



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



REPORTE FINAL DE PERÍODO SABÁTICO

B.1. APUNTES PARA LA ASIGNATURA: MEDICIONES ELÉCTRICAS

ELABORADO POR:

TOMÁS HUMBERTO VILLALOBOS VALLADARES

FEBRERO DEL 2025

Contribución Académica.

La contribución de la asignatura de Mediciones Eléctricas que impacta en los objetivos educacionales y perfil de egreso de la carrera de Ingeniería Electrónica es la importancia de que el alumno adquiera los conocimientos básicos en el aula, para realizar mediciones eléctricas. Desarrolla las habilidades y destrezas en el manejo de instrumentos de medición. Utiliza los instrumentos de medición cuando realiza prácticas en el laboratorio, obtiene y simula modelos para predecir el comportamiento de circuitos electrónicos empleando plataformas computacionales. Diseña y desarrolla tarjetas de circuitos impresos para implementar proyectos. Se relaciona con las asignaturas posteriores del plan de estudio de la carrera de ingeniería electrónica, en todas aquellas asignaturas que tienen que ver con mediciones de parámetros eléctricos, simulación y diseño de circuitos impresos. La competencia del saber y el saber hacer en las siguientes asignaturas analógicas y digitales.

La materia de **Mediciones Eléctricas** tiene una contribución académica fundamental en diversas áreas de la ingeniería y la ciencia. Sus principales beneficios incluyen:

1. Desarrollo del Pensamiento Crítico y Analítico

- Enseña a interpretar datos experimentales, identificar errores y mejorar la precisión de las mediciones.
- Fomenta la capacidad de evaluar la incertidumbre y la confiabilidad de los resultados.

2. Fundamentos de la Metrología Eléctrica

- Introduce principios básicos de medición como exactitud, precisión, resolución e incertidumbre.
- Enseña la correcta selección y uso de instrumentos de medición como multímetros, osciloscopios y amperímetros.

3. Aplicaciones en Ingeniería y Tecnología

- Es esencial para el diseño, mantenimiento y control de sistemas eléctricos y electrónicos.
- Permite la calibración de dispositivos y sensores en entornos industriales y de investigación.

4. Normativas y Estándares de Calidad

- Forma a los estudiantes en la correcta aplicación de normas internacionales (IEC, IEEE, ISO) para garantizar mediciones confiables.
- Contribuye a la formación en seguridad eléctrica y protección de equipos.

5. Base para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico

- Permite validar modelos teóricos mediante experimentación.
- Es clave en áreas como la electrónica de potencia, telecomunicaciones y energías renovables.

6. Desarrollo de Habilidades Prácticas

- Aprenderá a utilizar instrumentos de medición como multímetros, osciloscopios, vatímetros, etc.
- Adquiera experiencia en la calibración y diagnóstico de equipos eléctricos.

7. Mejora del Razonamiento Lógico y Analítico

- Se fomentará la capacidad de interpretar datos y evaluar la exactitud de las mediciones.
- Los estudiantes aprenden a analizar errores, incertidumbre y tolerancias en los resultados experimentales.

8. Aplicación en Proyectos y Diseño de Circuitos

- La medición de variables eléctricas es clave en el diseño y prueba de circuitos electrónicos.
- Permite validar modelos teóricos mediante la experimentación.

9. Comprensión de Normas y Seguridad Eléctrica

- Se forman en la correcta aplicación de estándares internacionales de medición (IEC, IEEE, ISO).
- Aprende sobre protección de equipos y seguridad personal en entornos eléctricos.

10. Base para la Investigación y el Desarrollo Profesional

- Facilitar la participación en proyectos de investigación e innovación tecnológica.
- Prepara a los estudiantes para desempeñarse en la industria, garantizando la calidad y confiabilidad de las mediciones.

En resumen, esta materia es crucial para que los estudiantes desarrollen competencias técnicas, analíticas y de seguridad que les serán útiles tanto en su formación académica como en su futuro profesional.

Introducción.

