

**REDISEÑO, ACTUALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS  
FUNCIONES PARA LA VERSIÓN 1.0 DEL MÓDULO DE PRUEBAS PARA  
PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN ELECTRÓNICA**

	PAG.
TABLA DE CONTENIDO	3
1. RESUMEN	6
2. INTRODUCCIÓN	7
3. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA	10
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	15
5. SUBPREGUNTAS	16
6. OBJETIVOS	17
6.1 Objetivo General	17
6.2 Objetivos Específicos	17
7. JUSTIFICACIÓN	18
8. MARCO TEÓRICO	21
8.1 Tecnología Endógena	21
8.2 Conceptos propios la Física, especialmente en el área del electromagnetismo	21
Potencia activa, reactiva, aparente y factor de potencia	29
Potencia en circuitos resistivos	31
Potencia en circuitos inductivos y capacitivos	31
Potencia en formas de onda no senoidales	34
8.3 Conceptos propios de la Ingeniería	33
8.4 Conceptos propios del área	35
8.5 Instrumentos	39
9. MARCO METODOLÓGICO	43
9.1 Tipo de estudio	43

**EDUARDO JARA PÁEZ**

**INVESTIGADOR**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA UNITEC**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**COORDINACIÓN ÁREA DE CIENCIAS BÁSICAS**

**BOGOTÁ D.C., NOVIEMBRE 21 DE 2012**

<b>TABLA DE CONTENIDO</b>		<b>PAG.</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>		<b>2</b>
<b>10. PROCEDIMIENTO</b>		<b>46</b>
<b>1. RESUMEN</b>		<b>6</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>		<b>7</b>
<b>3. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA</b>		<b>10</b>
<b>4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b>		<b>15</b>
<b>5. SUBPREGUNTAS</b>		<b>16</b>
<b>6. OBJETIVOS</b>		<b>17</b>
6.1 Objetivo General:		17
6.2 Objetivos Específicos:		17
<b>7. JUSTIFICACIÓN</b>		<b>18</b>
<b>8. MARCO TEÓRICO</b>		<b>21</b>
8.1 Tecnología Endógena		21
8.2 Conceptos propios la Física, especialmente en el área del electromagnetismo		22
<b>11. CONCLUSIONES</b>		<b>23</b>
Potencia activa, reactiva, aparente y factor de potencia		29
<b>12. REFERENCIAS</b>		<b>24</b>
Potencia en circuitos resistivos		31
<b>ANEXO 1</b>		<b>27</b>
Potencia en circuitos inductivos y capacitivos		31
<b>ANEXO 2</b>		<b>28</b>
Potencia en formas de onda no senoidales		32
8.3 Conceptos propios del área de la electrónica		33
8.4 Conceptos propios del área de la metrología eléctrica		35
8.5 Instrumentos y módulos de medición para uso en electrónica		39
<b>9. MARCO METODOLÓGICO</b>		<b>43</b>
9.1 Tipo de estudio		43

9.2 Método y/o Diseño de la investigación	43
9.3 Participantes	44
9.4 Instrumentos y Equipos	44
9.5 Procedimiento	45
<b>10. PROCEDIMIENTO</b>	<b>46</b>
10.1 Fase uno: Identificación y solución de problemas presentados en la versión 1.0	46
10.2 Fase dos: Identificación y solución de problemas presentados por pérdida de información en el bus de datos de la versión 1.0	51
10.3 Fase Tres: Rediseño de los subsistemas de la versión 1.0 y diseño de nuevos subsistemas	54
10.3.1 Subsistema de la fuente de alimentación	54
10.3.2 Subsistema para voltímetro-amperímetro y frecuencímetro	61
10.3.3 Rediseño de la etapa correspondiente al frecuencímetro	64
10.3.4 Rediseño subsistema para la unidad central de proceso	66
10.3.5 Diseño de nuevos subsistemas para ampliación de servicios del módulo de pruebas	68
10.3.5.1 Diseño de un capacímetro y de un inductómetro	74
10.3.5.2 Diseño de un ohmiómetro	78
10.3.5.3 Diseño de un sistema generador de funciones	81
<b>11. CONCLUSIONES</b>	<b>83</b>
<b>12. REFERENCIAS</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO 1</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO 2</b>	<b>90</b>

**LISTA DE TABLAS**

	<b>PAG.</b>
Tabla 1 Resumen Características eléctricas Subsistema fuente de alimentación .....	10
Tabla 2 Resumen Características eléctricas Subsistema de voltímetros-amperímetros y frecuencímetros .....	10
Tabla 3 Resumen general de funciones originalmente diseñadas para el módulo de pruebas versión 1.0 .....	12
Tabla 4 Resumen Características eléctricas Subsistema fuente de alimentación versión 2.0 .....	51
Tabla 5 Características eléctricas Subsistema fuente de alimentación .....	87
Tabla 6 Características eléctricas Subsistema de voltímetros-amperímetros .....	87
Tabla 7 Características eléctricas Subsistema de frecuencímetros .....	88
Tabla 8 Características eléctricas Subsistema de instrumental LCR .....	88
Tabla 9 Características eléctricas Subsistema de generadores de funciones .....	89
Figura 12 Diagrama esquemático capacitivo-inductómetro .....	78
Figura 13 Diagrama esquemático ohmómetro .....	80
Figura 14 Diagrama esquemático generador de funciones .....	82

## LISTA DE FIGURAS

	<b>PAG.</b>
Figura 1 Triangulo de potencias.....	30
Figura 2 Propuesta rediseño subsistema fuente de alimentación.....	59
Figura 3 Prototipo inicial para placa de circuito impreso subsistema de fuente de alimentación con tarjeta tipo epoxy glass de doble faz.....	60
Figura 4 Propuesta rediseño para subsistema de dos voltímetros y un amperímetro.....	63
Figura 5 Propuesta diagrama electrónico para dos frecuencímetros.....	65
Figura 6 Propuesta rediseño diagrama esquemático unidad central de proceso.....	67
Figura 7 Puente Wheatstone.....	69
Figura 8 Puente Schering.....	71
Figura 9 Puente Maxwell.....	72
Figura 10 Puente Hay.....	73
Figura 11 Oscilador con amplificador operacional.....	76
Figura 12 Diagrama esquemático capacitmetro-inductómetro.....	78
Figura 13 Diagrama esquemático ohmiómetro.....	80
Figura 14 Diagrama esquemático generador de funciones.....	82

inductómetro y dos generadores de funciones, permitiendo con estas ampliaciones mejorar notablemente su aplicación y versatilidad.

De esta forma, se considera que este módulo continua siendo una herramienta útil que permite al estudiante evaluar el correcto funcionamiento de un circuito y a su vez, le facilita ubicar en forma práctica las fallas presentadas en él, reduciendo significativamente los ensayos erróneos, el daño de insumos, propendiendo por la optimización de los procesos de aprendizaje en los estudiantes de los cursos que involucren el estudio de circuitos eléctricos, electrónicos tanto analógicos como digitales.

## 1. RESUMEN

La presente investigación consiste en el rediseño, actualización e implementación de nuevas funciones para la versión 1.0 del módulo de pruebas para prácticas de laboratorio en Electrónica.

Por lo tanto, a partir del rediseño, se presenta una alternativa de solución a los problemas presentados en el diseño original, logrando de esta forma la propuesta de un dispositivo más estable en su funcionamiento. Éste dispositivo rediseñado, al igual que su predecesor está destinado a realizar mediciones de voltaje, corriente, frecuencia, potencia eléctrica; esta última se calcula a partir de muestras de valores de voltaje y corriente que se pueden obtener a partir de las mediciones realizadas sobre los principales componentes que forman parte integral en los montajes electrónicos realizados por los estudiantes en los laboratorios de electrónica. Además se le incluyen nuevos instrumentos de medición, tales como un ohmiómetro, un capacitómetro, un inductómetro y dos generadores de funciones, permitiendo con estas ampliaciones mejorar notablemente su aplicación y versatilidad.

De esta forma, se considera que este módulo continua siendo una herramienta útil que permite al estudiante evaluar el correcto funcionamiento de un circuito y a su vez, le facilita ubicar en forma práctica las fallas presentadas en él, reduciendo significativamente los ensayos erróneos, el daño de insumos, propendiendo por la optimización de los procesos de aprendizaje en los estudiantes de los cursos que involucran el estudio de circuitos eléctricos, electrónicos tanto análogos como digitales.

## 2. INTRODUCCIÓN

En el mundo moderno, las aplicaciones de la electrónica analógica como digital adquieren una gran relevancia tanto en el sector industrial como en el sector de la educación, puesto que precisamente es esta área de estudio, uno de los pilares necesarios en el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías, las cuales por ende requieren del diseño de equipos de tipo electrónico ya que mediante su adecuado uso, propenden por el desarrollo no solamente del sector de las telecomunicaciones, sino de otros sectores tales como la medicina, el control electrónico, el manejo y transporte de la información, entre otros.

Por consiguiente, en las diversas empresas del sector de la electrónica cuando los ingenieros que están encargados del área de diseño de prototipos o en su defecto cuando deben verificar el funcionamiento de un equipo electrónico, bien sea en el laboratorio o en el campo de trabajo, requieren del uso de instrumental de laboratorio adecuado que valide o no si el prototipo u equipo sometido a verificación está funcionando correctamente. Y es precisamente en este aspecto donde adquiere relevancia el empleo de un instrumental de medición que permita realizar la mayor cantidad de pruebas sobre el prototipo y/o equipo en revisión.

Sin embargo, se ha encontrado que la mayoría de fabricantes de instrumentos de medición, diseñan sus equipos de prueba para que realicen mediciones de tipo específico, es decir poseen limitaciones respecto a la cantidad de fenómenos que pueden medir, como por ejemplo los voltímetros digitales en su mayoría están en capacidad de medir voltaje, corriente, resistencia, hfe en transistores bipolares, diodos y algunos de ellos dependiendo del fabricante pueden además medir capacitancias. Sin embargo, se

puede afirmar que pese a que es un instrumento de medición versátil está incompleto, en la medida que le faltan otras aplicaciones que no las tiene disponibles, tales como inductómetro, frecuencímetro entre otras, que en el caso de necesitarse se requiere del uso de otro instrumental diseñado para esta función y además solo permite realizar un tipo de medición a la vez.

A partir del desarrollo de la investigación titulada: “Módulo de pruebas para prácticas de laboratorio en Electrónica Analógica y Digital, versión 1.0, realizada en el año 2009, se logró diseñar un prototipo de instrumental de medición que precisamente rompía con el esquema tradicional propuesto por los fabricantes de instrumentos de medición, ya que este prototipo además de incluir algunas de las funciones básicas de un multímetro digital (DVM) tales como voltímetro y amperímetro, permite la posibilidad de medir frecuencias y potencia eléctrica; con dos grandes ventajas, permitía realizar diferentes medidas de forma simultánea y además es portable por lo permitía su utilización tanto en los laboratorios como en el campo de trabajo o en las aulas de clase.

Por lo tanto, desde el punto de vista de la aplicabilidad tanto en el sector industrial como en el sector educativo que presentaba el diseño del prototipo versión 1.0, el presente proyecto de investigación, retoma los resultados obtenidos en su desarrollo a fin de mejorar el producto obtenido en ese entonces, subsanando los problemas que se presentaron en su diseño, verificación y puesta en marcha. Y su vez, siguiendo con la filosofía inicialmente propuesta, adicionarle más funciones de tal forma que le permita realizar otro tipo de medidas diferentes a las inicialmente propuestas en ese entonces (el prototipo versión 1.0, fundamentalmente permite la medición de voltaje, corriente eléctrica y frecuencia y a partir de estos parámetros permite calcular de forma

automática el valor de la potencia eléctrica).

## ESTADO DE LA PROBLEMÁTICA

Como se mencionó en el apartado anterior, la presente investigación, retoma los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación titulada "Módulo de pruebas para prácticas de laboratorio en Electrónica Analógica y Digital, versión 1.0".

Las siguientes tablas resumen las características eléctricas y las especificaciones técnicas que se lograron obtener en el diseño del módulo de pruebas versión 1.0.

**Tabla 1 Resumen Características eléctricas Subsistema fuente de alimentación**

Voltaje entrada:	110-220VAC, 1A
Voltaje de salida:	El sistema opera con fuente dual cuyo voltaje y corriente de salida son programables
Voltaje de salida positivo:	1.1 a 10.5VDC con una corriente máxima de 3A
Voltaje de salida negativo:	-1.1 a -10.5VDC con una corriente máxima de 1A

**Tabla 2 Resumen Características eléctricas Subsistema de voltímetros-  
amperímetros y frecuencímetros**

	VOLTIMETRO	AMPERIMETRO	FRECUENCIMETRO
CANTIDAD	4	2	2
AC	1.4Vpp a 20Vpp	0A a 3A	N/A
DC	0v a +/-20V	0A a +/-3A	N/A
RESOLUCIÓN	12 bit/voltio	51 bit/amperio	Nota 3
Hz	Nota 1	Nota2	30Hz A 25MHz

### 3. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

Nota 1: Los voltímetros en régimen AC miden valor RMS real

Como se mencionó en el apartado anterior, la presente investigación, retoma los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación titulada “Módulo de pruebas para prácticas de laboratorio en Electrónica Analógica y Digital, versión 1.0”.

Las siguientes tablas resumen las características eléctricas y las especificaciones técnicas que se lograron obtener en el diseño del módulo de pruebas versión 1.0:

**Tabla 1 Resumen Características eléctricas Subsistema fuente de alimentación**

Voltaje entrada:	110-220VAC, 1A
Voltaje de salida:	El sistema opera con fuente dual cuyo voltaje y corriente de salida son programables
Voltaje de salida positivo:	1.2 a 10.5VDC con una corriente máxima de 3A
Voltaje de salida negativo:	-1.2 a -10.5VDC con una corriente máxima de 1A

**Tabla 2 Resumen Características eléctricas Subsistema de voltímetros-  
amperímetros y frecuencímetros**

	VOLTÍMETRO	AMPERÍMETRO	FRECUENCÍMETRO
CANTIDAD	4	2	2
AC	1.4Vpp a 20Vpp	0A a 3A	N/A
DC	0v a +/-20V	0A a +/-3A	N/A
RESOLUCIÓN	12 bit/voltio	51 bit/amperio	Nota 3
Hz	Nota 1	Nota2	30Hz A 25MHz

Tabla 3 Resumen general de funciones originalmente diseñadas para el módulo de pruebas

Nota 1: Los voltímetros en régimen AC miden valor RMS real

Nota 2: Los amperímetros en régimen AC miden valor RMS real

Nota 3: Los frecuencímetros para realizar la medición requieren que la señal de entrada tenga una amplitud mínima de 1.4Vpp.

Es de aclarar que todos los instrumentos de medición son del tipo auto rango y los valores mínimos y máximos de medición son los especificados en la tabla anterior.

**Subsistema de unidad central de proceso**

El subsistema de la unidad central de proceso se programó de tal forma que permite realizar los cálculos y el respectivo procesamiento de señales de tipo DC (corriente continua) y de tipo sinusoidal. Sin embargo, mediante la reprogramación del sistema (función no implementada), también se pueden procesar señales de tipo triangular y cuadrada, a fin de realizar los cálculos de disipación de potencia con estos tipos de forma de onda.

A partir de las diversas pruebas de funcionamiento realizadas al prototipo versión 1.0 y de acuerdo a las especificaciones propias del prototipo diseñado, la siguiente tabla resume los resultados de dichas verificaciones, mostrando el grado de confiabilidad tanto a nivel de funcionamiento como de exactitud presentadas en las lecturas tomadas al realizar diversos procesos de medición por cada uno de los subsistemas de voltímetro-amperímetros y frecuencímetro que componen el módulo de pruebas, valores contrastados con las mediciones realizadas al mismo circuito con el instrumental tradicional propio de un laboratorio.

**Tabla 3 Resumen general de funciones originalmente diseñadas para el módulo de pruebas versión 1.0**

<b>Subsistema diseñado</b>	<b>Cantidad de unidades (subsistemas) implementadas en el prototipo</b>	<b>Grado de confiabilidad en el funcionamiento de cada subsistema vs. Instrumental tradicional</b>
Fuente de alimentación	1	95%
Voltímetros- amperímetros	2	85%
Frecuencímetro	1	80%
Unidad central de procesamiento	1	N/A (el instrumental propio del laboratorio no puede de manera instantánea realizar mediciones de potencia eléctrica, únicamente se puede obtener mediante métodos indirectos)

Por lo tanto, resultado de la evaluación del comportamiento en el campo del trabajo del prototipo anteriormente diseñado en el año 2009 que originaron dichos porcentajes de exactitud en las mediciones realizadas con el instrumental del módulo frente a las mediciones obtenidas mediante el empleo de instrumental específicamente diseñado para realizar este tipo de medidas (medición de voltaje, corriente y frecuencia), se determinaron dos grandes aspectos, los cuales en su momento e incidencia, definitivamente han afectado el cumplimiento de los objetivos propuestos inicialmente en este proyecto de investigación. En síntesis, estas circunstancias presentadas y evaluadas se pueden clasificar en aspectos negativos y aspectos positivos.

De los aspectos positivos que favorecieron y dieron cuenta del desarrollo del diseño del prototipo versión 1.0 se rescatan las siguientes:

- a) Se logró que el prototipo estuviera conformado por varios subsistemas los

realización cuales se pueden conectar entre sí. fue sometido el prototipo, este presentó

incon b) Inicialmente el módulo se emplearía para el desarrollo de las prácticas de  
inestables laboratorio de los cursos de electrónica digital y analógica básica, por lo que  
de los datos su aplicación empleando medios controlados propios de una práctica de  
En laboratorio, permitió en gran medida evidenciar el adecuado funcionamiento  
forma es de los principales circuitos eléctricos y/o electrónicos implementados por los  
permite a estudiantes y que involucraron los temas de estudio propios de dichas  
estas se p disciplinas. ar, logrando de esta forma tener un mayor grado de confiabilidad  
en el c) En razón a lo anterior, se encuentra que dicho módulo presenta claras  
funciones ventajas con respecto a los tradicionales bancos de trabajo empleados en los  
electrónica laboratorios puesto que se emplea como herramienta didáctica, debido a su  
orientación pedagógica, su portabilidad, la posibilidad de proyección y su  
menor costo. Además este prototipo brindó a los estudiantes otra forma de  
realizar la necesaria conexión entre la teoría, la matemática y la realidad  
física, ya que permitió implementar en el aula, uno o varios experimentos que  
involucraron el uso de varios circuitos electrónicos, los cuales acompañados  
tanto por el instrumental suministrado por el módulo como por el  
instrumental existente en los laboratorios (equipos de medición adicionales  
necesarios para completar las mediciones a realizar en algunas prácticas),  
permitió demostrar el funcionamiento real de dichos componentes  
electrónicos.

Sin embargo, pese a que en gran medida se cumplieron los objetivos propuestos en dicha investigación, se encontraron algunos aspectos negativos ya que en la

realización de algunos procesos a los que fue sometido el prototipo, éste presentó inconvenientes en su funcionamiento, ya que exhibía esporádicamente lecturas inestables y/o lecturas erróneas, dando como resultado un análisis y mala interpretación de los datos obtenidos en el desarrollo de un experimento.

En este sentido, se considera que al realizar un análisis de las causas que de forma esporádica originan el mal funcionamiento de la versión 1.0 y que en últimas no permite tener una mayor confiabilidad sobre las medidas presentadas por este equipo; estas se pueden subsanar, logrando de esta forma tener un mayor grado de confiabilidad en el equipo y además, puesto que su filosofía es modular se le pueden agregar nuevas funciones ampliando de ésta forma su aplicación y uso en los laboratorios de electrónica.

#### 4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

A partir de los antecedentes anteriormente expuestos y a fin de mejorar la operación y aplicación del módulo de pruebas, se requiere:

**Rediseñar, actualizar e implementar nuevas funciones para el módulo de pruebas para prácticas de laboratorio en electrónica analógica y digital, versión 1.0.**

¿Cuáles son los parámetros más adecuados para evitar la pérdida de información en el bus de datos al realizar cambios en la programación de los subsistemas del módulo?

• ¿En qué medida afecta la ampliación de servicios al módulo en el manejo y presentación de datos a fin que sigan siendo útiles para el usuario?

## 5. SUBPREGUNTAS

6.1 Obj. De la anterior afirmación surgen los siguientes interrogantes:

Re. • ¿Qué especificaciones debe cumplir a nivel eléctrico, electrónico y mecánico el rediseño y actualización del módulo, a fin de subsanar los problemas presentados por interferencia en las señales a medir?

6.2 Obj. • ¿Cuáles son los parámetros más adecuados para evitar la pérdida de información en el bus de datos al realizar cambios en la programación de los subsistemas del módulo?

• ¿En qué medida afecta la ampliación de servicios al módulo en el manejo y presentación de datos a fin que sigan siendo útiles para el usuario?

• Identificar y definir cuáles son los parámetros más adecuados para evitar la pérdida de información en el bus de datos al realizar cambios en la programación de los subsistemas del módulo.

• Identificar en qué medida afecta la ampliación de servicios al módulo en el manejo y presentación de datos a fin que sigan siendo útiles para el usuario.

## 6. OBJETIVOS

### 6.1 Objetivo General:

Rediseñar, actualizar e implementar nuevas funciones para el módulo de pruebas para prácticas de laboratorio en electrónica analógica y digital, versión 1.0.

### 6.2 Objetivos Específicos:

- Identificar cuáles son las especificaciones que debe cumplir a nivel eléctrico, electrónico y mecánico el rediseño y actualización del módulo, a fin de subsanar los problemas presentados por interferencia en las señales a medir.
- Identificar y definir cuáles son los parámetros más adecuados para evitar la pérdida de información en el bus de datos al realizar cambios en la programación de los subsistemas del módulo.
- Identificar en qué medida afecta la ampliación de servicios al módulo en el manejo y presentación de datos a fin que sigan siendo útiles para el usuario.

• Fomento el desarrollo de la tecnología endógena en nuestro país.

- El rediseño, actualización y ampliación de funciones del prototipo original permitirá mayor flexibilidad en su aplicación ya que al estar provisto de una mayor cantidad de instrumentos de medición permitirá la realización y

## 7. JUSTIFICACIÓN

A partir de la experiencia de aplicación y su uso del prototipo correspondiente al módulo de pruebas para prácticas de laboratorio en electrónica analógica y digital versión 1.0 en el medio educativo, se encontró pese a los problemas hallados en algunas aplicaciones prácticas, donde a partir de interferencias producidas por ruido eléctrico y capacitancias parásitas el módulo presentó errores en la adquisición, procesamiento y presentación de datos, éste módulo sigue siendo una herramienta útil que permite implementar no solo en el laboratorio sino en el aula de clase una serie de experimentos que involucran el uso de uno o varios de sus subsistemas, con lo que se permite demostrar el funcionamiento real de los componentes electrónicos sometidos a verificación, dando como resultado una comprensión mayor en los educandos de los temas teóricos tratados en clase.

En este sentido, pese a los problemas que se presentaron en el funcionamiento del módulo versión 1.0, y debido a la potencialidad que representa su uso en la evaluación y verificación de las características a los diseños y/o prototipos no solo en el ámbito educativo como en el ámbito empresarial, ésta investigación busca desarrollar la versión 2.0 del módulo de pruebas. Por lo tanto, se justifica en la medida en que:

- Fomenta el desarrollo de la tecnología endógena en nuestro país.
- El rediseño, actualización y ampliación de funciones del prototipo original permitirá mayor flexibilidad en su aplicación ya que al estar provisto de una mayor cantidad de instrumentos de medición permitirá la realización y

al máximo el grado de confiabilidad en la exactitud de las lecturas realizadas.

evaluación de una mayor cantidad de experimentos dependiendo de las necesidades propias del sector industrial o del sector educativo.

