitales complejos y disminuyen el número de errores lógicos de los mismos.

Se utilizan para programar una gran cantidad de dispositivos lógicos (PAL, PLA, GAL, EPROM, etc.) que variará según el modelo y las posibilidades de ampliación del zócalo de inserción de los integrados. Además de la programación se pueden emplear también en otras tareas tales como la comprobación del estado "en blanco" (no programado), lectura y verificación de los datos grabados en el dispositivo.

Estos sistemas constan básicamente de un zócalo para la inserción del dispositivo lógico programable y un medio de conexión con un computador personal: puerto paralelo, puerto serie, tarjeta de

expansión o incluso, en los más modernos, puerto USB; así como el *software* que suministra el fabricante para el manejo del sistema y que cuenta con una gran librería de dispositivos de diferentes fabricantes y tecnologías.

En la Figura 1.4 puede verse el modelo EXPRO-80 del fabricante SUNSHINE ELECTRONICS en el que se distinguen:

- Cable de conexión a la tarjeta de expansión (situada en una ranura libre del bus ISA en la placa base del computador): 1
- Zócalo ZIF (*Zero Insertion Force*) para la colocación del dispositivo lógico programable: 2
- Palanca para la sujeción o liberación del circuito integrado: 3
- Botón para confirmar ("Yes") la realización de la operación deseada: 4
- Indicadores del estado encendido y ocupado del sistema (*On/Busy*): 5

El manejo de este equipo se detallará en los capítulos 10 y 11 al hablar, respectivamente, de la programación de la memoria EPROM 2716 y de la grabación del mapa de fusibles en el dispositivo PAL16R6.

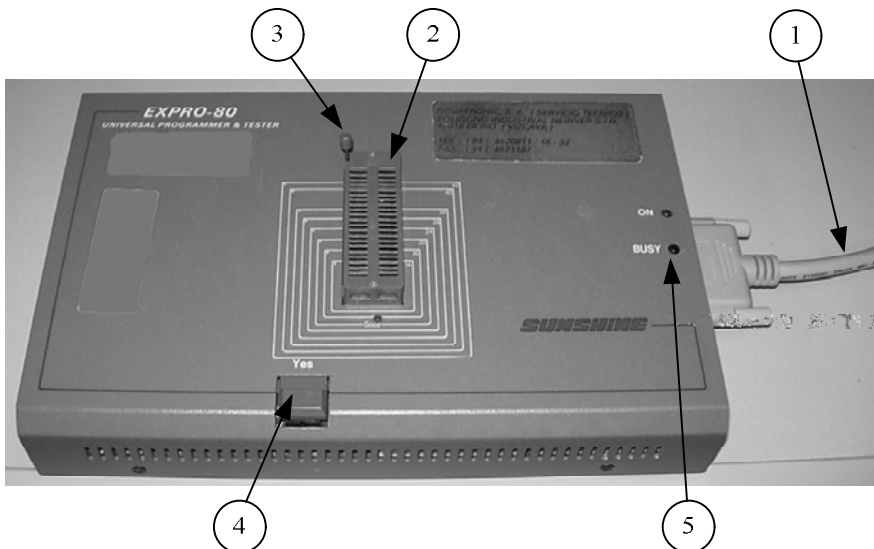


FIGURA 1.4. Sistema de desarrollo con PLD's.