En esta asignatura se organiza el temario en cinco temas, agrupando los contenidos conceptuales a lo largo de los primeros 4 temas; se incluye un último tema que se destina a la aplicación de conceptos específicos relacionados con circuitos impresos. Se comienza en el primer tema presentando los conceptos básicos de la medición y de las principales variables a medir, donde el alumno investiga, documenta y expone en el aula.

En el segundo tema se analizan los instrumentos de medición con el fin de comprender los conceptos básicos, principio de funcionamiento y utilización de los instrumentos analógicos y digitales que se utilizan en las mediciones de sistemas electrónicos para adquirir y desarrollar las habilidades en el uso de los mismos.

En el tercer tema se aborda la medición de parámetros con instrumentos básicos y avanzados en circuitos reales, utilizando componentes pasivos y activos. En el cuarto tema se refiere a la utilización de software educativo, se simula y se modela circuitos virtuales y con instrumentos virtuales, y posteriormente se realiza la práctica en el laboratorio de manera física.

Por último, en el quinto tema se abordan conceptos específicos que servirán de apoyo en el diseño y desarrollo de tarjetas de circuitos impresos, para diferentes prototipos. Las actividades de aprendizaje son: investigar, exponer, resolver y experimentar, aplicar y transportarlos a escenarios diferentes ya sea de manera virtual o físico, utilizando software educativo o en el laboratorio, realizando proyectos al finalizar la asignatura.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y medición de variables y datos relevantes. Se propicia el trabajo en equipo, para poner en práctica procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón todas las actividades teóricas son llevadas a la práctica, dando la oportunidad de que el alumno conceptualice y corrobore la teoría con la práctica a partir de lo observado. El profesor es un facilitador y guía a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a medir y registrar. Para propiciar el autoaprendizaje, aprendizaje colaborativo, construcción del conocimiento e involucrarlos en el proceso de planeación.

ÍNDICE GENERAL.

TEMA 1.-Conceptos Básicos.	7
1.1 Sistema de unidades, patrones y calibración.	7
1.2 Concepto de medida.	15
1.3 Precisión, exactitud y sensibilidad.	17
1.4 Errores en mediciones y su reducción.	21
1.5 Tipos de corriente eléctrica.	25
1.6 Formas de onda.	27
1.7 Frecuencia, período y amplitud.	33
1.8 Valor promedio, valor máximo, valor pico a pico y valor eficaz.	35
1.9 Normas de seguridad en la medición de variables eléctricas.	39
TEMA 2.-Instrumentos Básicos y Avanzados.	46
2.1 Evaluación y comparación de medidores analógicos y digitales.	46
2.1.1 Voltímetro.	51
2.1.2 Amperímetro.	54
2.1.3 Óhmetro.	57
2.2 Operar y manejar los medidores analógicos y digitales en la medición de corriente y voltaje de c.a. y c.d.	59
2.3 Funcionamiento, operación y aplicación de otros instrumentos.	71
2.3.1 Generadores de señales.	71
2.3.2 Osciloscopio Analógico y Digital.	78
TEMA 3.- Medición de parámetros.	84
3.1 Medición y prueba de dispositivos y elementos.	84
3.1.1 Resistencias.	84
3.1.2 Inductancia y capacitancia.	88
3.1.3 Mediciones con puentes.	96
3.1.4 Prueba de dispositivos semiconductores.	102
3.2 Medición de potencia y energía.	107
3.2.1 Potencia y energía en c.d.	108
3.2.2 Potencia y energía en c.a.	110
3.3 Efectos de carga de los instrumentos en las mediciones.	114
3.3.1 Impedancia de los instrumentos de medición.	117
3.3.2 Sondas o puntas de prueba.	119
TEMA 4.- Instrumentos especiales y virtuales.	122
4.1 Analizador de estados lógicos.	122
4.2 Analizador de espectros.	126

4.3 Equipos especiales de medición.....	130
4.3.1 Graficadores.	130
4.3.2 Trazador de curvas.....	131
4.3.3 Luxómetro.	131
4.3.4 Tacómetro.....	133
4.3.5 Medidores de campo magnético.	135
4.3.6 Analizador de Fourier.....	136
4.4 Introducción al manejo de instrumentos virtuales.	139
TEMA 5.- Diseño y elaboración de tarjetas de circuitos impresos.	144
5.1 Introducción a los circuitos impresos.	144
5.2 Diseño de PCB mediante software.....	153
5.3 Técnicas básicas para la construcción de circuitos impresos.....	187
Anexos:(Presentaciones de los temas).	208
Referencias.....	209
Instrumentación Didáctica.	209

TEMA 1.-Conceptos Básicos.