- Su continua aplicación fomenta el diseño de nuevas estrategias de comprobación de conocimientos para ser aplicados en los laboratorios y así disminuir la brecha que se presenta en la contrastación de los postulados teóricos frente a lo que se encuentra en la práctica.
- Aporta conocimientos sobre la metodología del proceso investigativo para el fortalecimiento de nuevas técnicas, que promuevan el afianzamiento del conocimiento en el área de la electrónica tanto para estudiantes de cualquier programa de ingeniería como de los profesionales en el sector productivo.
- A partir de la revisión realizada a los diferentes productos comercializados por distribuidores de equipos de laboratorio, a los principales fabricantes de instrumentos de medida, equipos didácticos y de laboratorio y de trabajos realizados grupos de investigación en el área de ingeniería de otras universidades tanto a nivel internacional, se puede afirmar que aún en el mercado nacional no se encuentra un equipo con las características que se plantearon en el proyecto desarrollado en el año 2009, y que se pretenden continuar en el desarrollo de la nueva versión, la cual será denominada como: “Módulo de pruebas para prácticas en el laboratorio de electrónica, versión 2.0”.
- Esta nueva versión incluirá el rediseño y actualización las funciones originalmente diseñadas en el prototipo versión 1.0 a fin de subsanar y elevar al máximo el grado de confiabilidad en la exactitud de las lecturas realizadas,

solucionará el problema presentado en el sistema de programación de los diversos subsistemas y a su vez incluirá el diseño e implementación nuevos subsistemas como por ejemplo generadores de funciones y otros que permitan realización de diferentes tipos de medición, tales como el instrumental para medir resistencias, condensadores, inductancias, entre otros.

### 8.1 Tecnología Endógena

El mundo actual ofrece un panorama donde la ciencia, la tecnología y las comunicaciones han adquirido niveles insospechados. Estos avances ocurren de manera apresurada, casi imperceptibles, ocasionando en los individuos un acelerado ritmo de vida que impide la apropiación, adaptación e intervención provechosa de dichos cambios para la construcción de la nueva sociedad. En este sentido, a fin de lograr una verdadera competitividad entre los diferentes sectores tanto productores como consumidores de tecnología, el desarrollo y aplicación de proyectos basados en la aplicación del concepto de tecnología endógena brindan a una institución, sector, región o país, la oportunidad de generar desarrollos tecnológicos propios que le permitan dar cuenta y solución a una situación problemática particular; solución a la que en determinado momento los grandes desarrolladores de tecnología no estarían interesados

## 8. MARCO TEÓRICO

De acuerdo con el planteamiento del proyecto de investigación propuesto, el cual se retoma a partir de las conclusiones realizadas en la investigación “Módulo de Pruebas para Prácticas de Laboratorio en Electrónica Analógica y Digital, Versión 1.0” desarrollado en la Corporación Universitaria Unitec, se considera que el marco conceptual debe estar acorde con el marco teórico de la investigación predecesora, esto con el fin de no alejarse de los postulados inicialmente propuestos y que a su vez pueda dar cuenta del objeto de estudio del presente proyecto. Por lo tanto, el marco referencial integra principalmente los siguientes aspectos:

### 8.1 Tecnología Endógena

El mundo actual ofrece un panorama donde la ciencia, la tecnología y las comunicaciones han adquirido niveles insospechados. Estos avances ocurren de manera apresurada, casi imperceptibles, ocasionando en los individuos un acelerado ritmo de vida que impide la apropiación, adaptación e intervención provechosa de dichos cambios para la construcción de la nueva sociedad. En este sentido, a fin de lograr una verdadera competitividad entre los diferentes sectores tanto productores como consumidores de tecnología, el desarrollo y aplicación de proyectos basados en la aplicación del concepto de tecnología endógena brindan a una institución, sector, región o país, la oportunidad de generar desarrollos tecnológicos propios que le permitan dar cuenta y solución a una situación problemática particular; solución a la que en determinado momento los grandes desarrolladores de tecnología no estarían interesados

ya que no les reportaría grandes beneficios.

En este sentido, cobra nuevamente relevancia el concepto de crecimiento de la tecnología endógena propuesto por Romer en la década de los 90. Donde, en síntesis afirma "En estos modelos, la sociedad premia a las empresas investigadoras con el disfrute del poder monopolístico si éstas consiguen inventar un nuevo producto o si consiguen mejorar la calidad de los productos existentes". Consecuencia de lo anterior, se puede afirmar que el desarrollo y la dinámica productiva de un país dependen de la difusión e introducción del conocimiento y las posibles innovaciones consecuencia de su aplicación, que a su vez, estas se encargan de impulsar la renovación y la transformación de los sistemas productivos.

Por lo tanto, es necesario que las instituciones se integren al sistema productivo tomando decisiones adecuadas que permitan la innovación en un ambiente competitivo y globalizado, generando acciones que le permita dar respuesta a los retos que produce el aumento de la competencia en los mercados y que a su vez, apoyadas por una política de desarrollo local les permita organizarse en redes tanto públicas como privadas, permitiendo de esta forma a las comunidades, a las ciudades, a las regiones incidir en los procesos que determinan la acumulación del capital, puesto que de esta forma se pueden optimizar las ventajas competitivas, favorecer el desarrollo económico y por ende favorecer los desarrollo e implementación de nuevas tecnologías.

## **8.2 Conceptos propios la Física, especialmente en el área del electromagnetismo**

En este caso, se requiere retomar el estudio de temas tales como la energía, carga eléctrica, potencial eléctrico, corriente eléctrica y potencia entre otros temas:

Siempre disponible a partir de Serway, R. et al. (2004). *FÍSICA II*. México: Thomson.  
Siempre elaborado a partir de Serway, R. et al. (2005). *Física Universitaria*. México: Pearson y Serway, R. et al. (2004). *FÍSICA II*. México: Thomson.

**a) Energía<sup>1</sup>**

Este concepto físico refleja la capacidad que tiene un objeto de transformar su entorno, relacionando matemáticamente tres (3) conceptos: la masa, la distancia y el tiempo. En este sentido, se tiene que fundamentalmente se puede considerar dos tipos de energía: la energía cinética y la energía potencial. Su unidad de medida es el Joule (J).

**b) Energía Cinética**

Es la energía que exhibe un objeto en virtud de su velocidad y se define matemáticamente con la siguiente ecuación;

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

Donde:

$m$ : Masa (Kg)

$v$ : Velocidad (m/s)

**c) Energía Potencial**

Es la energía que exhibe un objeto en virtud de su posición y se define matemáticamente con la siguiente ecuación:

$$U = mgh$$

Donde:

$m$ : Masa (Kg)

$g$ : Constante de aceleración de la gravedad terrestre (9.8 m/seg<sup>2</sup>)

$h$ : Altura (m)

**d) Carga eléctrica<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Síntesis elaborada a partir de Servay, R. et al. (2004). *FÍSICA I*. México: Thomson.

<sup>2</sup> Síntesis elaborada a partir de Sears, F. et al. (2005). *Física Universitaria*. México: Pearson y Servay, R. et al. (2004). *FÍSICA II*. México: Thomson.

Los Conceptos anteriores conjugan elementos de la física orientados a la materia, pero ¿Cómo se aplican a la electrónica? Bien, en el caso de la electricidad, que es el elemento físico con el cual funcionan los diferentes componentes electrónicos, está constituida por flujos de electrones, que forman las corrientes negativas, los cuales poseen masa, la cual es impulsada por energía de origen magnético o proveniente de reacciones químicas.

Dado el minúsculo valor que posee la masa de un electrón, se estudian en grupos que dado su volumen originan una interacción electromagnética basados en las fuerzas de atracción y repulsión eléctrica que desencadenan, las cuales originan fuerzas de atracción o repulsión.

La unidad de carga se mide en Coulombs, la cual equivale a  $6.28 \times 10^{18}$  electrones.

### e) Potencial eléctrico<sup>3</sup>

Es una medida de energía potencial, que hace referencia a la energía cinética que puede desarrollar una carga eléctrica por su magnitud y separación respecto a otra carga. El potencial eléctrico se mide en Voltios, que equivale al trabajo necesario para desarrollar una corriente de un amperio a través de una resistencia de un ohmio para lograr una diferencia en la magnitud de cargas de cero.

### f) Corriente eléctrica<sup>4</sup>

Al movilizar una carga eléctrica, se produce un flujo de electrones que corresponde a una corriente eléctrica, comparable al caudal de un río, su unidad de

<sup>3</sup> Síntesis elaborada a partir de Sears, F. et al. (2005). *Física Universitaria*. México: Pearson y Servay, R. et al. (2004). *FÍSICA II*. México: Thomson.

<sup>4</sup> Síntesis elaborada a partir de Sears, F. et al. (2005). *Física Universitaria*. México: Pearson y Servay, R. et al. (2004). *FÍSICA II*. México: Thomson.

medida es el Amperio, que corresponde a un flujo de 1 Coulomb por segundo. Cabe anotar que aquí se conjugan los elementos que conforman el concepto físico de energía: Masa, velocidad y desplazamiento.

Matemáticamente la corriente eléctrica se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$I = dQ/dt$$

Donde:

$I$ : es el valor de la corriente expresado en amperios

$dQ$ : corresponde al flujo de carga a través de un área

$dt$ : corresponde al intervalo de tiempo de flujo de carga

### g) Potencia<sup>5</sup>

Este concepto relaciona matemáticamente el concepto de energía con el concepto de tiempo, es decir expresa la cantidad de energía que es capaz de desarrollar un dispositivo en una unidad de tiempo. Su unidad de medida es el Watio (Joule/seg) en el sistema internacional tenemos que:

$$P = E/t$$

De igual forma, al relacionar los conceptos de potencial eléctrico, que expresa una diferencia de potencial debido a la interacción entre  $n$  cargas, con el concepto de corriente, que indica el número de cargas desplazadas en una unidad de tiempo por un dispositivo eléctrico, se obtiene el concepto de Potencia Eléctrica, que matemáticamente se expresa como:

<sup>5</sup> Síntesis elaborada a partir de Sears, F. et al. (2005). *Física Universitaria*. México: Pearson y Servay, R. et al. (2004). *FÍSICA II*. México: Thomson.

$$P \text{ (Wattios)} = V \text{ (voltios)} \times I \text{ (Amperios)}$$

En el caso del rediseño del módulo objeto del presente trabajo, se debe tener en cuenta que no siempre se va a contar con valores constantes de voltaje y corriente en el tiempo, ya que en electrónica se emplean principalmente señales de voltaje de ondas senoidales y cuadradas, y se emplean elementos inductivos y capacitivos que generan fenómenos de desfase entre corrientes y voltajes, así como impedancias (resistencias dependientes de frecuencia), que sumadas a lo anterior generan fenómenos conocidos como reactancias.

En este sentido, y al igual que en la investigación anteriormente realizada, el tema alusivo al estudio de la potencia eléctrica, por ser de alta importancia en el desarrollo de la presente investigación y a fin de continuar con los postulados propuestos en la investigación predecesora, el estudio de este tema reviste un mayor grado de profundidad y se tratará a continuación:

### **Potencia Eléctrica**

Para entender qué es la potencia eléctrica es necesario retomar primeramente el concepto de “energía”, que no es más que la capacidad que tiene cualquier mecanismo o dispositivo eléctrico para realizar un trabajo. Cuando conectamos un equipo o consumidor eléctrico a un circuito alimentado por una fuente de fuerza electromotriz (F.E.M), como puede ser una batería, la energía eléctrica que suministra fluye por el conductor, permitiendo que, por ejemplo, una bombilla de alumbrado, transforme esa energía en luz y calor, o un motor pueda mover una maquinaria.

De acuerdo con la definición de la física, “la energía ni se crea ni se destruye, se

© Serway, R. (2004). Física 7. México: Thomson.  
 \* Síntesis elaborada a partir de: Boylestad, R. (1998). *Introducción al análisis de circuitos*. México: Prentice Hall. Carlson, R. (2001). *Circuitos de Ingeniería, Conceptos y Análisis de circuitos Eléctricos*. México: Thomson y Hayt Jr. W. (2003). *Análisis de Circuitos en Ingeniería*. México: Ed. McGraw-Hill.

transforma”<sup>6</sup>. En el caso de la energía eléctrica esa transformación se manifiesta en la obtención de luz, calor, frío, movimiento (en un motor), o en otro trabajo útil que realice cualquier dispositivo conectado a un circuito eléctrico cerrado.

#### Potencia en corriente alterna<sup>6</sup>

La energía utilizada para realizar un trabajo cualquiera, se mide en “joule” y se representa con la letra “*J*”.

Potencia es la velocidad a la que se consume la energía. Si la energía fuese un líquido, la potencia sería los litros por segundo que vierte el depósito que lo contiene. La potencia se mide en joule por segundo (J/s) y se representa con la letra “*P*”.

Un J/s equivale a 1 watt (W), por tanto, cuando se consume 1 joule de potencia en un segundo, estamos gastando o consumiendo 1 watt de energía eléctrica. La unidad de medida de la potencia eléctrica “*P*” es el “watt”, y se representa con la letra “*W*”.

#### Potencia en corriente continua<sup>7</sup>

Cuando se trata de corriente continua (DC) la potencia eléctrica desarrollada en un cierto instante por un dispositivo de dos terminales es el producto de la diferencia de potencial entre dichos terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Esto es,

$$P = IV$$

Donde *I* es el valor instantáneo de la corriente y *V* es el valor instantáneo del voltaje. Si *I* se expresa en amperios y *V* en voltios, *P* estará expresada en vatios.

Igual definición se aplica cuando se consideran valores promedio para *I*, *V* y *P*.

Cuando el dispositivo es una resistencia de valor *R*, la potencia también puede

<sup>6</sup> Servay, R. et al. (2004). *FÍSICA II*. México: Thomson.

<sup>7</sup> Síntesis elaborada a partir de: Boylestad, R. (1998). *Introducción al análisis de circuitos*. México: Prentice Hall, Carlson, B. (2001). *Circuitos de Ingeniería, Conceptos y Análisis de circuitos Eléctricos lineales*. México: Thomson y Hayt Jr, W. (2003). *Análisis de Circuitos en Ingeniería*. México: Ed. McGraw Hill.

calcularse como,

$$P = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

### Potencia en corriente alterna<sup>8</sup>

Cuando se trata de corriente alterna (AC) sinusoidal, el promedio de potencia eléctrica desarrollada por un dispositivo de dos terminales es una función de los valores eficaces o valores cuadráticos medios, de la diferencia entre los terminales y de la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo.

Supongamos un receptor de carácter inductivo (caso más común) al que aplicamos una tensión  $v(t)$ , frecuencia  $\omega$  y valor de pico  $V_0$ :

$$v(t) = V_0 \sin(\omega t)$$

Esto provocará una corriente  $i(t)$  retrasada un ángulo  $\phi$  respecto de la tensión aplicada:

$$i(t) = I_0 \sin(\omega t - \phi)$$

La potencia instantánea vendrá dada como el producto de las expresiones anteriores:

$$p(t) = V_0 I_0 \sin(\omega t) \sin(\omega t - \phi)$$

Mediante el empleo de funciones trigonométricas, la anterior expresión puede transformarse en la siguiente:

$$p(t) = V_0 I_0 \frac{\cos(\phi) - \cos(2\omega t - \phi)}{2}$$

Y sustituyendo los valores de pico por los eficaces:

<sup>8</sup> Síntesis elaborada a partir de Boylestad, R. (1998). *Introducción al análisis de circuitos*. México: Prentice Hall, Dorf, R. (2003). *Circuitos eléctricos*. Bogotá: Alfaomega, Nilsson, J. (2005). *Circuitos eléctricos*. México: Prentice Hall, Carlson, B. (2001). *Circuitos de Ingeniería, Conceptos y Análisis de circuitos Eléctricos lineales*. México: Thomson.

actuación. A la potencia  $p(t) = VI\cos(\varphi) - VI\cos(2\omega t - \varphi)$  se conoce como Potencia

activa. Se obtiene así para la potencia un valor constante,  $VI\cos(\varphi)$  y otro variable con el tiempo,  $VI\cos(2\omega t - \varphi)$ . Al primer valor se le denomina potencia activa y al segundo potencia fluctuante.

### Medida de potencia en ondas senoidales<sup>9</sup>

En este caso tenemos que  $P = VI$ , Pero;

Como  $V = V_0\sin(\omega t + \theta)$  e  $I = I_0\sin(\omega t)$ , por tanto se tiene que:

se toma el valor de  $P = V_0\sin(\omega t + \theta)I_0\sin(\omega t)$

Y aplicando identidades trigonométricas, se llega a la siguiente expresión:

El triángulo  $P = VI\cos\theta(1 - \cos 2\omega t) + VI\sin\theta(\sin 2\omega t)$

Siendo VI el producto de los valores RMS (root mean square o valor cuadrático medio, comúnmente conocido como valor eficaz)

El ángulo  $\theta$ , expresa el desfase entre voltaje y corriente generado por los fenómenos de reactancia capacitiva e inductiva; para el caso de las cargas resistivas puras, el desfase es cero grados; en cargas puramente inductivas el nivel pico de voltaje adelanta al de corriente hasta en  $90^\circ$  (Este es el valor de  $\theta$  para el caso), el caso capacitivo es inverso, debiendo ser negativo el valor de  $\theta$ .

### Potencia activa, reactiva, aparente y factor de potencia

El desfase entre corriente y voltaje provoca un efecto crítico en circuitos inductivos y capacitivos que operan con señales alternas, ya que se produce un almacenamiento transitorio de energía, que luego es devuelta al circuito, pero que en su momento sobrecarga las fuentes sin ser aprovechada en forma efectiva en el dispositivo

<sup>9</sup> Ibid.

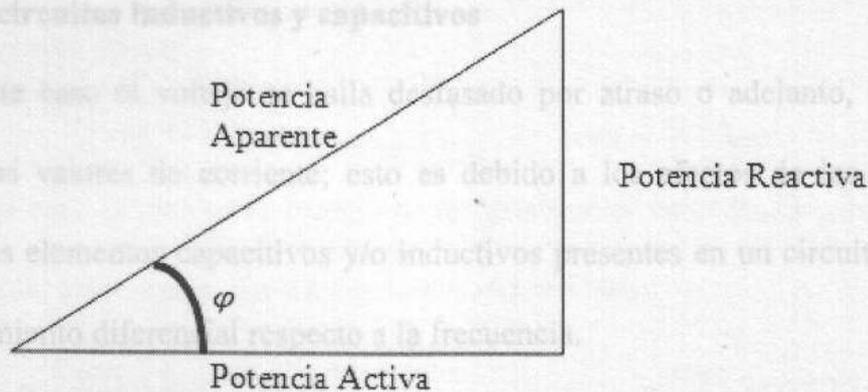
actuador. A la potencia realmente aprovechada en el circuito se le conoce como Potencia activa, a la corriente “prestada” a los componentes capacitivos e inductivos se le conoce potencia reactiva.

Estos dos valores se representan en forma trigonométrica como los catetos de un triángulo rectángulo; la hipotenusa corresponde a la potencia que deben generar las fuentes, y se denomina potencia aparente; ésta representación se conoce como triángulo de potencias. Para una adecuada estandarización de los cálculos relacionados con éste

evento, se toma el valor del coseno del ángulo  $\varphi$  (ver figura 1), a este valor se le denomina factor de potencia, por lo que su valor óptimo debe ubicarse entre 0,9 y 1<sup>10</sup>.

El triángulo de potencias se aplica en electrónica principalmente a las interfaces o actuadores de potencia.

**Figura 1 Triángulo de potencias**



Del la figura anterior se deduce que:

$$\cos\varphi = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Potencia aparente}}$$

<sup>10</sup> Tomado de ICONTEC. (2002). Código Eléctrico Colombiano. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Ministerio de Desarrollo Económico.

<sup>11</sup> Boycated, R. (1998). *Introducción al análisis de circuitos*. México: Prentice Hall.

**Potencia en circuitos resistivos**<sup>11</sup>

Dado que el valor de  $\varphi$  es cero, se obtiene que el factor de potencia es 1, y se pueden aplicar los valores RMS (Potencia Media Real) para calcular la potencia disipada:

$$P = VI$$

Sustituyendo matemáticamente por ley de Ohm, se encuentra que:

$$P = I^2R, \text{ o } P = \frac{V^2}{R}$$

A partir de las ecuaciones anteriores se concluye que el circuito resistivo puro, es el único que genera en condiciones ideales para el consumo de la energía, es decir en este tipo de circuito la potencia suministrada por la fuente coincide con la potencia disipada por el dispositivo, generando así un referente de disipación de potencia o energía para otros tipos de elementos.

**Potencia en circuitos inductivos y capacitivos**

En este caso el voltaje se halla desfasado por atraso o adelanto, hasta de  $90^\circ$  respecto a los valores de corriente; esto es debido a los efectos de las impedancias propias de los elementos capacitivos y/o inductivos presentes en un circuito eléctrico y su comportamiento diferencial respecto a la frecuencia.

Es importante anotar que para determinar un valor de potencia se debe establecer el valor de voltaje y de corriente, y ello solo se puede realizar a través de los valores reales medios (RMS), que para el caso de una señal senoidal de 60 Hz, un voltaje V, una corriente I son:

$$V_{RMS} = V_{m\acute{a}x}/\sqrt{2} \quad I_{RMS} = I_{m\acute{a}x}/\sqrt{2}$$

<sup>11</sup> Boylestad, R. (1998). *Introducción al análisis de circuitos*. México: Prentice Hall.

## Potencia en circuitos resistivos<sup>11</sup>

Dado que el valor de  $\varphi$  es cero, se obtiene que el factor de potencia es 1, y se pueden aplicar los valores RMS (Potencia Media Real) para calcular la potencia disipada:

$$P = VI$$

Sustituyendo matemáticamente por ley de Ohm, se encuentra que:

$$P = I^2R, \text{ o } P = \frac{V^2}{R}$$

A partir de las ecuaciones anteriores se concluye que el circuito resistivo puro, es el único que genera en condiciones ideales para el consumo de la energía, es decir en este tipo de circuito la potencia suministrada por la fuente coincide con la potencia disipada por el dispositivo, generando así un referente de disipación de potencia o energía para otros tipos de elementos.

## Potencia en circuitos inductivos y capacitivos

En este caso el voltaje se halla desfasado por atraso o adelanto, hasta de  $90^\circ$  respecto a los valores de corriente; esto es debido a los efectos de las impedancias propias de los elementos capacitivos y/o inductivos presentes en un circuito eléctrico y su comportamiento diferencial respecto a la frecuencia.

Es importante anotar que para determinar un valor de potencia se debe establecer el valor de voltaje y de corriente, y ello solo se puede realizar a través de los valores reales medios (RMS), que para el caso de una señal senoidal de 60 Hz, un voltaje  $V$ , una corriente  $I$  son:

$$V_{RMS} = V_{m\acute{a}x}/\sqrt{2} \quad I_{RMS} = I_{m\acute{a}x}/\sqrt{2}$$

<sup>11</sup> Boylestad, R. (1998). *Introducción al análisis de circuitos*. México: Prentice Hall.

Los equipos de medida, emplean estas ecuaciones para mostrar los resultados de las mediciones. Debido a lo anterior, se evidencia la presencia de valores pico, los cuales son mayores a los indicados por nuestros instrumentos, que en un momento puede superar los parámetros de los componentes empleados. Estos comportamientos son muy críticos y son parte de lo que debe analizar el dispositivo para detectar eventuales fallas.

### Potencia en formas de onda no senoidales

Teniendo en cuenta que la relación entre tiempo, frecuencia y forma de onda altera el valor de la integral que permite determinar la potencia, el cálculo de las potencias efectivas debe cambiar, pero los valores pico se deben tener en cuenta igual que en el caso anterior.

Para el caso de onda cuadrada simétrica, es decir una señal con un 50% de ciclo útil, se tiene que los valores RMS tanto para voltaje como para corriente están dados por las siguientes expresiones:

$$V_{RMS} = 0.5V_{m\acute{a}x} \qquad I_{RMS} = 0.5I_{m\acute{a}x}$$

Para el caso de una onda triangular se tiene que el valor RMS para el voltaje y para la corriente, están dados por las siguientes expresiones:

$$V_{RMS} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{3}} = 0.577V_{m\acute{a}x} \qquad I_{RMS} = \frac{I_{m\acute{a}x}}{\sqrt{3}} = 0.577I_{m\acute{a}x}$$

En el caso del diseño objeto de este trabajo se incluirán los factores de corrección por frecuencia, las cuales son influidas también por ciclo útil. Cabe anotar que en la mayoría de los dispositivos disponibles comercialmente no se realizan este tipo de mediciones, ya que vienen diseñados para ondas senoidales a 60 Hz.

### 8.3 Conceptos propios del área de la electrónica

**Conceptos propios del área de la electrónica:** En este caso, se requiere retomar el estudio de temas tales como electrónica analógica, electrónica digital, electrónica de potencia, microprocesadores, microcontroladores y diversos tipos de dispositivos semiconductores.

#### a) Electrónica Analógica<sup>12</sup>

La electrónica analógica es la que obtiene, manipula, transmite y reproduce la información de forma que en cualquier parte del proceso la señal es una imagen fiel del original. Un ejemplo típico sería la radio; mediante un micrófono se convierte el sonido (el movimiento ondulatorio del aire) en una corriente eléctrica que inyectada en un aparato emisor, es trasladada desde el ancho de banda de la voz humana (de 5 Hz. a 20 Khz.) hasta las frecuencias muy superiores del espectro electromagnético, que pueden ser emitidas desde la antena de la emisora. Estas ondas electromagnéticas son recibidas por cualquier receptor, que las vuelve a trasladar al espectro de audición humana, las pasa por un amplificador enviando el resultado a un altavoz, que mueve el aire en contacto con su membrana produciendo sonido. En todo este proceso no se ha modificado en ningún momento la forma de la señal, aunque se haya manipulado para facilitar su transporte, tratando con una amplia gama de formas e intensidad de señales.

#### b) Electrónica Digital<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Síntesis elaborada a partir de: Boylestad, R. (2003). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. México: Pearson, Floyd, T. (2004). *Dispositivos electrónicos*. México: Pearson, Rashid, H. (2000). *Circuitos microelectrónicos*. México: Thomson y Rashid, H. (2000). *Electrónica de potencia*. México: Prentice Hall.

<sup>13</sup> Síntesis elaborada a partir de: Angulo, J. (2002). *Laboratorio de prácticas de microelectrónica*, Angulo, J. (2002). *Electrónica Digital y Microprogramable*. México: Ed. McGraw Hill, Mano, M. (2003). *Diseño digital*. México: Prentice Hall, y Tocci, R. (2003). *Sistemas digitales principios y aplicaciones*. México: Pearson.

En la electrónica digital, se manipulan únicamente dos valores, que en síntesis vienen a reducirse a la existencia o no de carga eléctrica. A estos dos valores o estados se les suele llamar "verdadero" o "falso", o más comúnmente "1" y "0". Electrónicamente se les asigna a cada uno un voltaje o rango de voltaje determinado a los que se les denomina niveles lógicos típicos en toda señal digital, (esto debido fundamentalmente a los diversos tipos de tecnologías existentes y su aplicación en los diversos dispositivos que emplean circuitos digitales; por ejemplo desde el punto de vista de la lógica positiva en los circuitos tipo TTL, cero voltios equivale a un cero lógico y 5 voltios equivale a un uno lógico, y en los circuitos tipos C-MOS el valor del nivel lógico uno, puede variar entre 2.3 voltios a 18 voltios dependiendo de las características propias del dispositivo).

Ahora bien, para que esto pueda ser posible se requiere que cualquier clase de señal ha de ser convertida en una secuencia de números; por lo tanto ha de ser *digitalizada*, de modo que la información que se transmita y manipule sea correspondiente a valores numéricos discretos, es decir secuencias de unos y ceros.

La electrónica digital, se diferencia de la electrónica analógica en que, para la primera, un valor de voltaje se codifica uno de estos dos estados, mientras que para la electrónica analógica hay una infinidad de estados de información que codificar según sea el valor del voltaje en un instante de tiempo determinado. Esta particularidad permite que, usando Álgebra Booleana y un sistema de numeración binario, se puedan realizar complejas operaciones lógicas o aritméticas sobre las señales de entrada, que serían muy costosas de realizar si se emplearan métodos analógicos.

Los sistemas digitales a partir de su aplicación y grado de integración, pueden

clasificarse del siguiente modo:

- Sistemas cableados
- Sistemas Combinacionales
- Sistemas Secuenciales
- Memorias
- Convertidores
- Sistemas Programados
- Microprocesadores
- Microcontroladores

Desde la década de los años setenta y hasta los tiempo actuales, la electrónica digital ha alcanzado una gran importancia debido a que es la piedra angular para la construcción de los sistemas microprogramados, tales como son los ordenadores o computadoras, también se encuentra embebida en equipos que involucran sistemas de control, sistemas analógicos, electrodomésticos y además es utilizada para la construcción de autómatas programables.

#### **8.4 Conceptos propios del área de la metrología eléctrica**

Es indudable que la medición y la realización de los procesos que permiten evidenciarla juegan un papel importante en la vida de la sociedad ya que precisamente, está se encuentra en cualquier actividad cotidiana que realizamos. Por ejemplo, un conductor de automóvil estima la cantidad de combustible que debe comprar en función de la distancia que debe recorrer de tal forma que se garantice la llegada a su destino, calculamos el tiempo que tardamos en llegar al trabajo para así no incumplir con el

horario establecido, la empresa de energía calcula la factura a partir del consumo que realizamos, etc.

Frente a la necesidad humana de realizar mediciones, surge el concepto de “metrología” como la “ciencia de la medición”. Ahora bien, aunque no hay una definición clara y completa de ella y en atención que se encuentra inmersa en todas las facetas del quehacer humano, algunos especialistas proponen la siguiente definición como aproximación: “La metrología es la ciencia que tiene por objeto el estudio de las propiedades medibles, las escalas de medida, los sistemas de unidades, los métodos y técnicas de medición, así como la evolución de lo anterior, la valoración de la calidad de las mediciones y su mejora constante, facilitando el progreso científico, el desarrollo tecnológico, el bienestar social y la calidad de vida”. En este orden de ideas, la metrología comprende todos los aspectos, tanto teóricos como prácticos, que se refieren a las mediciones cualesquiera que sea su origen, es decir se incluyen aspectos del campo de la vida, de la ciencia y el de la tecnología, en que tengan lugar.

La metrología abarca fundamentalmente tres actividades:

- La definición de las unidades de medida internacionalmente aceptadas.
- La realización de las unidades de medida por métodos científicos.
- El establecimiento de las cadenas de trazabilidad, determinando y documentando el valor y exactitud de una medición.

Se considera que la metrología se divide en tres categorías, cada una de ellas con diferentes niveles de complejidad y exactitud:

**1. La metrología científica:** es la que se ocupa de la organización, desarrollo de los patrones de medida y de su mantenimiento.

de Cooper, W. et al. (1991); Instrumentación Electrónica Moderna, México: Prentice y Técnicas de Medición y Pérez, M. et al. (2006), Instrumentación Electrónica, España: Thomson.

**2. La metrología industrial:** es la que asegura el adecuado funcionamiento de los instrumentos de medición empleados en la industria y en los procesos de producción y verificación.

**3. La metrología legal:** es la que se ocupa de aquellas mediciones que influyen sobre la transparencia de las transacciones comerciales, la salud y la seguridad de los ciudadanos.

Esta investigación centra su estudio en la segunda categoría, ya que su objeto busca garantizar el adecuado funcionamiento de los instrumentos de medición (voltímetros, amperímetros y frecuencímetros) que se diseñaron en la primera etapa y los instrumentos que se diseñan en la presente investigación.

Para dar cuenta de ello, se tomarán en consideración las siguientes definiciones<sup>14</sup>:

**Medir:** es el procedimiento mediante el cual se puede conocer la magnitud de un objeto comparándolo con otro de la misma especie que le sirve de base o patrón.

**Magnitud:** es una propiedad que poseen los cuerpos de tal forma que se pueda medir.

**Patrón de medición:** es la representación física de una unidad de medición. Donde una unidad se referencia a un patrón físico arbitrario o a un fenómeno natural que incluye constantes física y atómicas. Por lo tanto, existen patrones tanto para las unidades fundamentales como para las derivadas.

**Instrumentación:** según Ferrero (1981) citado por Pérez (2006) “la instrumentación comprende todas la técnicas, equipos y metodologías relacionadas con

<sup>14</sup> Estas definiciones son una síntesis elaborada a partir de: Cooper, W. et al. (1991). Instrumentación Electrónica Moderna. México: Prentice y Técnicas de Medición y Pérez. M. et al. (2006). Instrumentación Electrónica. España: Thomson.

el diseño, la construcción y la aplicación de dispositivos físicos para mejorar, completar y aumentar la eficiencia de los mecanismos de percepción del ser humano”.

**Instrumentación Electrónica:** es la técnica que se ocupa de la medición de cualquier tipo de magnitud física, de la conversión de la misma a magnitudes eléctricas y de su respectivo tratamiento para proporcionar la información adecuada y necesaria a un operador humano, a un sistema de control electrónico o en su defecto a ambos.

**Sistema de medida electrónico:** es un equipo cuya finalidad es la obtener información acerca de un proceso físico y presentar dicha información en la forma adecuada para un observador humano o para otro sistema de control.

Ahora bien, en virtud que la metrología eléctrica está constituida primordialmente por tres grandes ramas: tiempo y frecuencia, mediciones electromagnéticas y termometría. Se hace necesario que a partir de estas tres divisiones y de los diversos fenómenos que se desean medir, se realice el diseño y construcción de dispositivos específicos para tomar medidas eléctricas y/o electrónicas.

Por lo tanto, la importancia de los instrumentos eléctricos de medición es invaluable, ya que mediante su uso se pueden medir magnitudes eléctricas, como corriente eléctrica, carga, diferencia de potencial, energía, temperatura, etc., o en su defecto con ellos se pueden evidenciar las características eléctricas propias de los circuitos eléctricos y electrónicos tales como la resistencia, la capacitancia y la inductancia. Además, como valor agregado estos instrumentos permiten localizar las causas de una operación defectuosa en diversos aparatos eléctricos.

La información que suministran y presentan los instrumentos de medición eléctrica al usuario, se muestra normalmente en una unidad eléctrica estándar, es decir

en ohmios, voltios, amperios, culombios, henrios, faradios, vatios o julios. De ahí, que dependiendo de su aplicación se consiguen en el mercado una gran variedad de instrumentos, bien sea los de uso específico, los cuales permiten realizar solo un tipo de medida para un solo fenómeno o instrumentos que permiten a partir de un selector de funciones escoger el instrumento adecuado para evaluar diversos fenómenos, estos aparatos son comúnmente llamados polímetros o multímetros. Sin embargo, de acuerdo a la forma como son construidos, solamente permiten evaluar un solo fenómeno a la vez.

### **8.5 Instrumentos y módulos de medición para uso en electrónica**

El mercado de los instrumentos de medida para uso en electrónica es muy amplio y diverso. Los fabricantes día a día producen nuevas versiones de instrumental empleados en los laboratorios o en las empresas. Sin embargo, pese a esa gran diversidad de modelos existentes, se evidencia que la gran mayoría de los fabricantes continúan produciendo equipos de medición que pese a integrar diversas funciones como por ejemplo un multímetro básico permite medir voltajes AC, voltajes DC, corriente AC, corriente DC y resistencia, estos aparatos como se expresó con anterioridad solamente permiten medir un solo fenómeno a la vez; por lo que, si el usuario desea realizar varias mediciones en forma simultánea, requerirá de tantos instrumentos de medición como mediciones deba realizar.

A partir de la revisión efectuada principalmente en manuales de distribuidores de equipos de laboratorio, en las páginas de internet de los principales fabricantes de instrumentos de medida y equipos didácticos y en las páginas de los diversos distribuidores de equipos de medida que son comercializados en nuestro país, así como en la revisión de los trabajos realizados grupos de investigación en el área de ingeniería de otras universidades tanto a nivel internacional como a nivel nacional, se encontraron

algunos equipos para laboratorio y/o trabajos realizados los cuales se relacionan a continuación:

Calle y otros (2008-2009), presentaron el trabajo titulado “Diseño y Construcción de un Módulo Disparador de SCR’s Mediante un Sistema Microcontrolado para los Bancos de Trabajo LABVOLT® del Laboratorio de Electrónica de Potencia de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca”, el objeto de este trabajo tenía como finalidad la construcción de un módulo basado en el uso de microcontroladores para controlar el ángulo disparo de SCR’S de tal forma que se adaptara a los bancos de trabajo marca LABVOLT®, empleados para el desarrollo de las prácticas realizadas por los estudiantes en los laboratorios de potencia.

La facultad de Ingeniería Electrónica de la Fundación Tecnológica Autónoma del Pacífico, ubicada en la ciudad de Cali – Colombia, lidero el proyecto titulado “Diseño y construcción de un banco de comunicaciones digitales”, el objeto de este trabajo consistió en elaborar un modelo didáctico que a su vez fuera una herramienta útil tanto para docentes como estudiantes para evidenciar y entender en la práctica los conceptos básicos y la terminología necesaria para transmitir una comunicación digital, permitiendo a su vez analizar y observar físicamente el comportamiento de una señal modulada.

Samaniego (2005), profesional adscrito a la División de Instrumentación del Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones (INICTEL) Perú, presentó el trabajo titulado “Módulo de enseñanza para modulación analógica y digital basada en microcontrolador (PIC) y asistida por PC (MA/D - PC)”, el objeto de este trabajo consistió en diseñar e implementar un módulo de enseñanza para la

capacitación en laboratorios de comunicaciones electrónicas, realizado con base al uso de microcontroladores PIC y de una interfaz de adquisición de datos que se comunica con la PC, empleó para ello diferentes etapas las cuales permiten procesar una señal para luego ser mostrada en la pantalla de una computadora, a través de una interfaz gráfica muy amigable. La utilidad de este proyecto radica en que es una herramienta para ser utilizada en los laboratorios de las universidades y de institutos de educación superior para evidenciar en la práctica los procesos realizados en la modulación de señales.

La empresa National Instruments (NI), desde el año 2008 tiene a disposición del mercado tanto a nivel industrial como a nivel educativo el módulo NI ELVIS II, el cual es un componente fundamental de la Plataforma de Educación para Electrónica. Esta plataforma de prototipos y diseño educacional de NI, está basada en el sistema gráfico de diseño de software de LabVIEW y junto con NI Multisim, la herramienta líder para simulación de circuitos SPICE, es utilizada para enseñar conceptos de diseño de circuitos, instrumentación, control, telecomunicaciones entre otros y posee un total de 12 instrumentos de medición virtuales, por lo que requiere de un PC externo para su funcionamiento.

La empresa española EDIBON, a fin de favorecer los procesos de enseñanza en el área de la electrónica y electricidad básica, ofrece al mercado de las instituciones de educación un sistema modular compuesto por cinco elementos: una fuente de poder, un sistema de software de enseñanza asistido por computador, un sistema de adquisición de datos, instrumentación virtual y un grupo de tarjetas orientadas específicamente al estudio de temas de la electrónica y electricidad.

Partiendo de esta revisión, se puede determinar que la gran mayoría de los

trabajos relacionados con el diseño de módulos de laboratorio, han estado orientados a solucionar problemas específicamente de un área de estudio, bien sea para aplicaciones en comunicaciones, modulación de señales y usos industriales como es el disparo de SCR's, que a su vez restringen la aplicación de dicho módulo para el estudio de otras áreas y/o de circuitos eléctricos diferentes, ya que cada una de las tarjetas de circuitos diseñadas por sus fabricantes solo se pueden emplear para evidenciar una aplicación específica. El único equipo que en parte permite el estudio y evaluación de circuitos fuera de las tarjetas de uso específico es el NI ELVIS II, ya que posee una tarjeta de uso universal. Sin embargo, este equipo para evidenciar las medidas realizadas y que en síntesis está compuesto por una fuente de poder, un generador de funciones, un slot para la instalación de tarjetas y una tarjeta de adquisición de datos, requiere del uso de un computador adicional ya que toda la instrumentación que posee es virtual.

## 9.2 Método y/o Diseño de la Investigación

Puesto que esta investigación asume el rediseño y mejora del módulo de pruebas versión 1.0 desde el punto de vista del desarrollo tecnológico como ruta que orientará su diseño. Para este proyecto se deberá tener en cuenta las características y delimitaciones establecidas en el trabajo de investigación anterior:

- Componentes de fácil consecución en el mercado colombiano,
- Componentes de actualidad y poca obsolescencia,
- Componentes de uso frecuente para la electrónica y las telecomunicaciones,

---

<sup>15</sup> Una investigación del tipo desarrollo tecnológico, consiste en trabajos sistemáticos basados en conocimientos existentes, obtenidos mediante investigación y/o experiencia práctica, que se dirigen a la fabricación de nuevos materiales, productos o dispositivos; a establecer nuevos procesos, sistemas y servicios; o a la mejora sustancial de los ya existentes.

## 9. MARCO METODOLÓGICO

### 9.1 Tipo de estudio

El proyecto de investigación “Rediseño, actualización e implementación de nuevas funciones para la versión 1.0 del módulo de pruebas para prácticas de laboratorio en Electrónica” se ubica en los lineamientos estipulados en la línea de investigación “Análisis, Diseño y Construcción de Soluciones en Tecnología (ADCOST)” de la Escuela de Ingeniería de la Corporación Universitaria Unitec, donde uno de sus objetivos es el desarrollo de tecnologías endógenas.

En este sentido, y de acuerdo a lo expresado en el Manual de Frascati, la investigación que subyace a este proyecto de investigación es del tipo desarrollo tecnológico<sup>15</sup>.

### 9.2 Método y/o Diseño de la investigación

Puesto que ésta investigación asume el rediseño y mejora del módulo de pruebas versión 1.0 desde el punto de vista del desarrollo tecnológico como ruta que orientará su diseño. Para éste proyecto se deberá tener en cuenta las características y delimitaciones establecidas en el trabajo de investigación anterior:

- Componentes de fácil consecución en el mercado colombiano,
- Componentes de actualidad y poca obsolescencia,
- Componentes de uso frecuente para la electrónica y las telecomunicaciones,

<sup>15</sup> Una investigación del tipo desarrollo tecnológico, consiste en trabajos sistemáticos basados en conocimientos existentes, obtenidos mediante investigación y/o experiencia práctica, que se dirigen a la fabricación de nuevos materiales, productos o dispositivos; a establecer nuevos procesos, sistemas y servicios; o a la mejora sustancial de los ya existentes.

- El sistema debe ser completamente modular, donde cada subsistema debe ser completamente autónomo y de fácil mantenimiento,
- Debe tener los respectivos sistemas de protección para: corto circuito, sobre voltajes, excesiva disipación térmica, ruido eléctrico, entre otros,
- Deben estar identificados y referenciados cada uno de sus componentes, partes y subsistemas,
- El sistema debe brindar compatibilidad total con los diversos instrumentos de medición empleados en los laboratorios de Electrónica.

Por lo tanto, la investigación requirió del desarrollo de tres fases que permitieron dar cuenta del objetivo propuesto.

### **9.3 Participantes**

Para el desarrollo de este proyecto se tuvo en cuenta, algunas de las sugerencias propuestas por docentes de la Escuela de Ingeniería así como las de algunos estudiantes del programa de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Corporación Universitaria Unitec. Sin embargo, ninguno de ellos participaron activamente en el desarrollo del proyecto.

### **9.4 Instrumentos y Equipos**

Partiendo del enfoque metodológico que se siguió en esta investigación, para cada una de las diferentes fases se requirió de la utilización de diverso instrumental de laboratorio, tales como osciloscopios, contadores de frecuencia, generadores de señal, multímetros, fuentes de poder etc., de tal forma que permitieron contrastar el avance del proceso investigativo.

## 9.5 Procedimiento

### 10. PROCEDIMIENTO

La investigación exigió diferentes momentos para su desarrollo. Se trató de una visión sistemática que dio cuenta de las diferentes etapas que se debieron recorrer para determinar y solucionar las fallas presentadas en la versión 1.0 y a su vez también permitió dar cuenta de las etapas que se debieron seguir para realizar los diseños correspondientes a la ampliación de funciones y su impacto en el manejo y presentación de información para la propuesta de la versión 2.0. Por lo tanto, ésta investigación se centró en el desarrollo de tres fases, a saber:

**Primera Fase:** Se identificó, analizó y se encontró la solución a cada una de las causas que generaron el mal funcionamiento en el prototipo del módulo versión 1.0, por lo tanto, se determinó cuales son las especificaciones que debe cumplir a nivel eléctrico, electrónico y mecánico la versión 2.0 del módulo de pruebas.

**Segunda Fase:** Se identificó los problemas presentados por la pérdida de información en el bus de datos y se definió cuáles son los parámetros más adecuados para evitar dicha pérdida. A su vez, se identificó en qué medida la ampliación de servicios al módulo afecta el manejo y presentación de datos, de tal forma que siguieran siendo útiles para el usuario.

**Tercera Fase:** Se realizó el rediseño, tanto a nivel de hardware como de software del módulo y los diversos subsistemas que lo conformaban y se realizó el diseño de los nuevos subsistemas que conforman la ampliación en servicios del módulo de pruebas.

## 10. PROCEDIMIENTO

Este proyecto de investigación, requirió para su completo desarrollo de la realización de las tres fases mencionadas anteriormente. En los siguientes apartados se relaciona cada una de las fases que dieron cuenta del desarrollo de este proyecto.

### 10.1 Fase uno: Identificación y solución de problemas presentados en la versión 1.0

En ésta fase, se procedió a la revisión y determinación de las causas por las cuales el prototipo presentaba un comportamiento anómalo en la toma y presentación de datos, encontrando entre ellas las siguientes causas:

- a) A partir de una de las restricciones que se habían planteado en los objetivos iniciales del anterior proyecto ya que se buscaba al máximo la reducción de costos, al diseñar las placas de circuito impreso para los diferentes subsistemas que en su momento se establecieron deberían componer el módulo de pruebas, se tomó la decisión de emplear placas para circuito impreso de tipo fenólico de una faz, ya que éstas son las más económicas que se encuentran en el mercado, en contraposición de las placas tipo epoxy glass, que son más costosas.
- b) Debido a la gran densidad de componentes electrónicos que se debieron alojar en cada una de las tarjetas, al realizar el diseño del circuito impreso y con la restricción de emplear solamente una capa de cobre, fue necesario aglutinar al máximo los espacios entre las pistas de cobre, esto ocasionó principalmente tres inconvenientes:
  - El primero, y a fin de solventar la falta de tarjetas de circuito impreso de

- diversas capas, es necesario el incremento de puentes de cobre, los cuales se debían realizar manualmente, esto ocasiona puntos probables de mal funcionamiento por malas soldaduras en los impresos y por ende pérdida de información;
- El segundo es el generado por la aparición de capacitancias parásitas entre las pistas de cobre, ya que debido a su cercanía al trabajar en altas frecuencias y dependiendo del tipo de circuito sometido a verificación, aparecen estas capacitancias ocasionando interferencia de tal forma que en las lecturas realizadas presenten errores, por ende se pierde credibilidad en el proceso de medición;
  - El tercer inconveniente presentado consecuencia del empleo de tarjetas para circuitos impresos tipo fenólico está directamente relacionado con el ancho de las pistas de cobre, ya que al aglutinar muchos componentes electrónicos en áreas pequeñas, el ancho de la pista de cobre se reduce notablemente y al ser sometidas al calor del cautín para soldar los respectivos componentes, se alcanza a recalentar el material, generando el desprendimiento de la cinta de cobre del sustrato (baquelita) que la sostiene, dañándose el impreso.
- c) Puesto que diferentes tarjetas de circuito impresos que alojan la circuitería electrónica que componen los diversos instrumentos de medición implementados en el prototipo versión 1.0, se ubicaron en el fondo de la caja módulo de pruebas, se propone las siguientes soluciones que se consideró mejoraron que se diseñó para soportar el prototipo, fue necesario el empleo de cable eléctrico calibre 24 AWG para realizar la respectiva interconexión entre los

- a) diversos terminales de prueba ubicados en la parte superior de la caja y la respectiva tarjeta de circuito impreso, esto genera entre otras cosas la inclusión de resistencias adicionales entre el terminal de prueba y el dispositivo que está en proceso de evaluación y que aunque son de pequeño valor afectan considerablemente la realización de una lectura y por ende
- b) aumenta el índice de error presentado en las diversas mediciones.