1.1 Sistema de unidades, patrones y calibración.

SISTEMA DE UNIDADES

Un sistema de unidades es un conjunto consistente de unidades de medida. Definen un conjunto básico de unidades de medida a partir del cual se derivan el resto. Existen varios sistemas de unidades:

- Sistema Internacional de Unidades o SI: es el sistema más usado. Sus unidades básicas son: el metro, el kilogramo, el segundo, el ampere, el kelvin, la candela y el mol. Las demás unidades son derivadas del Sistema Internacional.
- Sistema métrico decimal: primer sistema unificado de medidas.
- Sistema cegesimal o CGS: denominado así porque sus unidades básicas son el centímetro, el gramo y el segundo.
- Sistema Natural: en el cual las unidades se escogen de forma que ciertas constantes físicas valgan exactamente 1.
- Sistema técnico de unidades: derivado del sistema métrico con unidades del anterior. Este sistema está en desuso.
- Sistema anglosajón de unidades: aún utilizado en algunos países anglosajones. Muchos de ellos lo están reemplazando por el Sistema Internacional de Unidades.

Además de éstos, existen unidades prácticas usadas en diferentes campos y ciencias. Algunas de ellas son:

- Unidades atómicas.
- Unidades usadas en Astronomía.
- Unidades de longitud.
- Unidades de superficie.
- Unidades de volumen.
- Unidades de masa.
- Unidades de medida de energía.
- Unidades de temperatura.
- Unidades de densidad.

Para los cálculos con cantidades físicas se requiere que estas se encuentren definidas en clase y magnitud. La medida estándar de cada clase de cantidad física es la **unidad**; el número de veces que la unidad ocurre en algún valor dado de la misma cantidad es el número de medida. Por ejemplo, cuando hablamos de una distancia de 100 metros, sabemos que el metro es la unidad de longitud y que el número de unidades de dicha longitud es 100. La cantidad física, longitud, por consiguiente se define por la unidad metro. Sin la unidad, el número de medida no tiene algún significado físico.

En las ingenierías se utilizan dos clases de unidades: **unidades fundamentales y unidades derivadas**. Puesto que longitud, masa y tiempo son fundamentales para la mayor parte de otras cantidades físicas, además de las usadas en mecánica, son las llamadas unidades fundamentales primarias.

Las medidas de ciertas cantidades físicas en las disciplinas de calorimetría, electricidad e iluminación son también representadas por las unidades fundamentales. Estas unidades se usan únicamente cuando estas clases particulares son referidas y por tanto, se definen como unidades fundamentales secundarias o auxiliares.

Todas aquellas unidades que se pueden expresar en términos de unidades fundamentales se llaman unidades derivadas. Una unidad derivada se reconoce por sus dimensiones, las cuales se pueden definir para las unidades fundamentales de longitud, masa y tiempo. Por conveniencia, a algunas unidades derivadas se les han dado nombres nuevos. Por ejemplo, la unidad derivada de fuerza en el sistema SI es el Newton (N), en lugar de utilizar el nombre dimensional correcto de kg m/seg^2 .

HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE UNIDADES.

En 1790 el gobierno francés ordenó a la directiva de la academia francesa de ciencias estudiar y proponer un sistema único de pesas y medidas para reemplazar todos los sistemas existentes. Los científicos franceses decidieron que este sistema de medición no debería depender de patrones hechos por el hombre, sino basarse en medidas permanentes provistas por la naturaleza. Por consiguiente se eligió como unidad de longitud al metro, definiéndolo como la diezmillonésima parte de la distancia desde el polo al ecuador a lo largo del meridiano que pasa a través de París. Como unidad de masa escogieron la masa de un centímetro cúbico de agua destilada a cuatro grados Celsius, a la presión atmosférica normal de 760 mm de Hg y le dieron el nombre de gramo. Para la unidad de tiempo decidieron usar el segundo tradicional definiéndolo como $1/86\,400$ del día solar medio.