- d) Otra causa que se considero estaba generando interferencia en la realización de los procesos de medición, era la producida por la fuente de alimentación.

En el diseño del prototipo versión 1.0 y también a fin de reducir al máximo los costos, se empleo una fuente suicheada tipo ATX, cuya función era la de generar todos los voltajes necesarios para cada uno de los subsistemas y además suministraba la alimentación para el montaje de los circuitos experimentales.

Por lo tanto, se llegó a la conclusión que esta fuente estaba sobre utilizada ya que además pese a poseer los respectivos circuitos de protección y aunque no se sobrepasaran los límites de funcionamiento los consumos de corriente en determinados casos eran altos, generando por consiguiente caídas momentáneas de tensión que afectaban el normal funcionamiento de los circuitos de medición.

Consecuencia del análisis de las causas presentadas en los párrafos anteriores que afectaron de manera sustancial el rendimiento del prototipo de la versión 1.0 del módulo de pruebas, se propone las siguientes soluciones que se considera mejoraran sustancialmente el funcionamiento del nuevo prototipo:

- a) Para el diseño y construcción de los circuitos impresos de cada uno de los subsistemas que componen el módulo de pruebas, se recomienda el empleo de placas tipo epoxy glass (placas para circuito impreso en fibra de vidrio mínimo de dos o más capas) ya que estas poseen características mecánicas y eléctricas superiores a las placas para circuito impreso de resina fenólica.
- b) Al realizar el diseño de impresos empleando tarjetas de doble faz, se reduce de manera significativa la realización de puentes entre las dos caras ya que en el diseño se contempla la construcción de placas con agujeros pasantes (tecnología through-hole PCB), por lo tanto se reduce al máximo los problemas presentados por malas soldaduras.

Las tarjetas para circuito tipo epoxy glass, presentan una permitividad baja. La permitividad, se define como es una constante física que describe cómo un campo eléctrico afecta y es afectado por un medio. En el sistema internacional se mide en Faradios por metro (F/m).

En un condensador, una alta permitividad hace que la misma cantidad de carga eléctrica se almacene con un campo eléctrico menor y por ende, a un potencial menor, llevando a una mayor capacitancia del mismo. Por consiguiente a un valor bajo de permitividad el valor de la capacitancia será menor por lo que las características eléctricas de las tarjetas epoxy glass, son superiores y trabaja bien en altas frecuencias ya que no se presentan capacitancias parásitas altas.

Adicional a las mejoras en el comportamiento eléctrico presentadas por las tarjetas tipo epoxy glass frente a las tarjetas de baquelita, estas también

presentan mejoras sustanciales en sus características mecánicas, tales como mayor resistencia al fuego, mayor resistencia a la flexión y a las fracturas dando como resultado que las pistas de cobre no se fracturen tan fácilmente como sucede con las tarjetas a base de resinas fenólicas.

c) Se hace necesario reducir al máximo el empleo de cables conductores entre los terminales propios de conexión y las entradas de datos de las tarjetas de instrumental, esto con el fin de reducir la incorporación de resistencias adicionales que por ende introducen errores en la medición realizada en un experimento.

d) Puesto que el prototipo versión 1.0 emplea una sola fuente de poder y esto generó problemas de mal funcionamiento en la regulación de voltajes para el suministro de energía de cada uno de los subsistemas, en la versión 2.0 se contempla el empleo de dos fuentes completamente independientes, la primera se dedicará exclusivamente a suministrar las diferentes tensiones que requieren los subsistemas de medición, es decir, el subsistema de voltímetros amperímetros, el subsistema de frecuencímetros, el subsistema de unidad central de proceso y los nuevos subsistemas incorporados a la versión 2.0, compuestos por un ohmiómetro, un capacímetro, un inductómetro y dos generadores de onda.

En este orden de ideas, las características de las fuentes de poder que se requieren para el nuevo prototipo, se pueden resumir en la siguiente tabla:

**Tabla 4 Resumen Características eléctricas Subsistema fuente de alimentación versión 2.0**

**a) Fuente para soporte de instrumentos de medición:**

Voltaje entrada:	110-220VAC, 1A
Voltaje de salida:	El sistema opera con fuente dual con dos voltajes fijos
Voltaje de salida positivo:	12VDC y 5VDC con una corriente máxima de 3A
Voltaje de salida negativo:	-12VDC y -5VDC con una corriente máxima de 1A

**b) Fuente para soporte de experimentos:**

Voltaje entrada:	110-220VAC, 1A
Voltaje de salida:	El sistema opera con una fuente dual cuyo voltaje y corriente de salida son programables.
Voltaje de salida positivo:	1.2 a 10.5VDC con una corriente máxima de 3A
Voltaje de salida negativo:	-1.2 a -10.5VDC con una corriente máxima de 1A

**10.2 Fase dos: Identificación y solución de problemas presentados por pérdida de información en el bus de datos de la versión 1.0**

En ésta fase, se procedió a la revisión, determinación y solución a las causas por las cuales el prototipo versión 1.0 presentaba pérdida de información en el bus de datos en el momento de realizar en los diversos subsistemas cambios de programación y a su vez, en esta fase se realizó el estudio referente al impacto producido por la incorporación de nuevas funciones frente al manejo y presentación de datos, de tal forma que siguieran siendo útiles para el usuario.

Al momento de realizar cambios es la programación de cada uno de los

subsistemas, se encontró que en algunos casos no era posible realizar este procedimiento. Por lo tanto, al verificar las causas que estaban originando este problema se encontró que al aislar del resto del módulo el subsistema al cual se le desea modificar la programación este procedimiento si se podía realizar, por lo que se determinó que los problemas de atenuación de señales y en casos extremos pérdida de información en el bus de transmisión de datos, está originado por deficiencia en el manejo de corriente eléctrica en el bus I2C.

En este orden de ideas se presentan varias alternativas como solución al problema presentado en el bus I2C, la más sencilla consiste en modificar las resistencias de pull-up para así de esta forma asegurar un nivel alto cuando ninguno de los dispositivos que están conectados al bus llevan las líneas a un nivel bajo, en este caso se considera que una resistencia con un valor de  $4.7K\Omega$  es satisfactoria para la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo, también se encuentra que una de las posibles fallas presentadas en el bus I2C corresponde a la originada en los otros subsistemas debido al diseño de los circuitos impresos con tarjetas para circuito impreso de tipo fenólico de una sola faz o cara, por lo tanto al realizar el rediseño del subsistema de unidad central de proceso se tiene en cuenta los dos aspectos mencionados anteriormente, es decir se ajusta a resistencias de  $4.7K\Omega$  y se diseñara el circuito impreso empleando tarjetas tipo epoxy glass de doble faz con agujeros pasantes metalizados.

También se considera el ajuste en la programación del microcontrolador de la unidad central de proceso, a fin de aproximar lo más posible los parámetros empleados por la interfaz I2C a los establecidos por el fabricante del dispositivo.

En esta fase también se identificó en qué medida la ampliación de servicios al

módulo afecta el manejo y presentación de datos, de tal forma que siguieran siendo útiles para el usuario.

En este sentido a partir de uno de los objetivos propuestos en esta investigación donde se propone ampliar e incorporar nuevos instrumentos, se encontró que respecto a los dispositivos de visualización requeridos uno por cada uno de los instrumentos implementados, se genera el empleo de una gran cantidad de dispositivos tipo LCD, los cuales deben ser ubicados en la superficie de trabajo del módulo. En el prototipo versión 1.0 se emplearon un total de cinco (5) display tipo LCD, distribuidos así: uno para la fuente de alimentación, dos para los subsistemas voltímetro-amperímetro, uno para el subsistema de frecuencímetros y uno para la unidad central de proceso. La ampliación en instrumentos incorpora al nuevo prototipo un capacímetro, un inductómetro, un ohmiómetro y dos generadores de funciones que en un momento determinado requerían de algún dispositivo de lectura a fin de validar el valor de la frecuencia que están generando.

Por lo tanto, a partir de esta ampliación en instrumentos, el nuevo módulo de pruebas, versión 2.0 tendrá un total de diez (10) display de cristal líquido (LCD), lo que afecta notablemente el impacto y versatilidad del sistema ya que el usuario debe supervisar demasiados elementos de presentación de información y además la superficie de trabajo queda con demasiados controles que pueden ocasionar por malas conexiones realizadas por el usuario, un mal funcionamiento del dispositivo o en su defecto generar por parte del mismo una mala interpretación de las lecturas obtenidas y por ende obtener resultados erróneos en un experimento.

A fin de reducir lo máximo posible la cantidad de dispositivos de visualización

De acuerdo con los planteamientos establecidos en las dos fases anteriores y a fin

empleados en el prototipo versión 2.0, se tomó la decisión de combinar instrumentos de medición en uno solo, razón por la cual se implementa el capacímetro y el inductómetro en un solo instrumento de medición; para el diseño del ohmiómetro por cuestiones de diseño requiere del uso de un dispositivo propio de visualización, respecto a los dispositivos de visualización para los generadores de funciones se tomó la decisión de suprimirlo, en razón a que el prototipo original posee dos frecuencímetros y estos se pueden emplear para realizar la medida de frecuencia programada por el usuario para cada uno de los dos generadores de función. Además, se logra una reducción de costos ya que si al diseño del generador de funciones se le pretende incorporar un sistema de visualización de frecuencia, este sistema corresponde precisamente a un frecuencímetro.

Por lo tanto, al reducir al máximo los dispositivos de visualización, el prototipo de la versión 2.0 posee un total de siete (7) dispositivos tipo LCD, permitiendo de esta forma reducir el impacto visual y a su vez sigue siendo útil para el usuario la información que suministran estos dispositivos de visualización.

### **10.3 Fase Tres: Rediseño de los subsistemas de la versión 1.0 y diseño de nuevos subsistemas**

La fase tres centró sus actividades en la revisión y rediseño tanto a nivel de hardware como de software de cada uno de los subsistemas inicialmente incorporados en el módulo prototipo versión 1.0. Además, se realizó el diseño de los nuevos subsistemas que conforman la ampliación en servicios del módulo de pruebas.

En total se evaluaron y rediseñaron un total de cuatro subsistemas, los cuales se relacionan a continuación:

#### **10.3.1 Subsistema de la fuente de alimentación**

De acuerdo con los planteamientos establecidos en las dos fases anteriores y a fin

de solucionar los problemas presentados por el uso de una sola fuente de alimentación para que el prototipo fuera funcional y en la medida de lo posible autónomo, se tomó la decisión de emplear dos fuentes de alimentación. La base de cada una de estas fuentes se conserva respecto al prototipo anterior, es decir, se emplearan fuentes suicheadas tipo ATX. Sin embargo, los usos para cada una de las fuentes son completamente diferentes, en el sentido que una de estas fuentes se emplea para el suministro de los voltajes necesarios para soportar cada uno de los subsistemas de instrumentos de medición (voltímetro-amperímetro, frecuencímetro, unidad central de proceso y por supuesto los nuevos instrumentos de medición que se le incorporan al nuevo prototipo); la segunda fuente se destina únicamente para la generación de los voltajes necesarios para realizar la evaluación de los diversos experimentos que se deseen verificar.

Puesto que los voltajes requeridos para el adecuado funcionamiento de cada uno de los subsistemas de medición corresponden a  $\pm 5V$ . y  $\pm 12 V$ . y puesto que las fuentes ATX suministran estos voltajes, se decidió que la fuente destinada para esta función no se modifica, es decir se emplea de acuerdo a las especificaciones dadas por el fabricante, por lo cual no se le adiciona ningún sistema de protección adicional. Sin embargo, la fuente destinada para suplir la energía en los experimentos que en un futuro se implementaran por parte de los estudiantes, se debe adaptar y proteger, por lo tanto fue necesario rediseñar los respectivos circuitos de monitoreo y protección contra cortocircuito en las salidas. Por lo cual se realizaron las siguientes actividades:

**a) Obtención de niveles de voltaje variable:**

Puesto que las fuentes tipo ATX suministran voltajes positivos y negativos fijos de 5 y 12 voltios y por requerimientos propios del proyecto, se requiere de la generación de voltajes que se puedan variar entre diferentes

rangos de valores, fue necesario a partir de la sección de voltaje de +12V y -12V de la fuente tipo AXT, adicionar la circuitería a fin de lograr obtener voltajes variables. Por tal motivo, esta fuente se debe conectar a un circuito regulador de voltaje tipo dual, el cual está basado fundamentalmente en un circuito integrado regulador de voltaje positivo referencia LM350 y un regulador de voltaje negativo correspondiente al circuito integrado referencia LM337.

Con esta configuración se logró obtener hasta 1 amperio en el sector negativo de la fuente y hasta 3 amperios en el positivo de la misma, a un valor máximo de 10.5 voltios tanto en la sección positiva como la sección negativa.

**b) Circuitos de monitoreo para niveles de voltaje:**

Con la adición de los circuitos anteriores, se logra obtener variación en los niveles de salida de voltaje en la segunda fuente, sin embargo este sistema no posee la circuitería necesaria para realizar el monitoreo de dichos valores de voltaje ni los circuitos de protección por sobrecarga que deberían proteger la salida de la fuente. Por lo tanto, además de la sección de fuente dual, se adicionan los circuitos de monitoreo de la fuente, los cuales están basados en el uso de un microcontrolador PIC 16F876A, el cual se encarga de leer y analizar la información obtenida de la fuente para así visualizar los valores de corriente y voltaje que se están suministrando en un momento determinado de tiempo. Este microcontrolador, también se encarga de controlar los circuitos del display de exhibición de datos, los sensores de voltaje y corriente y los circuitos que se encargan de proteger el sistema de la

fuelle en caso de sobrecargas.

El dispositivo de monitoreo recibe las señales provenientes de la fuente, por tal motivo, se debe emplear un sistema de acoplamiento entre la etapa de fuente dual y la etapa de monitoreo propiamente dicha. Para lograr este fin, se empleo el amplificador operacional TL084. Con el uso de este amplificador, se logro obtener un nivel de impedancia lo suficientemente alto de tal forma que al realizar el proceso de toma de muestras de voltaje y corriente, estas no se vieran afectadas en su valor, además el empleo de este amplificador permitió acoplar los 10.5 voltios máximo de salida de la fuente a un nivel de 5 voltios que es el voltaje máximo de entrada que requiere el conversor análogo digital del microcontrolador empleado en este circuito de control.

El circuito de monitoreo además de poseer una sección de voltímetros (uno para la fuente positiva y uno para la fuente negativa) posee una sección de amperímetros, esto con el fin de obtener datos globales de corriente suministrada por la fuente y así poder realizar las respectivas mediciones de potencia suministrada por la fuente empleada para la realización de experimentos. Además, a fin de obtener un mayor grado de protección en esta fuente, se incorporó un sistema de control activado por RELES, el cual protege el sistema de eventuales sobrecargas originadas por corto-circuitos realizados por mal uso del equipo por parte del usuario o en su defecto por errores de diseño o implementación en un montaje experimental.

Al verificar el funcionamiento de este subsistema en el prototipo

versión 1.0, se encontraron fallas, especialmente en el circuito de monitoreo de corriente. Por lo tanto se procedió a realizar el rediseño del prototipo original debiendo modificar a nivel de hardware la sección de toma de muestras correspondiente al circuito del amperímetro y por ende también se debió ajustar el programa del microcontrolador.

La modificación a nivel a hardware, consistió en reemplazar los circuitos diferenciadores encargados de censar el nivel de corriente, por dos amplificadores operacionales inversores los cuales se colocaron a manera de voltímetros, realizando de forma indirecta la medición de corriente, la cual es calculada de forma indirecta por el microcontrolador, a partir de la diferencia de voltaje presente en los terminales de la resistencia de  $0.1\Omega$ .

La modificación a nivel de software para este subsistema, consistió en incrementar la resolución de lectura del convertidor análogo digital de 8 a 10 bits, de tal forma que se pudiera detectar con una buena resolución las variaciones de voltaje presentadas en la resistencia de  $0.1\Omega$ . A partir de esta información, el microcontrolador empleando la ecuación de la ley de Ohm calcula el valor de la corriente total suministrada por la fuente de alimentación.

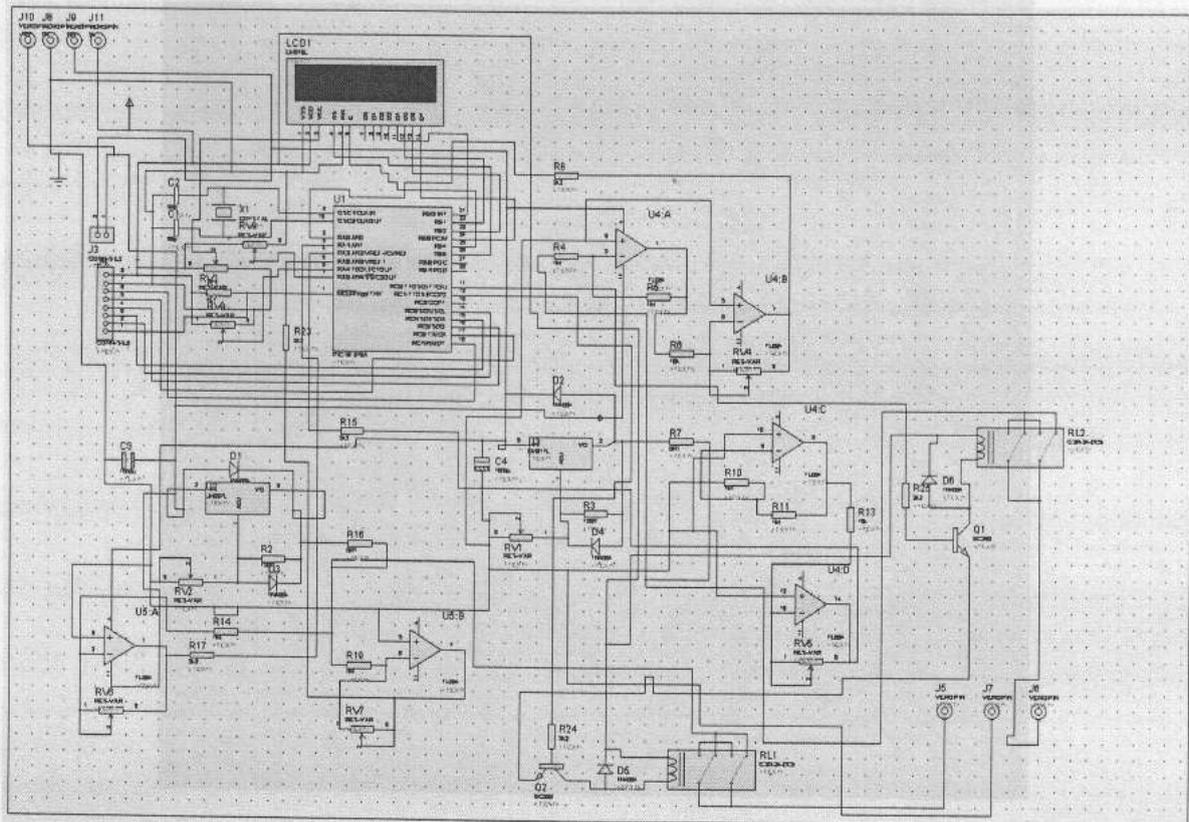
La diferencia entre los datos obtenidos entre la entrada y la salida de la resistencia de  $0.1\Omega$  son comparados con la información proveniente del terminal conversor análogo digital empleado por el usuario para efectuar el control de corriente, este valor supera al valor dado por el usuario el circuito automáticamente se protege activando el relé de sobrecorriente, el cual tardará

12 milisegundos aproximadamente en activarse, tiempo suficiente para evitar daños en el subsistema de alimentación. Sin embargo, si por algún motivo este sistema de protección de sobrecorriente no llegase a funcionar adecuadamente, el subsistema de la fuente de alimentación queda salvaguardado por las características propias de protección de sobrecorriente que poseen los reguladores LM350 y LM337 y que son estipuladas por el fabricante del dispositivo.

En este sentido, cabe aclarar que aunque la fuente del sistema se protege, el circuito bajo prueba puede llegar a destruirse.

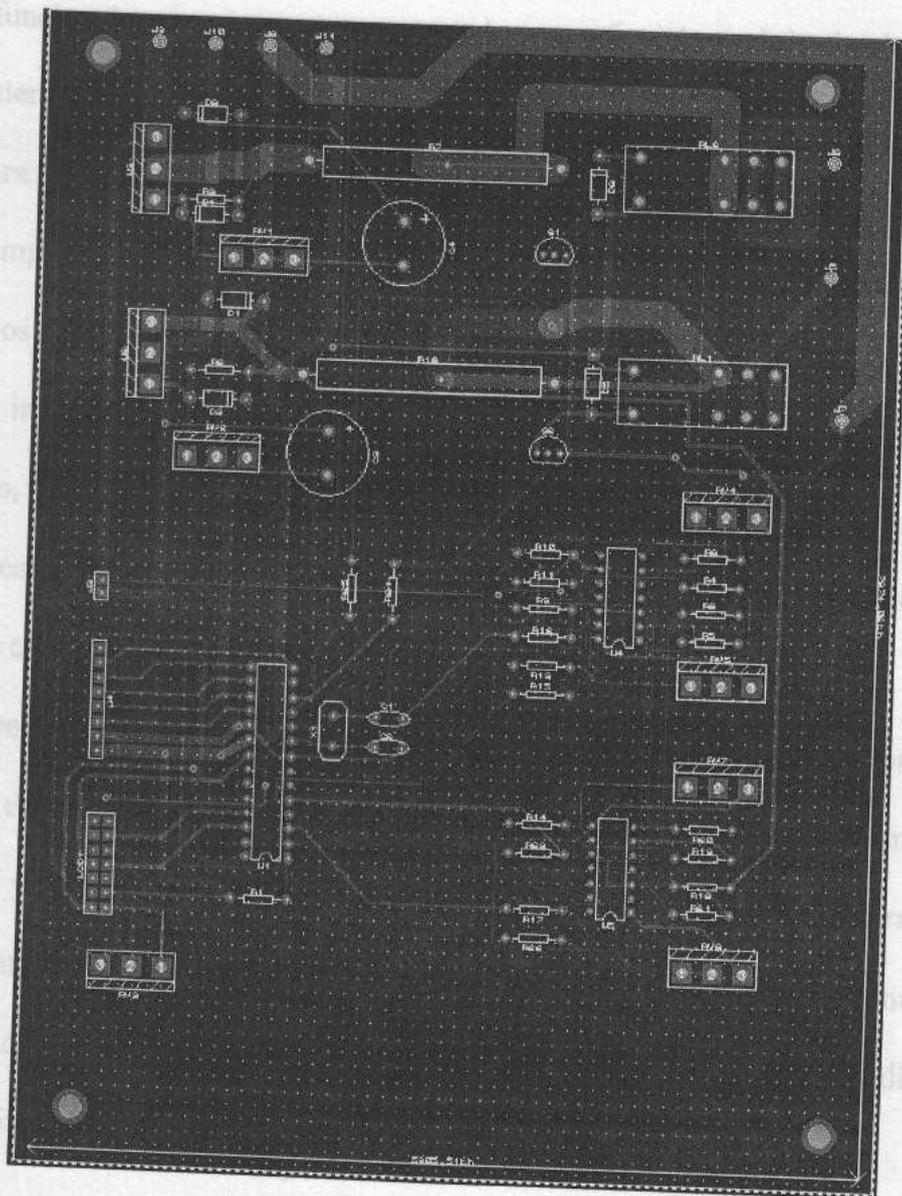
La siguiente figura muestra la propuesta de rediseño realizado al subsistema de fuente de alimentación.

**Figura 2 Propuesta rediseño subsistema fuente de alimentación**



A partir del empleo del software de simulación Proteus, mediante el uso de sus dos aplicativos ISIS y ARES se procedió a la realización de una primera aproximación al diseño de la placa de circuito impreso para el subsistema de fuente de alimentación, empleando tarjeta epoxy glass de doble faz. La siguiente figura muestra el diseño de esta placa de impreso:

**Figura 3 Prototipo inicial para placa de circuito impreso subsistema de fuente de alimentación con tarjeta tipo epoxy glass de doble faz**



### 10.3.2 Subsistema para voltímetro-amperímetro y frecuencímetro

Para llevar a cabo las diversas mediciones en los circuitos implementados por los usuarios del módulo de pruebas, se requiere de dispositivos encargados de realizar la respectiva toma muestras de los diversos valores que son indispensables para el análisis del modelo que el usuario implemente. Estos circuitos, se dividieron en dos grandes secciones, una corresponde a los dispositivos encargados para la medición de voltaje y corriente y el otro encargado de realizar mediciones de frecuencia, cada uno de estos dos bloques funcionales posee un microcontrolador cuya función está destinada al control y procesamiento de la información a fin de presentar las lecturas de mediciones realizadas.

Para el rediseño de la sección correspondiente al voltímetro-amperímetro se decidió emplear amplificadores operacionales con entrada tipo FET, dado que estos dispositivos electrónicos presentan una alta impedancia de entrada. Pero a su vez, ésta puede ser modificada mediante el empleo de resistencias de entrada que se añaden al dispositivo, permitiendo de esta forma garantizar una gran flexibilidad y confiabilidad en el proceso de toma de muestras ya que con el uso de estos dispositivos se reduce el número de componentes externos.

El rediseño de esta etapa, consideró un total de tres bloques funcionales: una etapa para el acoplamiento de impedancias y acondicionamiento de señal, una etapa de atenuación y una etapa de procesamiento y exhibición de datos de tal forma que en conjunto estas tres etapas permiten realizar, evaluar y presentar en forma numérica el valor medido. Por lo tanto, estas etapas están basadas en el uso de dispositivos amplificadores operacionales, microcontroladores y pantallas tipo LCD.

Tanto en el caso del amperímetro como en el voltímetro, se emplea como dispositivo de entrada un amplificador operacional en configuración restador. Para el caso del amperímetro, se coloca una resistencia de  $0.1\Omega$  a 5W, y se emplean resistencias de  $330K\Omega$ . cada una, lo cual genera una impedancia de entrada de  $660K\Omega$ , y puesto que esta impedancia está en paralelo con la resistencia de  $0.1\Omega$ , en la práctica se obtiene un dispositivo para toma de muestras de corriente con una impedancia supremamente baja lo cual se acerca al ideal de un instrumento que debe medir corriente (la impedancia de entrada de un amperímetro debe tender a cero).

Para el caso del voltímetro, se emplean resistencias de  $1M\Omega$ , con lo que se obtiene una impedancia de entrada de  $2M\Omega$ , logrando de esta forma un valor muy adecuado de impedancia para así evitar caídas de voltaje innecesarias, acercando ésta etapa a las características ideales que debe tener un voltímetro (la impedancia de entrada de un voltímetro debe tender a valores muy altos).

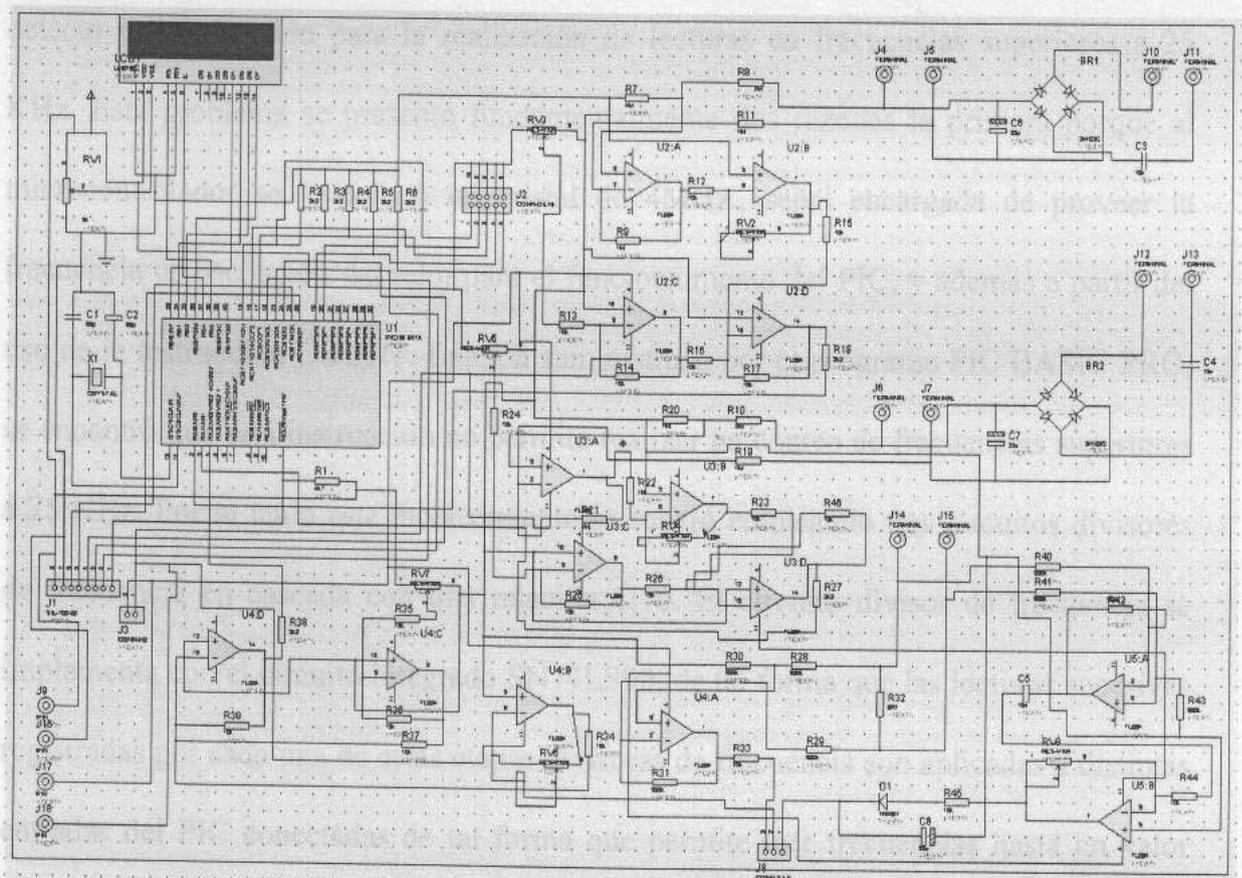
A fin de cumplir con los requerimientos establecidos en las condiciones del proyecto frente a los mecanismos de validación de información obtenida por las etapas anteriores y por supuesto los procesos de visualización de información, requirió de la verificación de las características de diversos dispositivos semiconductores, por lo que se eligió emplear el microcontrolador PIC 16F877A, ya que este permite una fácil actualización del software instalado, es un componente relativamente de bajo costo, es de fácil consecución en mercado nacional y además posee una gran capacidad de memoria.

Para realizar la respectiva presentación de datos al usuario, el microcontrolador se acopla a una interfaz tipo LCD de 2x16 dígitos conectada en configuración de 4 bits.

Esta configuración permite emplear el menor número de pines, lo que permite optimizar el uso del microcontrolador ya que se dispone de un mayor número de líneas de control que permiten funciones adicionales como determinar la función del selector de AC/DC del instrumento de medición y además disponer de los terminales necesarios para la comunicación serial que se emplea en los procesos para el acceso a la reprogramación del PIC.

La figura 4, muestra la propuesta de rediseño realizado al subsistema de voltímetros-amperímetro.

**Figura 4 Propuesta rediseño para subsistema de dos voltímetros y un amperímetro**



La unidad del voltímetro permite medir señales de tipo DC y AC, por lo tanto, para la etapa de medición en AC, se ha implementado un desacople de niveles DC

mediante un condensador de entrada, además se emplea un rectificador de media onda que permite recortar la señal para poder obtener un valor RMS de acuerdo a la forma de onda seleccionada, esta etapa se acopla a los amplificadores operacionales en configuración inversor atenuador.

### **10.3.3 Rediseño de la etapa correspondiente al frecuencímetro**

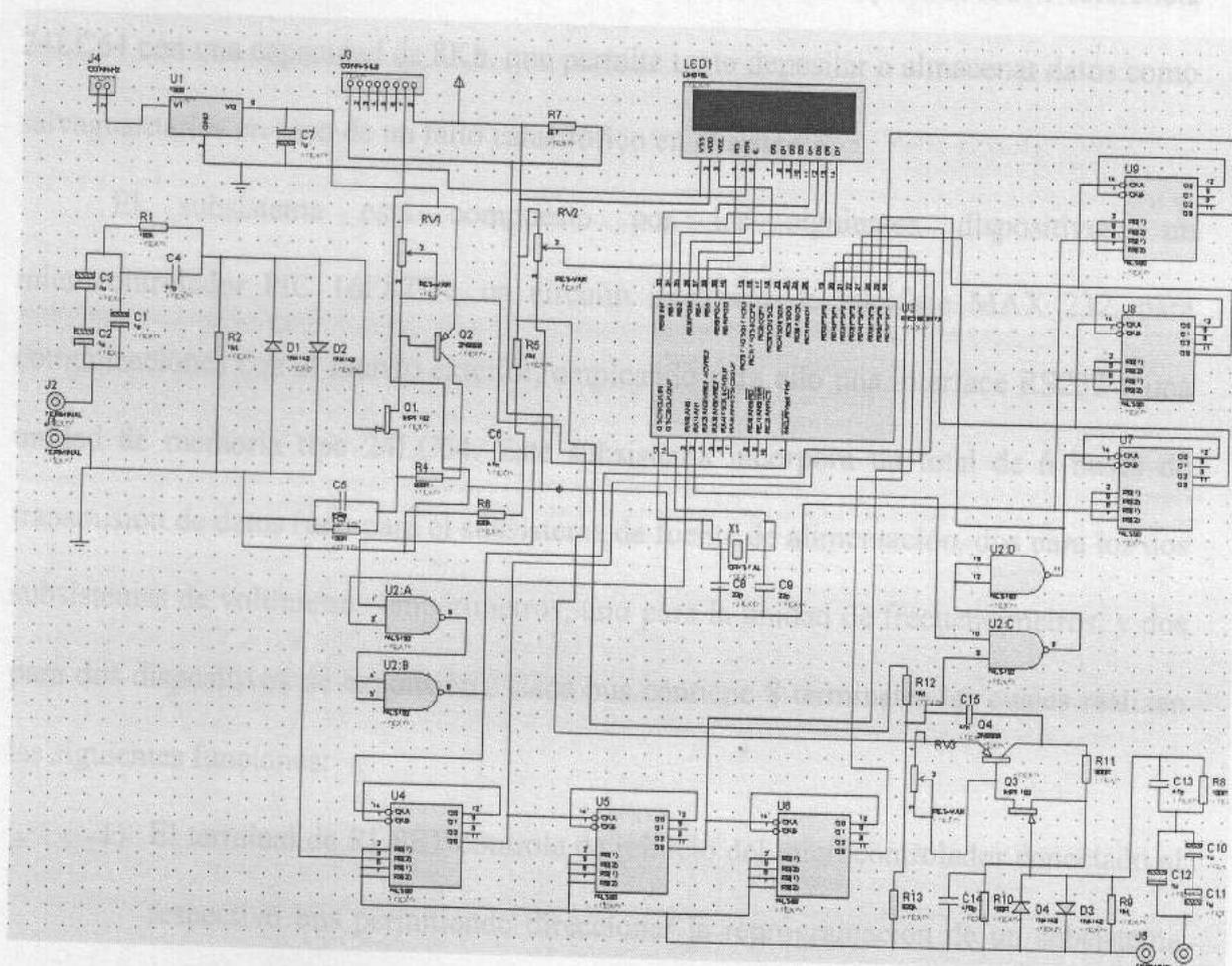
Inicialmente en el diseño de la etapa del frecuencímetro, se empleo una etapa de acoplamiento de señal compuesta por una entrada con un amplificador de señal tipo FET, a fin de lograr una alta impedancia de entrada y un microcontrolador PIC 16F876A, encargado de realizar la cuenta y presentar la frecuencia medida. Con este montaje se observo un excelente comportamiento de los dispositivos, sin embargo se detecto una limitación para la realización de lecturas en frecuencias superiores a 25 KHz. Este problema se presento fundamentalmente dos razones la primera porque al microcontrolador se le colocó un cristal de 4MHz., señal encargada de proveer la frecuencia de oscilación del reloj para el funcionamiento del PIC, y además a partir del uso de la instrucción COUNT, función suministrada por el programa PIC BASIC PRO, se encontró que esta instrucción no permite realizar un conteo de frecuencias superiores a 25 KHz. Por lo tanto este inconveniente se superó empleando tres circuitos divisores de frecuencia en cascada con una relación 1:10. El circuito divisor de frecuencia se implementa con el circuito integrado SN74LS90, de tal forma que las lecturas sucesivas registradas por cada una de estas etapas divisoras de frecuencia son aplicadas a distintas entradas del PIC conectadas de tal forma que permite leer frecuencias hasta un valor máximo de 25 MHz.

Con estas modificaciones, se logra disponer de un sistema que conmuta los tiempos de lectura para cada uno de los dispositivos acondicionadores de señal y los

presenta sobre un solo display tipo LCD, además también se logra que esta unidad transmita la información capturada del frecuencímetro a la unidad central de proceso.

La figura 5, muestra la propuesta del diagrama esquemático para la sección de dos frecuencímetros.

**Figura 5 Propuesta diagrama electrónico para dos frecuencímetros**



A fin de proveer una mayor prestación de servicios en la sección del frecuencímetro, se duplico este dispositivo, por lo tanto se rediseño a fin de emplear un solo microcontrolador que realizara la función de dos frecuencímetros, por tal motivo es necesario cambiar el PIC 16F876A por el PIC 16F877A el cual ofrece un mayor número de puertos con características eléctricas muy similares al PIC16F876A.

### 10.3.4 Rediseño subsistema para la unidad central de proceso

Para llevar a cabo la integración total del sistema del módulo de pruebas, se requiere de un subsistema que integre todas las demás etapas del dispositivo. Este subsistema se encarga de tomar y almacenar los valores obtenidos en cada uno de los subsistemas a fin de realizar su respectivo procesamiento matemático, estas funciones son realizadas con la ayuda de un dispositivo de memoria tipo EEPROM referencia 24LC64 con una capacidad de 8Kb. que permite tanto depositar o almacenar datos como salvaguardarlos en caso de un fallo catastrófico en el sistema.

El subsistema está compuesto por los siguientes dispositivos: un microcontrolador PIC 16F877A, un circuito integrado de interface MAX 232, para comunicaciones con el mundo exterior, empleando para ello una interface RS232 y una unidad de memoria tipo 24LC64. Este subsistema incorpora un total de 6 buses de transmisión de datos (uno para el subsistema de fuente de alimentación, dos para los dos subsistemas de voltímetros-amperímetros, uno para la unidad de frecuencímetros, y dos para dos dispositivos de expansión). Cada bus contiene 8 terminales las cuales realizan las siguientes funciones:

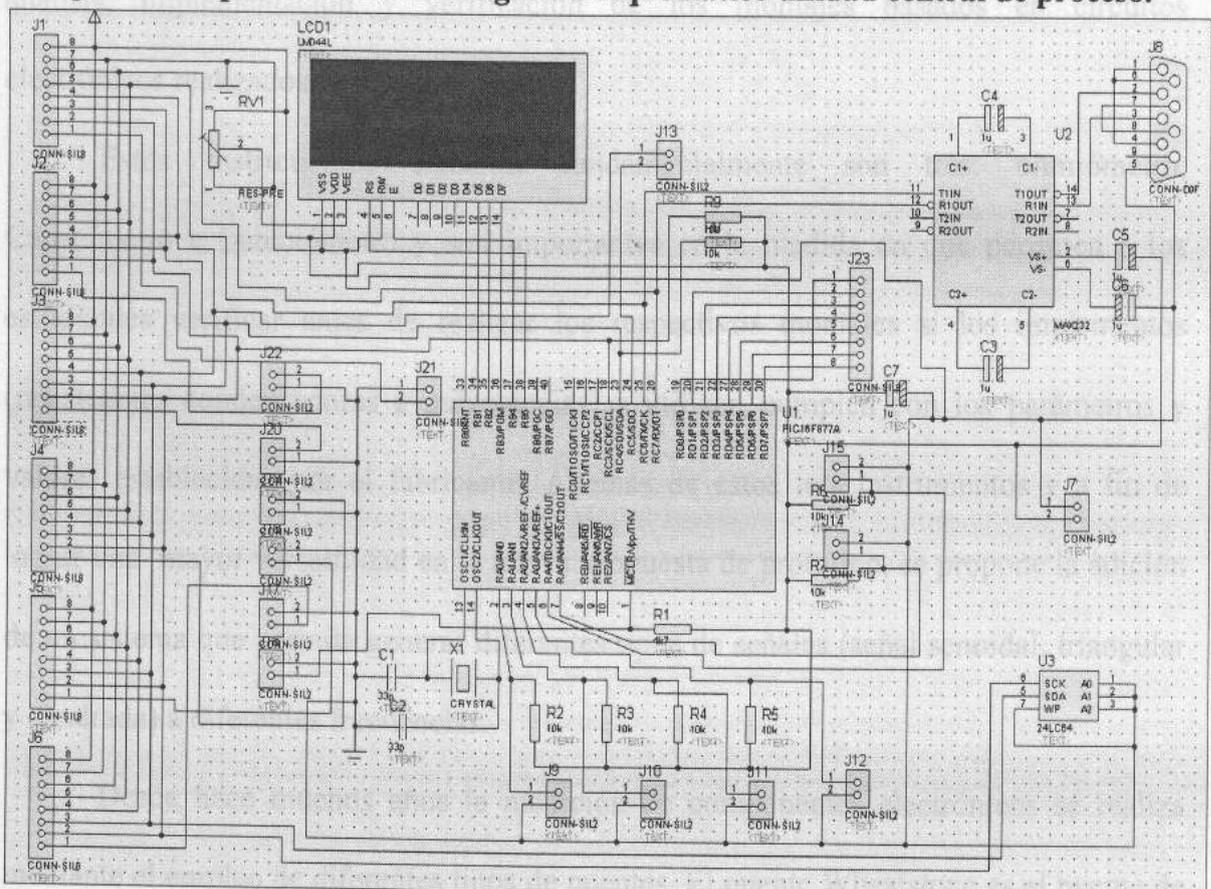
- 1) El terminal de RESET controla de reinicio del microcontrolador conectado al respectivo bus permitiendo direccionar la reprogramación de un subsistema que se desea modificar de forma externa.
- 2) Los tres terminales SAD y SCL, se emplean para la intercomunicación entre la memoria y los diferentes microcontroladores del sistema empleando el protocolo I2C.
- 3) El terminal SDO se emplea para evitar colisiones de datos cuando el

El dispositivo de la unidad central de proceso se encuentra la función de lectura de la memoria. Si SDO está en nivel alto se detienen todos los procesos de escritura en la memoria, sin detener todos los procesos de medición en los demás subsistemas, si está en nivel bajo se inhiben los procesos de lectura de la memoria permitiendo reanudar la escritura de la misma.

- 4) Los terminales TX y RX, son empleados para reprogramación de los microcontroladores en cada uno de los subsistemas.
- 5) Los terminales TIERRA y +5V. son los encargados de suplir la tensión de alimentación necesaria para que funcione el sistema.

En la figura 6, se muestra la propuesta de rediseño al diagrama esquemático correspondiente a la unidad central de proceso.

**Figura 6 Propuesta rediseño diagrama esquemático unidad central de proceso.**



El sistema permite que todos los PICS escriban en direcciones determinadas en la memoria los resultados de las medidas que toman en tiempo real y de allí son tomados por el PIC de la unidad central de proceso a fin de realizar el análisis matemático. Además en este subsistema, se propone la instalación de una serie de pulsadores cuyas funciones pueden ser modificadas a través de la programación del PIC de la unidad central de proceso, esto con el fin de expandir las funciones de la unidad.

### 10.3.5 Diseño de nuevos subsistemas para ampliación de servicios del módulo de pruebas

Puesto que a partir de la propuesta inicial del módulo de pruebas se planteo la condición de que este prototipo fuera ampliable en funciones, y a partir de las pruebas iniciales realizadas a la versión 1.0, en este proyecto se consideró que se le pueden adicionar una serie de instrumentos que no estaban implementados originalmente pero que su momento se hicieron necesarios debido a su importancia en el desarrollo, análisis, implementación y verificación de los montajes basados en circuitos electrónicos realizados por los estudiantes.

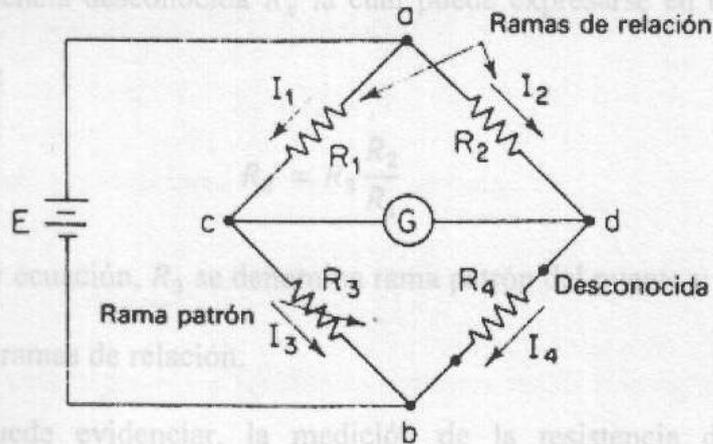
Estos instrumentos faltantes fundamentalmente son tres: ohmiómetro, Capacímetro e Inductómetro y son importantes en la medida en que permiten a los estudiantes verificar antes de realizar los respectivos montajes si los implementos (resistencias condensadores e inductancias) a utilizar, cumplen con los parámetros y valores establecidos por el fabricante. Además de estos tres instrumentos y a fin de lograr una mayor versatilidad en la nueva propuesta de prototipo, se propone la adición de un sistema que permita generar diferentes tipos de señales (señal senoidal, triangular y cuadrada) a diferentes frecuencias.

Desde hace muchos años la medición de componentes electrónicos se realiza mediante el empleo de diferentes tipos de puentes. El puente Wheatstone es el puente de

corriente continua (CC) más sencillo y tiene como propósito realizar la medición de resistencias; sin embargo también existen una gran variedad de puentes de corriente alterna (CA), tales como el puente de Schering cuyo propósito es el de realizar medidas de capacitancia, los puentes Maxwell y Hay que se emplean para medir inductancias, también existen aplicaciones de puentes para medir admitancias y en general cualquier parámetro que involucre mediciones de impedancias, e inclusive los puentes se emplean en la medición de frecuencias como es el caso del puente Wein.