Como segundo principio, decidieron que todas las otras unidades se deberían derivar de las tres unidades fundamentales de longitud, masa y tiempo. Como tercer y último principio propusieron que los múltiplos y submúltiplos de las unidades básicas fueran en el sistema decimal y diseñaron el sistema de prefijos que se usa hoy en día.

Gran Bretaña, mientras tanto, había estudiado un sistema de unidades eléctricas, y la asociación Británica para el avance de la ciencia decidió que el centímetro y el gramo fueran las unidades fundamentales de longitud y masa. Desde ese momento se desarrolló el sistema CGS (centímetro-gramo-segundo) o sistema absoluto de unidades. Surgieron complicaciones cuando el sistema CGS se extendió a las mediciones magnéticas y eléctricas a causa de la necesidad de introducir al menos una unidad más en el sistema.

El sistema electrostático CGSe se basa en experimentos derivados de la ley experimental de Coulomb para la fuerza entre dos cargas eléctricas. A la unidad CGSe de carga eléctrica se le dio el nombre de estatcoulomb. La unidad derivada de carga eléctrica en el sistema CGSe de unidades permitió determinar otras unidades

eléctricas por su definición de ecuaciones. A la unidad de corriente eléctrica en el sistema CGSe se le dio el nombre de estatampere.

Las simplificaciones posteriores en el establecimiento de un sistema universal de unidades dieron como resultado el trabajo pionero del ingeniero italiano Giorgi. El sugirió que el sistema métrico se extendiera dentro de un sistema coherente de unidades que incluyera las unidades eléctricas prácticas.

En el sistema Giorgi, adoptado por muchos países en 1935, conocido como el sistema MKSA de unidades se seleccionó el ampere como la cuarta unidad básica.

EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES.

Un sistema más comprensivo se adoptó en 1954 y se designó en 1960 por un convenio internacional: el Sistema Internacional de Unidades (SI). En el SI se usan seis unidades básicas, estas son, **el metro, el kilogramo, el segundo, el ampere, el kelvin y la candela**, los dos últimos como unidades de temperatura e intensidad luminosa, respectivamente.

Las unidades del sistema SI están reemplazando otros sistemas en la ciencia y la tecnología, y han sido adoptadas como unidades legales en Francia, que llegaron a ser obligatorias en otros países con el sistema métrico.

Las unidades del SI constituyen referencia internacional de las indicaciones de los instrumentos de medición, a las cuales están referidas mediante una concatenación interrumpida de calibraciones o comparaciones.

Esto permite lograr equivalencia de las medidas realizadas con instrumentos similares, utilizados y calibrados en lugares distantes y, por ende, asegurar sin necesidad de duplicación de ensayos y mediciones el cumplimiento de las características de los productos que son objeto de transacciones en el comercio internacional, su intercambiabilidad.

Nombre	Símbolo	Equivalente
Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
Kilo	k	10^3
Hecto	h	10^2
Deca	da	10
Deci	d	10^{-1}
Centi	c	10^{-2}
Mili	m	10^{-3}
Micro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Pico	p	10^{-12}
Femto	f	10^{-15}
Atto	a	10^{-18}

Tabla 1.1.1. Magnitudes y submúltiplos.

Cantidad	Unidad	Símbolo
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
Corriente eléctrica	Ampere	A
Temperatura termodinámica	Kelvin	K
Intensidad luminosa	Candela	Cd

Tabla 1.1.2. Cantidades, unidades y símbolos básicos del SI.