El puente Wheatstone tiene cuatro ramas resistivas, una fuente de corriente continua y un detector de cero que puede ser un galvanómetro o cualquier medidor sensible a la corriente. La siguiente figura muestra el esquema de este tipo de puente.

**Figura 7 Puente Wheatstone.**



En este caso, la corriente que circula por el galvanómetro depende de la diferencia de potencial entre los puntos c y d, el puente está en equilibrio o balanceado cuando la diferencia entre estos dos puntos es 0V, esta condición se cumple cuando el voltaje entre los puntos c y a es igual al voltaje entre los puntos a y d, o de forma equivalente el voltaje entre los puntos c y b es igual al voltaje entre los puntos d y b. Por lo tanto, para la condición de equilibrio se deben cumplir las siguientes tres ecuaciones:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$I_1 = I_3 = \frac{E}{R_1 + R_3}$$

$$I_2 = I_4 = \frac{E}{R_2 + R_4}$$

Al combinar estas tres ecuaciones se obtiene:

$$\frac{R_1}{R_1 + R_3} = \frac{R_2}{R_2 + R_4}$$

De lo cual se obtiene que:  $R_1 R_4 = R_2 R_3$

Esta última expresión corresponde a la ecuación de equilibrio del puente de Wheatstone, por consiguiente si se conoce el valor de tres de las resistencias que forman el puente ( $R_1, R_2$  y  $R_3$ ), se puede establecer el valor de  $R_4$ , que en este caso se denominará la resistencia desconocida  $R_x$  la cual puede expresarse en términos de las otras resistencias así:

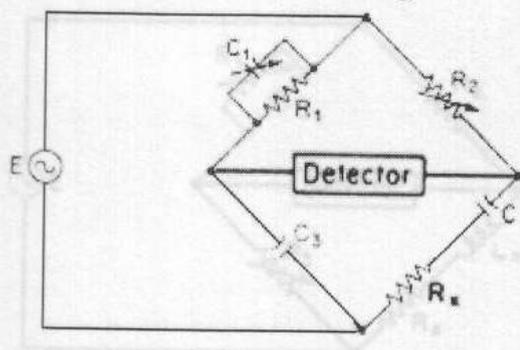
$$R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1}$$

En la anterior ecuación,  $R_3$  se denomina rama patrón del puente y las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  se les llama ramas de relación.

Como se puede evidenciar, la medición de la resistencia desconocida es independiente de las características del galvanómetro o en su defecto del detector de cero empleado y además este puente permite la medida de resistencias desde  $1\Omega$  hasta varios megohms.

El puente Schering se emplea para la medición de capacitancias y es uno de los puentes de corriente alterna más importante, en este caso la rama 1 contiene un condensador en paralelo con una resistencia, tal como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 8 Puente Schering.**



Para la condición de equilibrio, se requiere que la suma de los ángulos de fase de las ramas 1 y 4 sea igual a la suma de los ángulos de fase de las ramas 2 y 3, las ecuaciones de equilibrio se derivan por sustitución de los valores de impedancia y admitancia, donde

$$Z_2 = R_2; \quad Z_3 = \frac{-j}{\omega C_3}; \quad Y_1 = \frac{1}{R_1} + j\omega C_1; \quad \text{y} \quad Z_X = R_X - \frac{j}{\omega C_X}$$

La ecuación general de equilibrio esta dada por la siguiente expresión

$$Z_X = Z_1 Z_3 Y_1$$

Y reemplazando los anteriores valores ella, se tiene

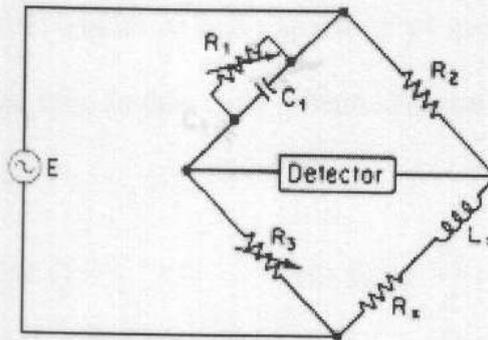
$$R_X - \frac{j}{\omega C_X} = R_2 \left( \frac{-j}{\omega C_3} \right) \left( \frac{1}{R_1} + j\omega C_1 \right)$$

Expandiendo esta expresión e igualando términos reales e imaginarios, se tienen dos expresiones que permiten calcular tanto el valor de una resistencia como de una capacitancia desconocida, las dos expresiones son las siguientes:

$$R_X = R_2 \frac{C_1}{C_3} \quad \text{y} \quad C_X = C_3 \frac{R_1}{R_2}$$

El puente Maxwell, se utiliza para medir una inductancia en términos de una capacitancia conocida, en este caso una de las ramas de relación tiene una resistencia en paralelo con un condensador, tal como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 9 Puento Maxwell.**



La ecuación general de equilibrio, se puede expresar por la siguiente ecuación:

$$Z_X = Z_2 Z_3 Y_1$$

Donde  $Z_3 = R_3$ ;  $Z_2 = R_2$  y  $Y_1 = \frac{1}{R_1} + j\omega C_1$

En esto caso  $Y_1$  corresponde a la admitancia de la rama 1, ahora bien sustituyendo estos valores en la ecuación de equilibrio del puente, se tiene:

$$Z_X = R_X + j\omega L_X = R_2 R_3 \left( \frac{1}{R_1} + j\omega C_1 \right)$$

Separando los términos reales e imaginarios

$$R_X = \frac{R_2 R_3}{R_1} \quad \text{y} \quad L_X = R_2 R_3 C_1$$

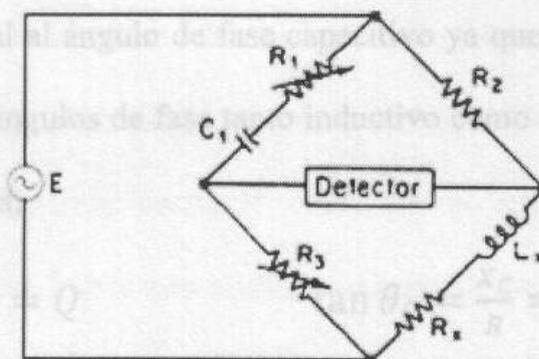
En este caso, las resistencias se expresan en ohms, la inductancia en henrys y la capacitancia en faradios.

El puente Maxwell tiene como limitante que solamente puede realizar la medición de inductancias de Q medio ( $1 < Q < 10$ ), para medición de bobines de alto Q, se emplea el puente Hay.

En este puente a diferencia del anterior en la rama 1 la resistencia esta en serie con el condensador, tal como se muestra en la siguiente figura.

Puesto que el objetivo es medir bobinas de Q alto, hay que considerar que la

**Figura 10 Puente Hay.**



En este caso se tiene que:

$$Z_1 = R_1 - \frac{j}{\omega C_1}; \quad Z_2 = R_2; \quad Z_3 = R_3; \quad \text{y} \quad Z_X = R_X + j\omega L_X$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación de equilibrio del puente, se tiene:

$$\left( R_1 - \frac{j}{\omega C_1} \right) (R_X + j\omega L_X) = R_2 R_3$$

Expandiendo esta expresión y separando los términos reales y los términos imaginarios, se obtienen las siguientes dos ecuaciones

$$R_1 R_X + \frac{L_X}{C_1} = R_2 R_3 \qquad \frac{R_X}{\omega C_1} = \omega L_X R_1$$

Resolviendo simultáneamente estas dos ecuaciones ya que ellas contienen  $L_X$  y  $R_X$ , se obtienen las siguientes ecuaciones

$$R_X = \frac{\omega^2 C_1^2 R_1 R_2 R_3}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2} \qquad L_X = \frac{R_2 R_3 C_1}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2}$$

Como se puede ver tanto en la expresión para la resistencia como para la inductancia desconocidas se encuentra la velocidad angular  $\omega$ , por lo tanto para hallar el valor de  $R_X$  y  $L_X$  se debe conocer con exactitud el valor de la frecuencia de la fuente de voltaje.

Puesto que el objetivo es medir bobinas de Q alto, hay que considerar que la

suma de los ángulos de fase a ramas opuestas debe ser igual. Por lo tanto, el ángulo de fase inductivo ha de ser igual al ángulo de fase capacitivo ya que los ángulos resistivos son cero, la tangente de los ángulos de fase tanto inductivo como capacitivo están dados por las siguientes expresiones:

$$\tan \theta_L = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega L_X}{R_X} = Q \qquad \tan \theta_C = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{\omega C_1 R_1}$$

Cuando los dos ángulos de fase son iguales, también sus tangentes son iguales, entonces

$$\tan \theta_L = \tan \theta_C \qquad \text{o} \qquad Q = \frac{1}{\omega C_1 R_1}$$

Reemplazado el valor de Q en la ecuación de la inductancia desconocida, se tiene

$$L_X = \frac{R_2 R_3 C_1}{1 + (1/Q)^2}$$

Ahora bien, para un valor de Q mayor de 10, se tiene que el término  $(1/Q)^2$  será un factor, es proporcional al valor de la capacidad. Ahora bien, estas técnicas requieren mayor que 1/100, por lo tanto puede ser despreciable y la ecuación para la inductancia desconocida se reduce a la siguiente expresión

$$L_X = R_2 R_3 C_1$$

Como se puede apreciar, esta expresión es igual a la expresión encontrada para el puente Maxwell.

### 10.3.5.1 Diseño de un capacitómetro y de un inductómetro

En el apartado anterior se demuestra el empleo de puentes para realizar la medida tanto de capacitancias, inductancias y resistencias, sin embargo su implementación y para un capacitómetro, uno para el inductómetro y uno para el ohmímetro. Por lo tanto, puesta a punto es un tanto complicada ya que el procedimiento para la realización de la medición debe realizarse en forma manual por el operador, lo que lo hace un método poco práctico para adquirir una medida en forma automática.

En este sentido, para realizar mediciones de capacitancia existen otras técnicas alternas que también permiten realizar este tipo de mediciones, como por ejemplo la técnica empleada por los multímetros digitales convencionales (DVM), los cuales miden la capacitancia administrando una corriente constante al condensador durante un intervalo fijo de tiempo, de tal forma que midiendo el voltaje resultante puede calcular el valor de la capacitancia, en este caso la lectura es lenta, pudiendo demorarse alrededor de un segundo.

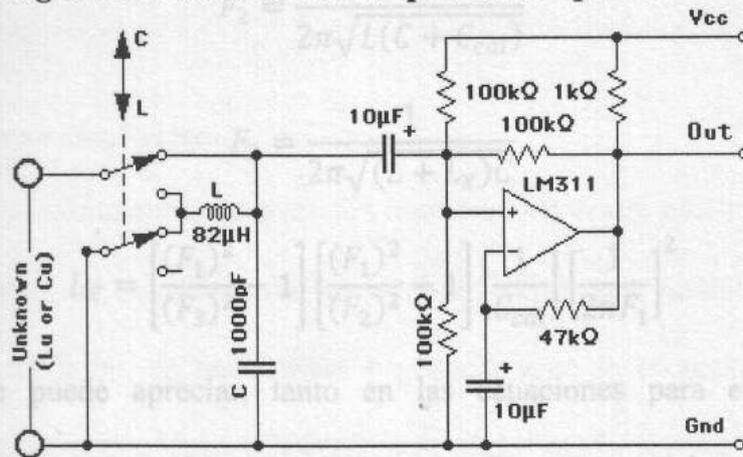
Otra técnica empleada es el método del detector sincrónico, el cual utiliza un oscilador de una frecuencia senoidal conocida y muy exacta que se aplica a una resistencia  $R_s$  que está en serie con el capacitor a medir  $C_x$ . La tensión sobre  $R_s$  estará en fase con la corriente que pasa por el capacitor, un detector sincrónico elimina la parte real de la tensión sobre  $R_s$ , lo que permite obtener una tensión de salida que, salvo por un factor, es proporcional al valor de la capacidad. Ahora bien, estas técnicas requieren del empleo de un conversor analógico-digital para leer el valor de tensión sobre el capacitor y así realizar el cálculo de la capacitancia.

Uno de los objetivos del proyecto es ampliar la cantidad de instrumentos, por lo tanto se encuentra que respecto a los dispositivos de visualización se requiere uno por cada instrumento implementado, esto genera una gran cantidad de dispositivos que deben ser ubicados en la superficie de trabajo del módulo, cinco display tipo LCD para cada uno de los subsistemas originalmente diseñados y tres display tipo LCD más, uno para en capacímetro, uno para el inductómetro y uno para el ohmiómetro. Por lo tanto, para reducir lo máximo posible la cantidad de dispositivos de visualización se tomó la decisión de combinar dos instrumentos en uno solo, razón por la cual se implementa el

capacímetro y el inductómetro en un solo instrumento de medición.

En este sentido se encuentra que existe otro método alternativo para realizar la medición de inductancias y capacitancias, este consiste en el empleo de un oscilador, el cual varía su frecuencia al variar o bien sea el valor del condensador o el valor de la inductancia. La siguiente figura muestra el modelo de un oscilador construido con un amplificador operacional, el cual permite variar su frecuencia de oscilación cuando de forma independiente se le adiciona bien sea un condensador o una inductancia en los dos terminales dispuestos para ello, por lo tanto esta conexión equivale al terminal de prueba donde se colocará el dispositivo a medir.

**Figura 11 Oscilador con amplificador operacional.**



Un microcontrolador PIC es el encargado de realizar la toma de mediciones, este dispositivo calcula el valor de la capacitancia o inductancia según sea el caso y presenta la información en un display de cristal líquido (LCD).

Si se conecta en los terminales de prueba un condensador, el PIC realiza el cálculo de la capacitancia a partir de las siguientes ecuaciones

$$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Figura 12 Diagrama esquemático de un capacitómetro-inductómetro.

$$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C + C_{cal})}}$$

$$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C + C_X)}}$$

$$C_X = \left[ \frac{\left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2 - 1}{\left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 - 1} \right] C_{cal}$$

Si se conecta en los terminales de prueba una bobina, el PIC realiza el cálculo de la inductancia a partir de las siguientes ecuaciones

$$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C + C_{cal})}}$$

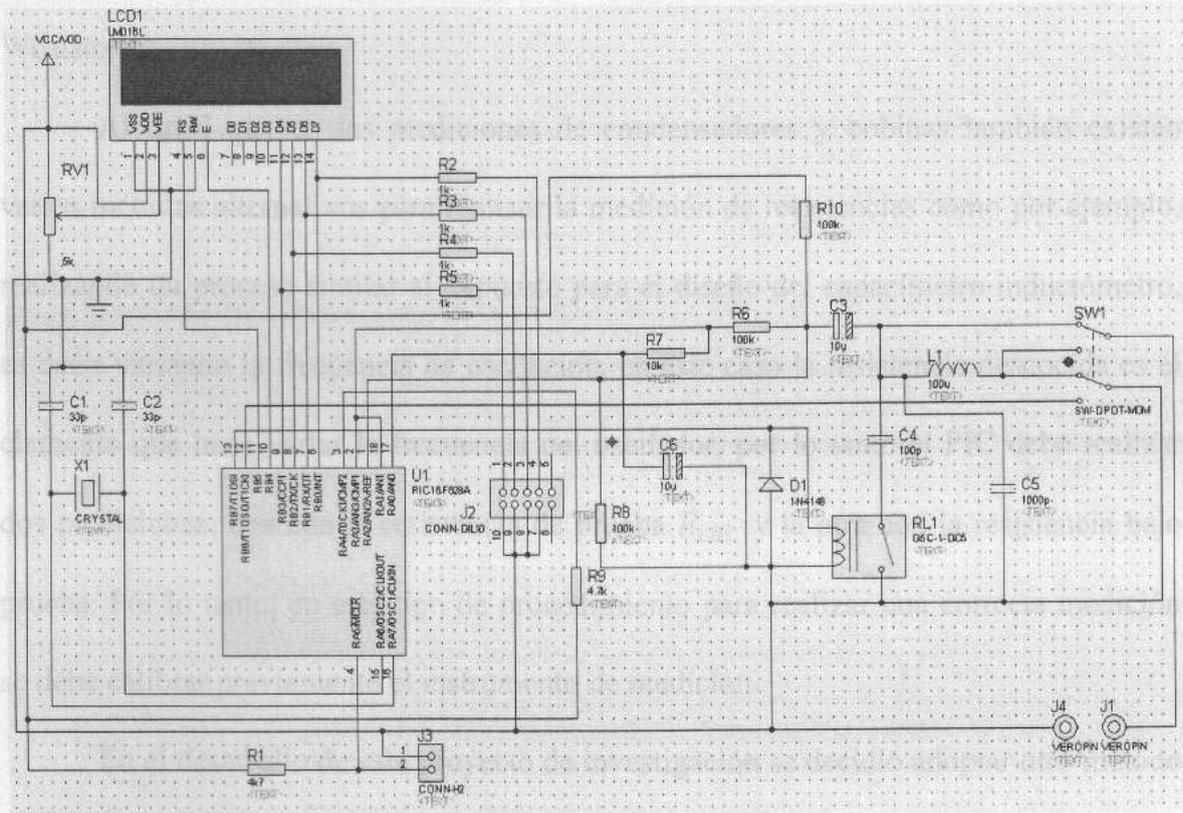
$$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L + L_X)C}}$$

$$L_X = \left[ \frac{(F_1)^2}{(F_3)^2} - 1 \right] \left[ \frac{(F_1)^2}{(F_2)^2} - 1 \right] \left[ \frac{1}{C_{cal}} \right] \left[ \frac{1}{2\pi F_1} \right]^2$$

Como se puede apreciar, tanto en las ecuaciones para el cálculo de la capacitancia como para la inductancia se encuentra  $C_{cal}$ , esto se debe a que el PIC debe realizar dos mediciones, una con el condensador de prueba  $C_{cal}$  y la otra con el condensador o inductancia bajo prueba. Por lo tanto, para una correcta medición se debe calibrar previamente el instrumento de medición.

En la figura 12, se muestra el diagrama esquemático correspondiente al capacitómetro-inductómetro.

**Figura 12 Diagrama esquemático capacitómetro-inductómetro.**



**10.3.5.2 Diseño de un ohmiómetro**

Uno de los instrumentos de medición que se emplean con mucha frecuencia en la realización de prácticas de laboratorio es el ohmiómetro, este instrumento se emplea para efectuar la medición de resistencias y generalmente se encuentran incorporados tanto en los multímetros analógicos (VOM) como en los multímetros digitales (DVM).

El principio de funcionamiento de este tipo de instrumento consiste en lo siguiente: a partir de una fuente de voltaje constante y de valor conocido se pretende medir la cantidad de corriente que circula por una resistencia desconocida conectada en serie; esto se fundamenta en lo expresado por la Ley de Ohm, ya que para un voltaje constante la corriente que circula por un resistencia colocada en serie con ella es directamente proporcional al valor de la misma. Por lo tanto, a partir de esta corriente el dispositivo de lectura se calibra para representar el valor de la resistencia bajo

observación, otro método empleado corresponde a la aplicación del puente de Weatstone.

Al igual que en las mediciones de condensadores y bobinas también existen varios métodos alternativos para realizar la medición de resistencias como por ejemplo, realizando un proceso similar al expuesto para el diseño del capacímetro-inductómetro, es decir variando la frecuencia de oscilación, en este caso la resistencia descocida es el elemento que hace variar la frecuencia del oscilador, por lo tanto el PIC debe realizar dos mediciones, una con la resistencia de prueba  $R_{cal}$  y la otra con la resistencia bajo prueba. Por lo tanto, en este tipo de procedimiento para realizar una correcta medición se debe calibrar previamente el instrumento de medición.

Figura 13 Diagrama esquemático ohmímetro.

En el desarrollo de este proyecto de investigación se decidió adoptar otro método alternativo, este consiste en emplear un microcontrolador PIC de gama alta con tecnología nanoWatt de la serie 18FXXXX y una red RC la cual está compuesta por un condensador de valor conocido y una resistencia, que en este caso corresponde a la resistencia a medir. Esta red se emplea en conjunto con la instrucción RCIN del lenguaje de programación BASIC para PIC.

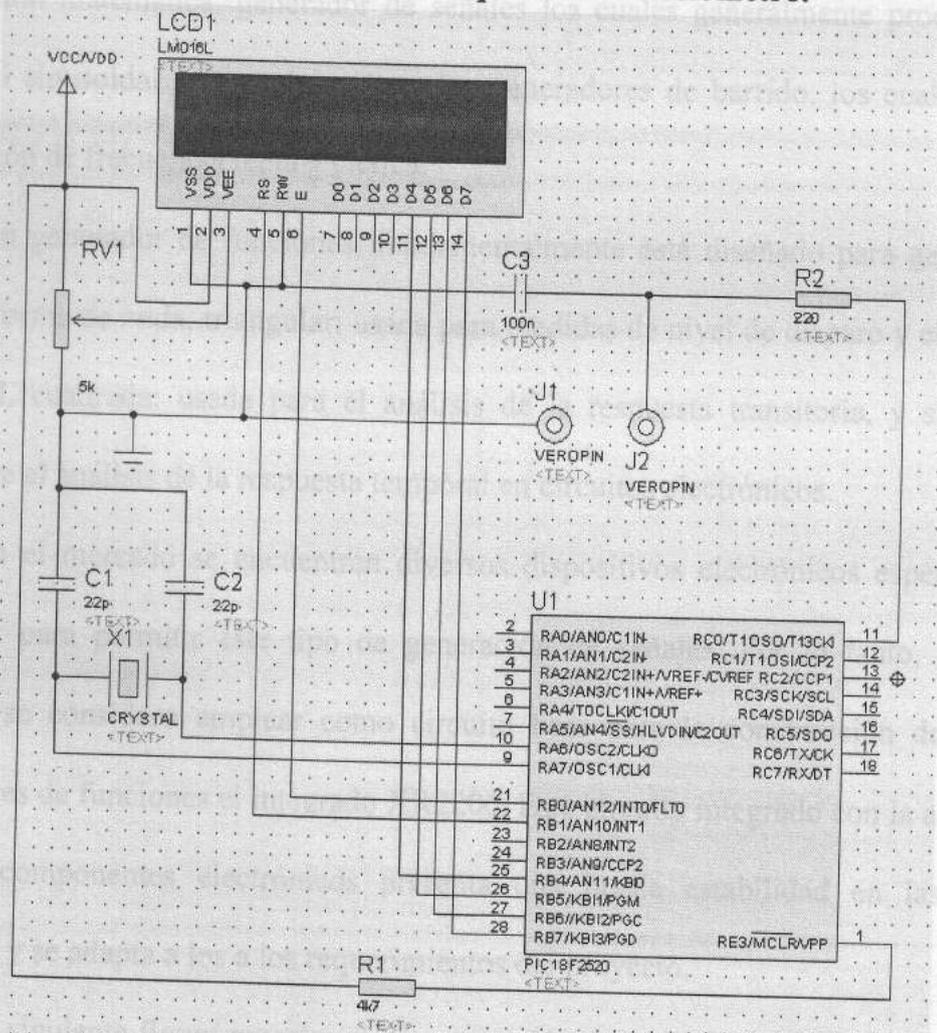
Esta instrucción se utiliza para contar el tiempo en que un pin del PIC permanece en un estado lógico mientras se carga o descarga un condensador acopado en el circuito conectado al mencionado pin. El circuito RC ofrecerá una curva de carga o descarga cuyo tiempo de ejecución variará de acuerdo a los valores de los componentes asociados a la misma, la cual es censada por pin del PIC. La sintaxis utilizada en el programa permite bien sea a partir de un estado de descarga del condensador y transitar hacia un estado de carga medir el tiempo de carga del mismo, o el procedimiento inverso, es

decir, partir de un condensador cargado se puede medir el tiempo que tarda en descargarse.