Cantidad	Unidad	Símbolo
Fundamentales		
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundos	s
Corriente eléctrica	Ampere	A
Temperatura termodinámica	Kelvin	K
Intensidad luminosa	Candela	cd
Complementarias		
Angulo plano	Radian	rad
Angulo solido	Esterorradian	sr
Derivadas		
Área	Metro cuadrado	m ²
Volumen	Metro cubico	m ³
Frecuencia	Hertz	Hz
Densidad	Kilogramo por metro	kg/m ³
Velocidad	Metros por segundo	m/s
Velocidad angular	Radian por segundo	rad/s
Aceleración	Metros por segundo al cuadrado	m/s ²
Aceleración angular	Radian por segundo al cuadrado	rad/s ²
Fuerza	Newton	N
Presión	Newton por metro cuadrado	N/m ²
Trabajo, energía	Joule	J(N m)
Potencia	Watt	W (J/s)
Cantidad de electricidad	Coulomb	C (As)
Fuerza electromotriz, diferencia de potencial	Volt	V (W/A)
Cantidad	Unidad	Símbolo
Resistencia eléctrica	ohm	Ω (V/A)
Capacitancia eléctrica	Farad	F (As/V)
Flujo magnético	Weber	Wb (v s)
Intensidad de campo magnético	Ampere por metro	A/m
Densidad de flujo magnético	Tesla	T (Wb/m ²)
Inductancia	Henry	H (V s/A)
Fuerza magnetomotriz	Ampere	A
Flujo luminoso	Lumen	lm (cd sr)
Luminancia	Candela por metro al cuadrado	Cd/m ²
Iluminación	Lux	lx (lm/m ²)

Tabla 1.1.3. Unidades fundamentales, complementarias y derivadas.

UNIDADES DERIVADAS.

Las unidades SI derivadas se definen de forma que sean coherentes con las unidades básicas y suplementarias, es decir, se definen por expresiones algebraicas bajo la forma de productos de potencias de las unidades SI básicas y/o suplementarias con un factor numérico igual 1. Varias de estas unidades SI derivadas se expresan simplemente a partir de las unidades SI básicas y suplementarias. Otras han recibido un nombre especial y un símbolo particular. Si una unidad SI derivada puede expresarse de varias formas equivalentes utilizando, bien nombres de unidades básicas y suplementarias, o bien nombres especiales de otras unidades SI derivadas, se admite el empleo preferencial de ciertas combinaciones o de ciertos nombres especiales, con el fin de facilitar la distinción entre magnitudes que tengan las mismas dimensiones. Por ejemplo, el hertz se emplea para la frecuencia, con preferencia al segundo a la potencia menos uno, y para el momento de fuerza, se prefiere el newton metro al joule.

Existen otros sistemas de unidades como es el caso del sistema inglés que utiliza el pie como unidad de longitud, la libra como unidad de masa y el segundo como su unidad de tiempo.

SISTEMA ANGLOSAJÓN.

El sistema anglosajón de unidades es el conjunto de las unidades no métricas que se utilizan actualmente en muchos territorios de habla inglesa, como Estados Unidos de América, además de otros territorios y países con influencia anglosajona en América, como Bahamas, Barbados, Jamaica, parte de México, Puerto Rico o Panamá. Pero existen discrepancias entre los sistemas de Estados Unidos y el Reino Unido (donde se llama el sistema imperial), e incluso sobre la diferencia de valores entre otros tiempos y ahora. Sus unidades de medida son guardadas en Londres, Inglaterra. Este sistema se deriva de la evolución de las unidades locales a través de los siglos, y de los intentos de estandarización en Inglaterra. Las unidades mismas tienen sus orígenes en la antigua Roma. Hoy en día, estas unidades están siendo lentamente reemplazadas por el Sistema Internacional de Unidades, aunque en Estados Unidos la inercia del antiguo sistema y el alto costo de migración ha impedido en gran medida el cambio.

EQUIVALENCIAS DE LAS UNIDADES INGLESAS.

➤ LONGITUD

- 1 milla = 1,609 m
- 1 yarda = 0.915 m
- 1 pie = 0.305 m
- 1 pulgada = 0.0254 m

➤ MASA

- 1 libra = 0.454 Kg.
- 1 onza = 0.0283 Kg.

- 1 ton. Inglesa = 907 Kg.