Cuando **RCIN** se ejecuta, se inicia el funcionamiento de un contador. Este contador se detiene en el momento en que el pin asociado al circuito RC cambia de estado lógico. Por lo tanto, la resolución del procedimiento de medición del tiempo de carga o descarga del capacitor asociado dependerá de la frecuencia de los ciclos de reloj del sistema.

La figura 13, muestra el diagrama esquemático correspondiente al diseño del ohmiómetro.

**Figura 13 Diagrama esquemático ohmiómetro.**



### 10.3.5.3 Diseño de un sistema generador de funciones

Un generador de señal es un sistema que permite generar una señal estable y calibrada. Primordialmente su habitual aplicación está en el campo de la instrumentación y se emplea para verificar el funcionamiento de dispositivos que requieren del uso de señales que varían en el tiempo.

Un generador de señal consta de cuatro elementos básicos los cuales son necesarios para su funcionamiento: la frecuencia, la amplitud, el offset y el tipo de onda.

Los generadores se pueden clasificar es mediante el tipo de onda que producen y las funciones que realizan, por este motivo se puede hablar de generador de funciones, los cuales reciben este nombre ya que produce señales que se pueden expresar mediante una función matemática, generador de señales los cuales generalmente producen una onda tipo sinusoidal con modulación y los generadores de barrido, los cuales poseen modulación de frecuencia lenta y cíclica.

Un generador de funciones, fundamentalmente está diseñado para generar tres tipos de forma de onda, triangular: usada para medidas de nivel de disparo y estudios de linealidad, cuadrada: usada para el análisis de la respuesta transitoria, y sinusoidal: usada para el análisis de la respuesta temporal en circuitos electrónicos.

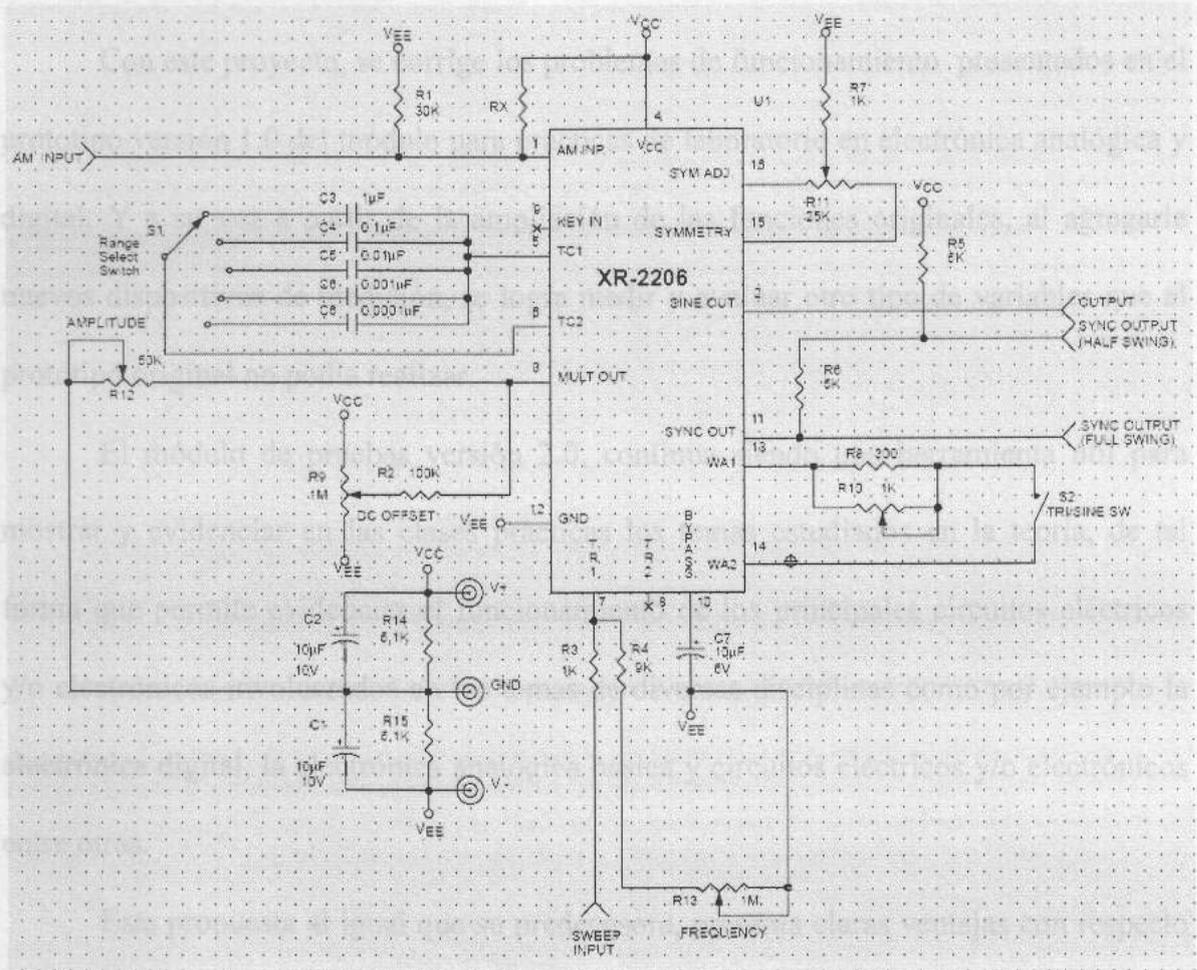
En el mercado se encuentran diversos dispositivos electrónicos especialmente diseñados para permitir este tipo de generación de señales. Por lo tanto, para este proyecto se considero emplear como circuito base para la construcción de los dos generadores de funciones el integrado XR2206. Este circuito integrado con la adición de diversos componentes electrónicos presenta una buena estabilidad en las señales generadas y se adapta a los a los requerimientos del proyecto.

La siguiente figura muestra el diagrama eléctrico para la propuesta de diseño de

uno de los dos generadores de funciones.

11. CONCLUSIONES

Figura 14 Diagrama esquemático generador de funciones.



a los tradicionales bancos de trabajo comerciales empleados en los laboratorios, puesto que debido a su orientación pedagógica se emplea como herramienta didáctica. Por lo tanto, esta proyecto de investigación brinda a los estudiantes otra forma de realizar la necesaria conexión entre la teoría y la práctica ya que es un dispositivo flexible que facilita mediante el montaje de diversos circuitos eléctricos y/o electrónicos la experimentación, dando como resultado una comprensión de los temas teóricos tratados en clase.

## 11. CONCLUSIONES

*Angulo, J. (2002). Laboratorio de prácticas de microelectrónica. México: Ed. McGraw*

Con este proyecto, se corrige los problemas de funcionamiento presentados en el prototipo versión 1.0 del módulo para prácticas de laboratorio en electrónica analógica y digital. Y a su vez a partir de la ampliación de las funciones originales, al agregarle nuevos dispositivos de medición, se logra medir y evaluar otro tipo de variables que el prototipo original no podía realizar.

*Calle* El módulo de pruebas versión 2.0, continua siendo una herramienta útil para mostrar y evidenciar en las clases prácticas los temas estudiados en la teoría, de tal forma que permite evidenciar el funcionamiento de los principales circuitos eléctricos y/o electrónicos involucrados en los temas de diversas disciplinas como por ejemplo la electrónica digital, la electrónica analógica básica y circuitos eléctricos y/o electrónicos entre otras. *(2001). Circuitos de Ingeniería. Conceptos y Análisis de circuitos Eléctricos*

Esta propuesta al igual que su predecesora, presenta claras ventajas con respecto a los tradicionales bancos de trabajo comerciales empleados en los laboratorios, puesto que debido a su orientación pedagógica se emplea como herramienta didáctica. Por lo tanto, este proyecto de investigación brinda a los estudiantes otra forma de realizar la necesaria conexión entre la teoría y la práctica ya que es un dispositivo flexible que facilita mediante el montaje de diversos circuitos eléctricos y/o electrónicos la experimentación, dando como resultado una comprensión de los temas teóricos tratados en clase.

*la Tecnológica Autónoma del Pacífico. (2005). Diseño y construcción de un banco de conexiones digitales. Cali: CITAP*

*García, F. (2005). La investigación Tecnológica. México: Ed. Limusa.*

## 12. REFERENCIAS

- Hart, D. (2001). *Electrónica de potencia*. México: McGraw Hill.
- Hayt Jr, W. (2003). *Análisis de Circuitos en Ingeniería*. México: McGraw Hill.
- Angulo, J. (2002). *Laboratorio de prácticas de microelectrónica*. México: Ed. McGraw Hill.
- Angulo, J. (2002). *Electrónica Digital y Microprogramable*. Madrid: Paraninfo.
- Boylestad, R. (1998). *Introducción al análisis de circuitos*. México: Prentice.
- Boylestad, R. (2003). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. México: Pearson.
- Calle, L. et al. (2010). *Diseño y Construcción de un Módulo Disparador de SCR's Mediante un Sistema Microcontrolado para los Bancos de Trabajo LABVOLT® del Laboratorio de Electrónica de Potencia de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*. Universidad Politecnica Salesiana. Extraído desde <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/386>
- Carlson, B. (2001). *Circuitos de Ingeniería, Conceptos y Análisis de circuitos Eléctricos lineales*. México: Thomson.
- Cerda, H. (2002). *Elementos de la investigación. Medios, instrumentos, técnicas y métodos en la recolección de datos e información*. Bogotá: Ed. El Buho.
- Cooper, W. et.al. (2000). *Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición*. México: Prentice.
- Dorf, R. (2003). *Circuitos eléctricos*. Bogotá: Alfaomega.
- Floyd, T. (2004). *Dispositivos electrónicos*. México: Pearson.
- Fundación Tecnológica Autónoma del Pacífico. (2005). *Diseño y construcción de un banco de comunicaciones digitales*. Cali: CITAP
- García, F. (2005). *La investigación Tecnológica*. México: Ed. Limusa.

- Hart, D. (2001). *Electrónica de potencia*. Madrid: Pearson.
- Hayt Jr, W. (2003). *Análisis de Circuitos en Ingeniería*. México: McGraw Hill.
- Jara, E. et al. (2009). *Módulo de Pruebas para Prácticas de Laboratorio en Electrónica Servo Analógica y Digital, Versión 1.0*. Bogotá.
- Johnson, D. (1996). *Análisis Básico de Circuitos Eléctricos*. México: Prentice Hall.
- Malvino, A. (2000). *Principios de electrónica*. México: McGraw Hill.
- Mano, M. (2003). *Diseño digital*. México: Prentice Hall.
- Nilsson, J. (2005). *Circuitos eléctricos*. México: Prentice Hall.
- Organización para la Cooperación y Desarrollos Económicos (OCDE). (2003). *Manual de Frascati 2002. Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental*. Madrid: Fundación Española Ciencia y Tecnología (FECYT).
- Pérez. M. et al. (2006). *Instrumentación Electrónica*. España: Thomson.
- Rashid, H. (2000). *Circuitos microelectrónicos. Análisis y diseño*. México: Thomson.
- Rashid, H. (2000). *Electrónica de potencia*. México: Prentice Hall.
- Romer. P. M. (1990). "Endogenous Technological Change". *Journal of Political Economy*. 98-5. October, 1990.
- Romer. P. (1989). "What Determines the Rate of Growth and Technological Change?". *Working Papers, Country Economics Department, The World Bank, September, WPS 279, 1989*.
- Samaniego, J. (2005). Módulo de enseñanza para modulación analógica y digital basada en microcontrolador (PIC) y asistida por PC (MA/D - PC). *Revista Concytec. Mosaico Cient. Vol.(2)*. Extraído desde

<http://revistas.concytec.gob.pe/pdf/mc/v2n2/a03v2n2.pdf>

Sears, F. et al. (2005). *Física Universitaria*. México: Pearson.

Servay, R. et al. (2004). *FÍSICA I*. México: Thomson.

Servay, R. et al. (2004). *FÍSICA II*. México: Thomson.

Tamayo M. (2005). *El proceso de la Investigación Científica*, México: Ed. Limusa.

Tocci, R. (2003). *Sistemas digitales principios y aplicaciones*, México: Pearson.

Tabla 5 Características eléctricas Subsistema fuente de alimentación

**Recursos Web**

<http://www.edibon.com>

<http://www.labcenter.com>

<http://www.labvolt.com>

<http://www.leybold-didactic.de>

<http://www.parallax.com>

<http://www.ni.com>

Voltaje entrada:	110-220VAC, 1A
Voltaje de salida:	El sistema opera con fuente dual con dos voltajes fijos
Voltaje de salida positivo:	12VDC y 5VDC con una corriente máxima de 3A
Voltaje de salida negativo:	-12VDC y -5VDC con una corriente máxima de 1A

Voltaje entrada:	110-220VAC, 1A
Voltaje de salida:	El sistema opera con una fuente dual cuyo voltaje y corriente de salida son programables.
Voltaje de salida positivo:	1.2 a 10.5VDC con una corriente máxima de 3A
Voltaje de salida negativo:	-1.2 a -10.5VDC con una corriente máxima de 1A

Tabla 6 Características eléctricas Subsistema de voltímetros-ampérímetros

Todos los instrumentos de medición son del tipo auto rango y los valores mínimos y máximos de medición son:

	VOLTIMETRO	AMPERIMETRO
CANTIDAD	4	2

**ANEXO 1**

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

En las siguientes tablas se incluyen las especificaciones eléctricas del prototipo versión 2.0

**Tabla 5 Características eléctricas Subsistema fuente de alimentación**

**a) Fuente para soporte de instrumentos de medición:**

Voltaje entrada:	110-220VAC, 1A
Voltaje de salida:	El sistema opera con fuente dual con dos voltajes fijos
Voltaje de salida positivo:	12VDC y 5VDC con una corriente máxima de 3A
Voltaje de salida negativo:	-12VDC y -5VDC con una corriente máxima de 1A

**b) Fuente para soporte de experimentos:**

Voltaje entrada:	110-220VAC, 1A
Voltaje de salida:	El sistema opera con una fuente dual cuyo voltaje y corriente de salida son programables.
Voltaje de salida positivo:	1.2 a 10.5VDC con una corriente máxima de 3A
Voltaje de salida negativo:	-1.2 a -10.5VDC con una corriente máxima de 1A

**Tabla 6 Características eléctricas Subsistema de voltímetros-amperímetros**

Todos los instrumentos de medición son del tipo auto rango y los valores mínimos y máximos de medición son:

	VOLTÍMETRO	AMPERÍMETRO
CANTIDAD	4	2

AC	1.4Vpp a 20Vpp	0A a 3A
DC	0v a +/-20V	0A a +/-3A
RESOLUCIÓN	12 bit/voltio	51 bit/amperio
OBSERVACIONES	Nota 1: Los voltímetros en régimen AC miden valor RMS real.	Nota 2: Los amperímetros en régimen AC miden valor RMS real.

**Tabla 7 Características eléctricas Subsistema de frecuencímetros**

Al igual que el subsistema anterior, todos los frecuencímetros son del tipo auto rango y los valores mínimos y máximos de medición son:

	FRECUENCÍMETRO
CANTIDAD	2
VALOR MÍNIMO A MEDIR	30Hz
VALOR MÁXIMO A MEDIR	25Mhz
OBSERVACIONES	Nota 3: Los frecuencímetros para realizar la medición requieren que la señal de entrada tenga una amplitud mínima de 1.4Vpp.

**Tabla 8 Características eléctricas Subsistema de instrumental LCR**

Todos los instrumentos de medición (inductómetro, capacitmetro y ohmiómetro) son del tipo auto rango y los valores mínimos y máximos de medición son:

	INDUCTÓMETRO	CAPACÍMETRO	OHMETRO
CANTIDAD	1	1	1
VALOR MÍNIMO A MEDIR	1μH	1pF	0Ω
VALOR MÁXIMO A MEDIR	1000H	1000μF	10MΩ
RESOLUCIÓN	+/- 5 cuentas	+/- 5 cuentas	+/- 5 cuentas

**Tabla 9 Características eléctricas Subsistema de generadores de funciones**

Está compuesto por dos generadores de señal, cada uno de ellos cumple las siguientes características:

<b>GENERADORES DE SEÑAL</b>	
FORMA DE ONDA DE SALIDA	Onda sinusoidal
VOLTAJE MÁXIMO DE SALIDA	6 V <sub>pp</sub>
FRECUENCIA MÍNIMA DE SALIDA	0.5 Hz
FRECUENCIA MÁXIMA DE SALIDA	1.0 MHz
DISTORSIÓN TÍPICA (THD)	< 2.5%
IMPEDANCIA DE SALIDA	600Ω
FORMA DE ONDA DE SALIDA	Onda cuadrada
VOLTAJE DE SALIDA	6 V <sub>pp</sub>
FRECUENCIA MÍNIMA DE SALIDA	0.5 Hz
FRECUENCIA MÁXIMA DE SALIDA	1.0 MHz
TIEMPO DE SUBIDA	250 ns
TIEMPO DE BAJADA	50 ns
FORMA DE ONDA DE SALIDA	Onda triangular
VOLTAJE MÁXIMO DE SALIDA	6 V <sub>pp</sub>
FRECUENCIA MÍNIMA DE SALIDA	0.5 Hz
FRECUENCIA MÁXIMA DE SALIDA	1.0 MHz
LINEALIDAD TRIANGULAR	1%
ESTABILIDAD EN AMPLITUD	0.5 dB
IMPEDANCIA DE SALIDA	600Ω

## ANEXO 2

### DIAGRAMAS ELÉCTRICOS MÓDULO DE PRUEBAS

En este anexo se encuentran la propuesta de los planos eléctricos para cada uno de los subsistemas que forman parte del Módulo de Pruebas para Prácticas en Laboratorios de Electrónica, versión 2.0

El módulo está compuesto fundamentalmente por seis bloques, cada uno de los cuales corresponde a cada uno de los seis subsistemas en los que se dividió el sistema.

En su orden se encuentran los siguientes planos eléctricos:

Plano correspondiente al subsistema de fuente de alimentación.

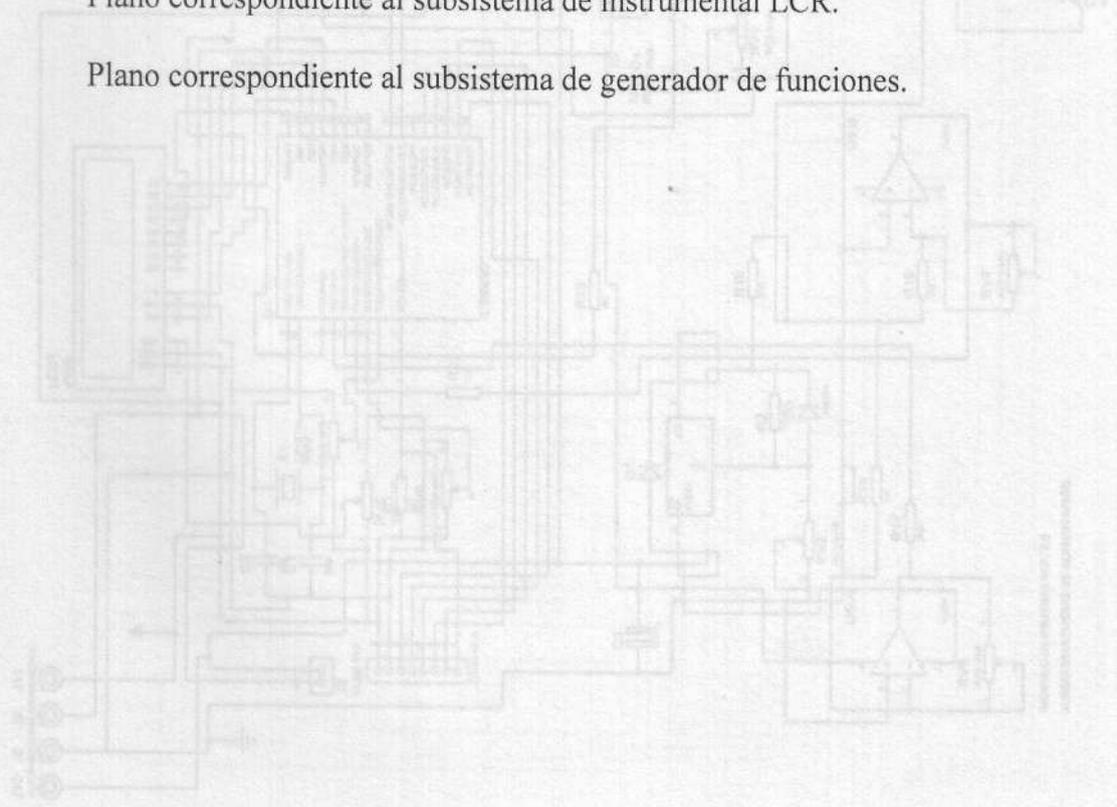
Plano correspondiente al subsistema de voltímetros-amperímetros

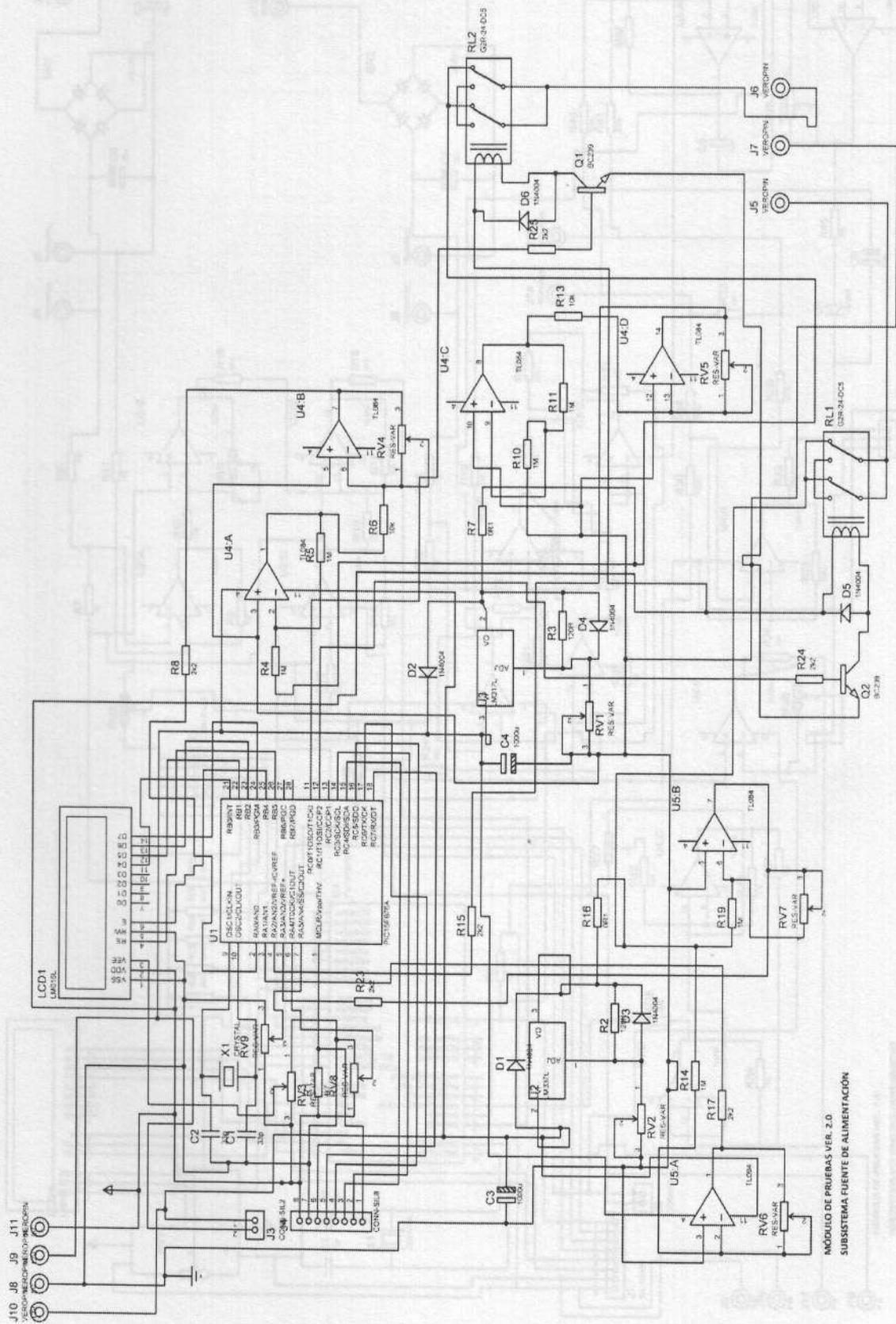
Plano correspondiente al subsistema de frecuencímetros.

Plano correspondiente a la unidad central de proceso.

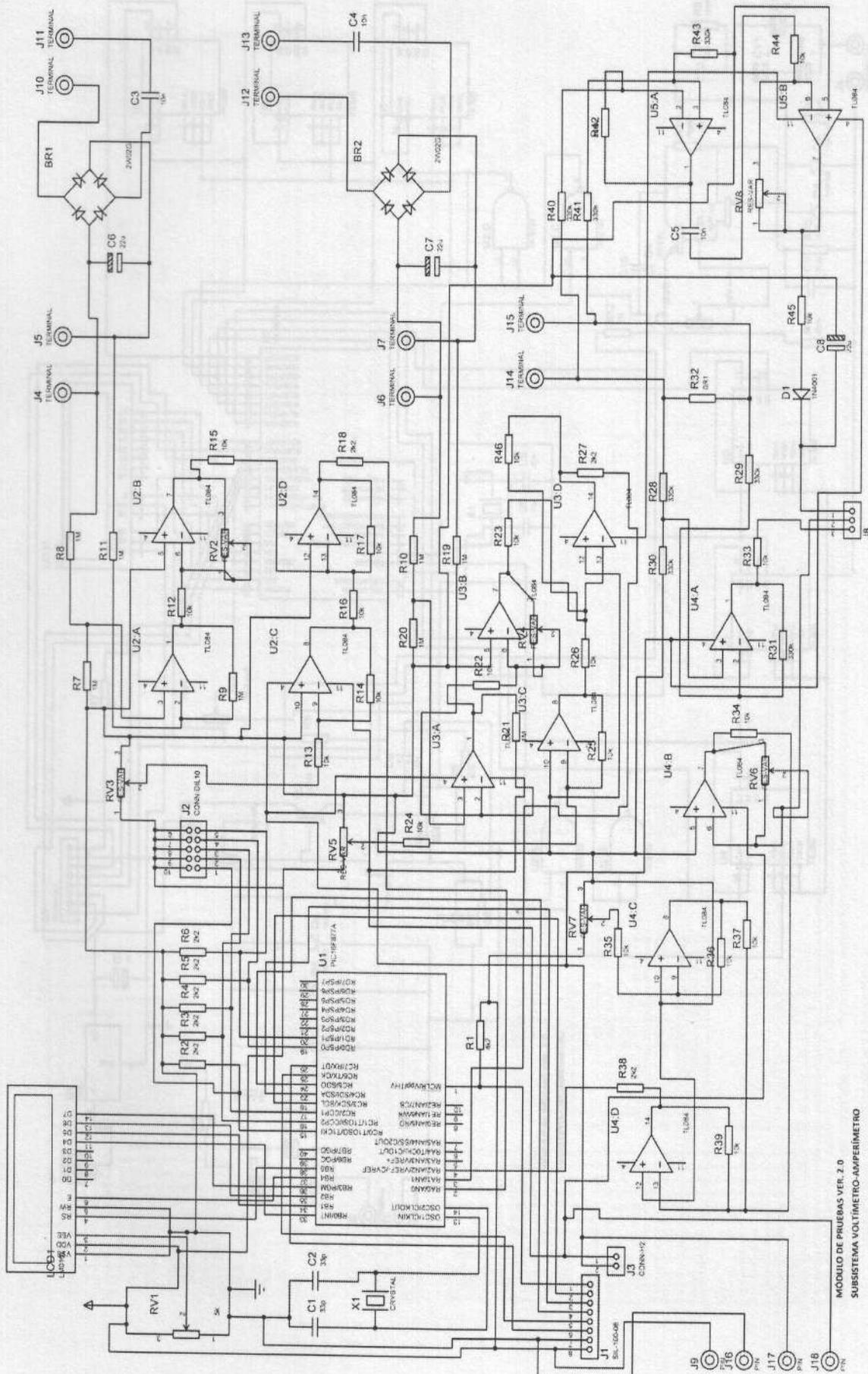
Plano correspondiente al subsistema de instrumental LCR.

Plano correspondiente al subsistema de generador de funciones.

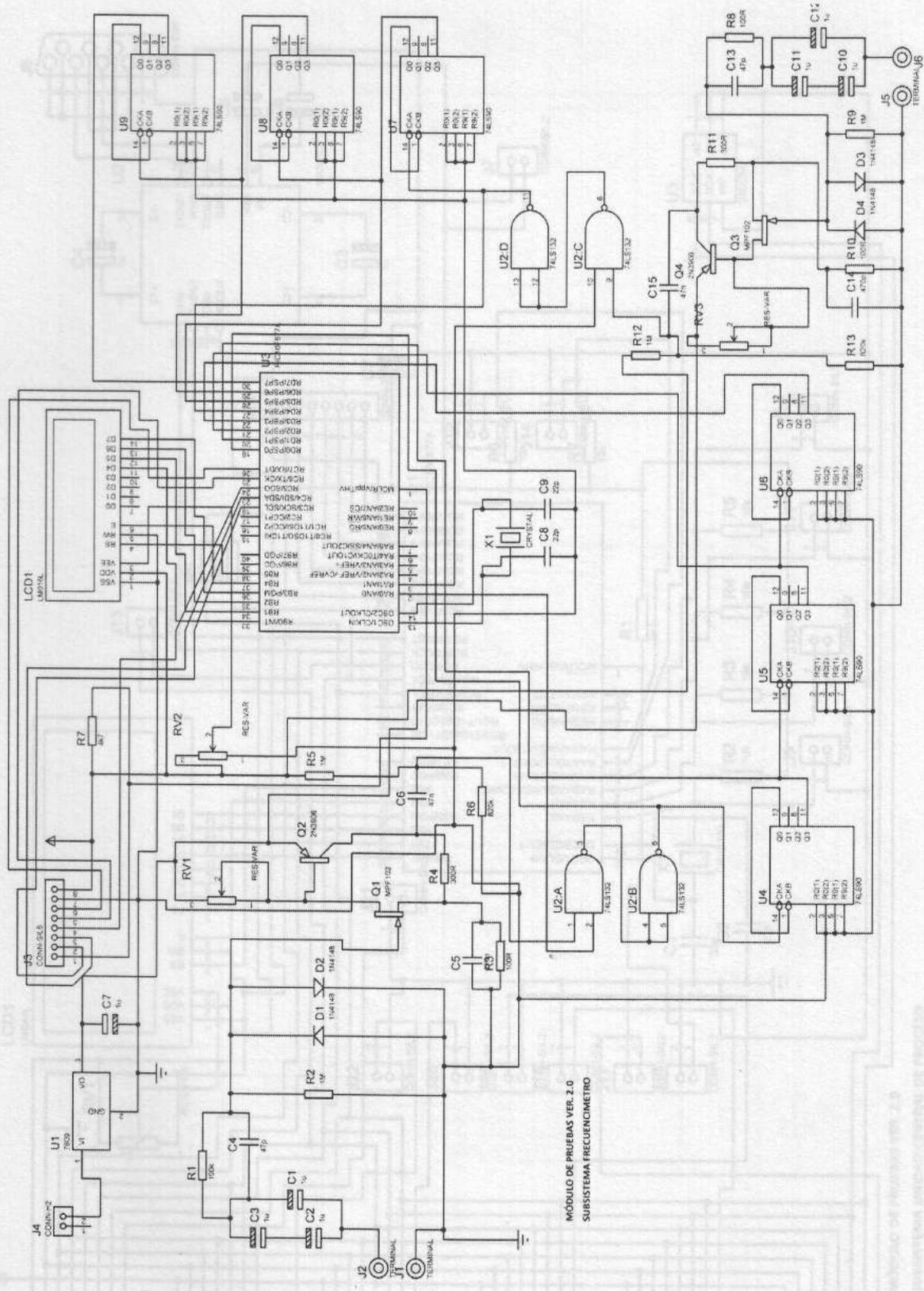


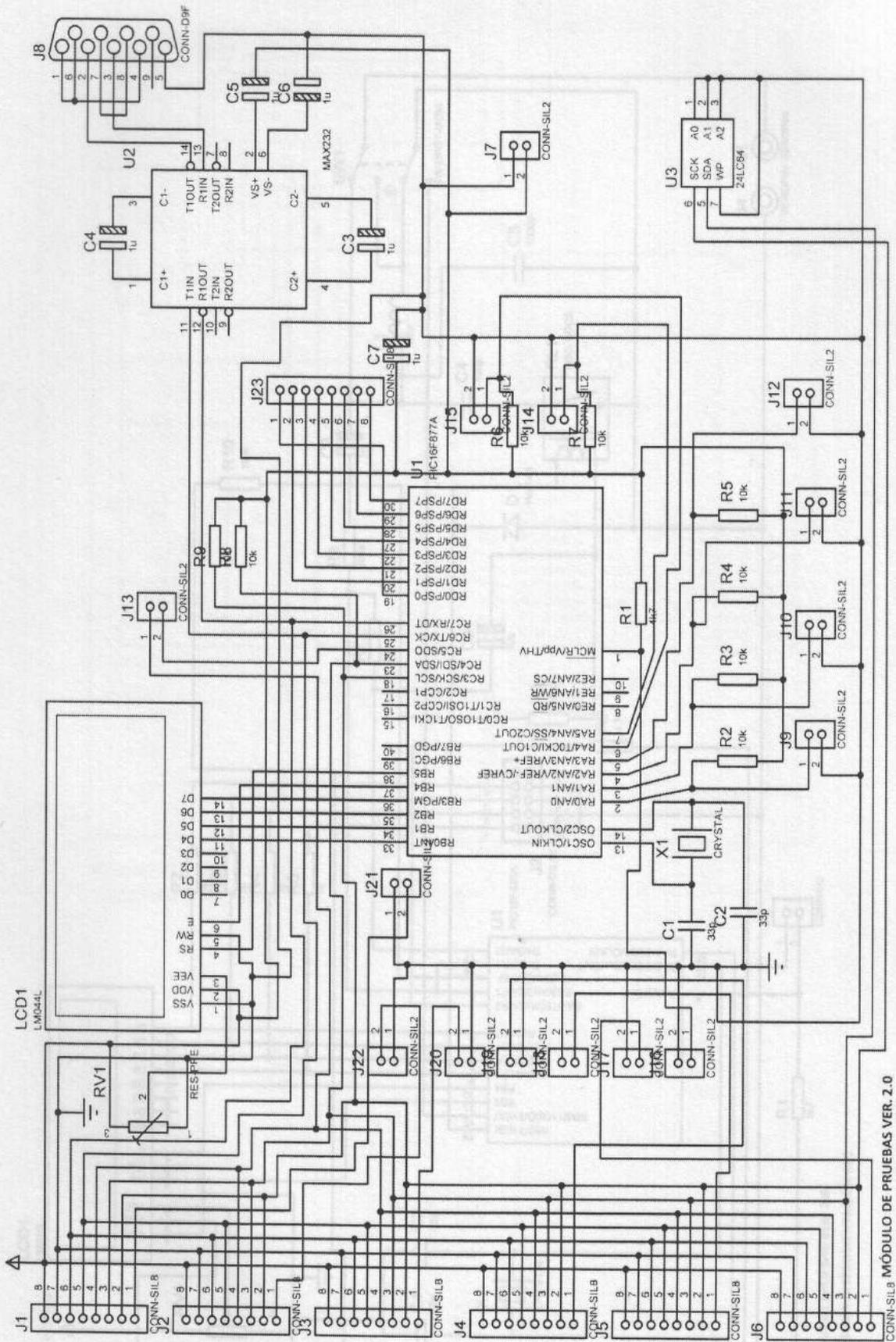


MÓDULO DE PRUEBAS VER. 2.0  
SUBSISTEMA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

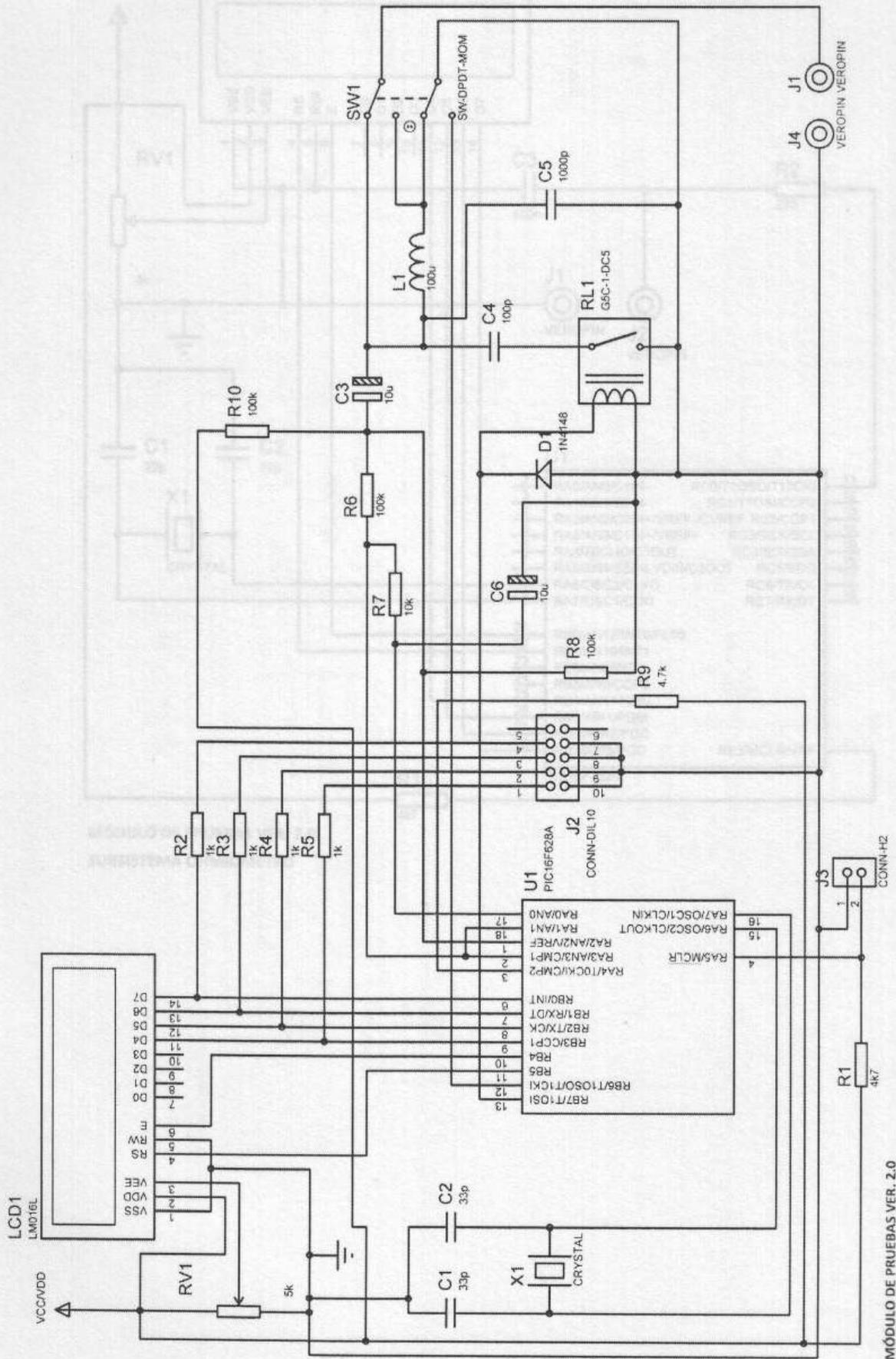


MODULO DE PRUEBAS VER. 2.0  
SUBSISTEMA VOLTÍMETRO-AMPERÍMETRO

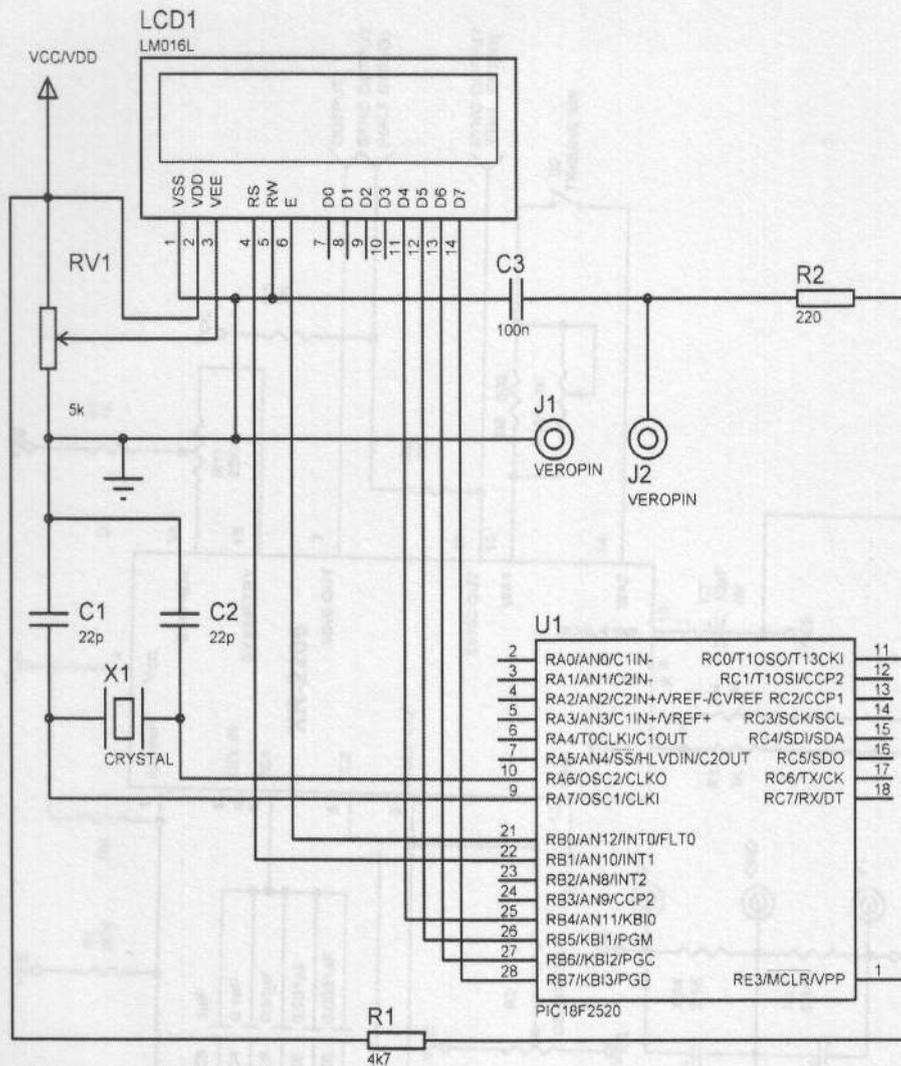




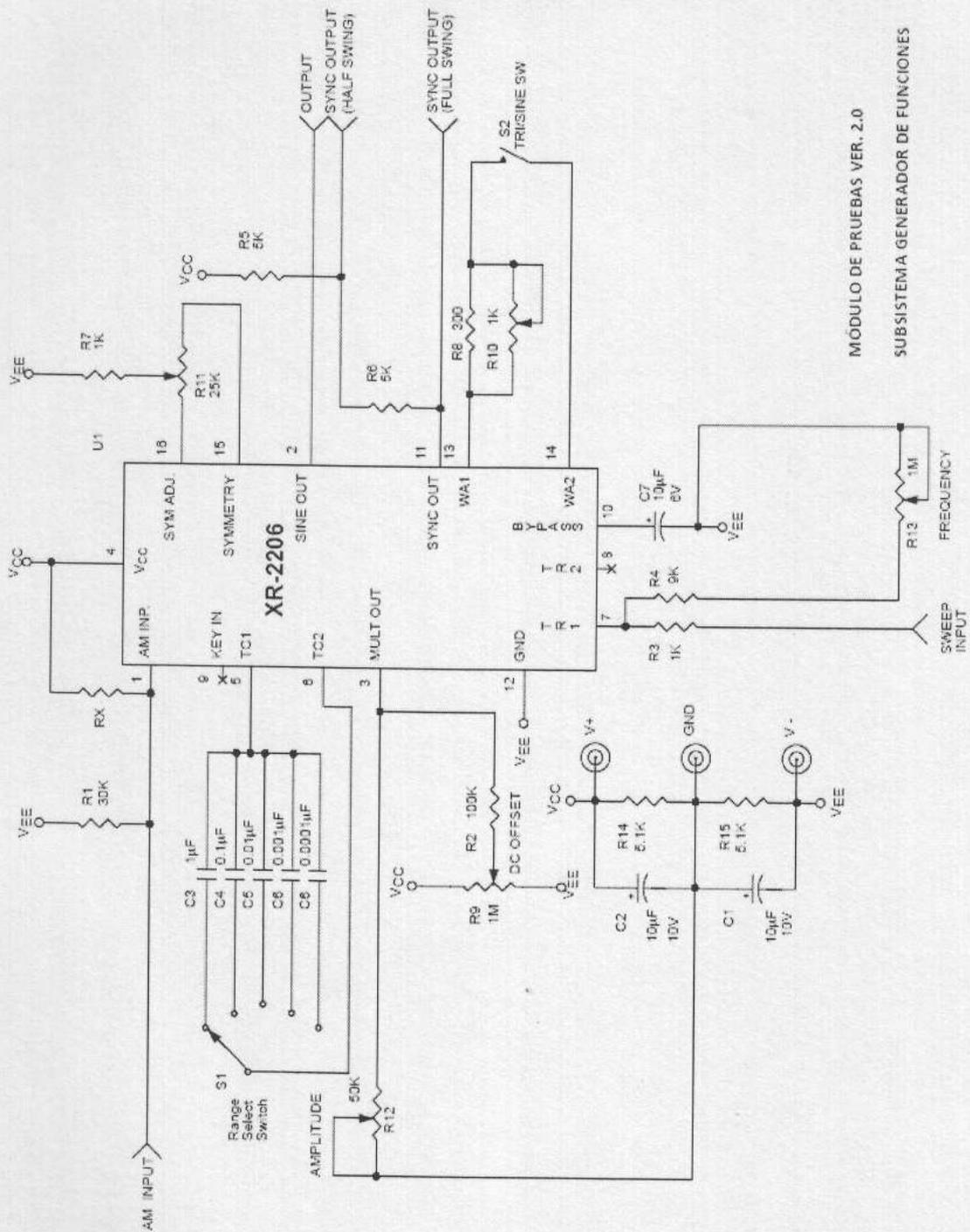
MÓDULO DE PRUEBAS VER. 2.0  
SUBSISTEMA UNIDAD CENTRAL DE PROCESO



MÓDULO DE PRUEBAS VER. 2.0  
SUBSISTEMA INSTRUMENTACIÓN RLC



MÓDULO DE PRUEBAS VER. 2.0  
SUBSISTEMA OHMIÓMETRO



MÓDULO DE PRUEBAS VER. 2.0  
SUBSISTEMA GENERADOR DE FUNCIONES