➤ **SUPERFICIE**

- 1 pie² = 0.0929m²
- 1 pulgada². = 0.000645m²
- 1 yarda² = 0.836m²

➤ **VOLUMEN Y CAPACIDAD**

- 1 yarda³ = 0.765 m³
- 1 pie³ = 0.0283 m³
- 1 pulg³ . = 0.0000164 m³
- 1 galón = 3.785 l.

PATRONES DE MEDICION.

Un patrón de medidas es el hecho aislado y conocido que sirve como fundamento para crear una unidad de medida. Muchas unidades tienen patrones, pero en el sistema métrico sólo las unidades básicas tienen patrones de medidas.

Los patrones nunca varían su valor. Aunque han ido evolucionando, porque los anteriores establecidos eran variables y, se establecieron otros diferentes considerados invariables.

Ejemplo de un patrón de medida sería: "Patrón del segundo: Es la duración de 9 192 631 770 períodos de radiación correspondiente a la transición entre 2 niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de Cesio 133".

MAGNITUD	NOTACIÓN	DEFINICIÓN
Longitud	m	Un metro es igual a la distancia que recorre en el vacío una onda electromagnética plana en una 1/299792458 -ésima parte de un segundo.
Masa	kg	Un kilogramo es igual a la masa del prototipo de Platino-Iridio conservado en el Laboratorio Internacional de Pesas y Medidas.
Tiempo	s	Un segundo es igual a 9192631770 periodos de irradiación, correspondiente al paso entre dos niveles extra delgados del estado principal del átomo de Cesio-133
Corriente eléctrica (fuerza de la corriente eléctrica)	A	Un amperio es igual a la corriente no cambiante que pasa por dos conductores paralelos rectos infinitamente largos y de área de corte despreciable, que se sitúan en el vacío a una distancia de 1 metro uno del otro, y que provocan en cada segmento de 1 metro de longitud una fuerza de interacción de 2×10^{-7} N.
Temperatura termodinámica	K	Un grado kelvin es igual a la 1/273,16 parte de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (el punto triple del agua tiene una temperatura de cero grados centígrados, 273,16 grados kelvin.)
Fuerza de la luz	cd	Una candela es igual a la fuerza de la luz en una dirección dada de una fuente que genera irradiación monocromática de frecuencia 5×10^{12} Hz, y la fuerza de irradiación en esta dirección es igual a 1/683 W/sr.
Cantidad de sustancia	mol	Una mole es igual a la cantidad de sustancia de un sistema, la cual contiene tantos elementos estructurales, cuantos átomos contienen 0,012 kg. de Carbono -12.

Tabla 1.1.4. Patrones del Sistema Internacional.

Un patrón de medición es una representación física de una unidad de medición. La unidad se realiza con referencia a un patrón físico arbitrario o a un fenómeno natural que incluye constantes físicas y atómicas. Por ejemplo, la unidad fundamental de masa en el SI es el kilogramo, que se define como la masa de un decímetro cúbico de agua a su temperatura de máxima densidad de 4 grados Celsius.

Esta masa se representa en un material patrón: la masa del kilogramo patrón internacional consiste en un cilindro de aleaciones de platino e iridio, el cual se encuentra en la oficina internacional de pesas y medidas en Sevres, cerca de París, y es la representación material del kilogramo. Los patrones de medidas están clasificados en las siguientes categorías:

Patrones internacionales: están definidos por acuerdos internacionales. Representan ciertas unidades de medida con la mayor exactitud que permite la tecnología de producción y medición. Los patrones internacionales se evalúan y verifican de acuerdo a las mediciones absolutas de las unidades fundamentales.

Patrones primarios: también llamados básicos, estos patrones se encuentran en los laboratorios de patrones nacionales en diferentes partes del mundo. Los patrones primarios representan unidades fundamentales y algunas de las unidades mecánicas y eléctricas derivadas, se calibran independientemente por medio de mediciones absolutas de en cada uno de los laboratorios nacionales. Una de las principales funciones de estos patrones es la de verificar y calibrar los patrones secundarios.

Patrones secundarios: son los patrones básicos de referencia que se utilizan en los laboratorios industriales de medición. Estos patrones se conservan en la industria particular interesada y se verifican con los patrones secundarios del área, aunque también son enviados a los laboratorios internacionales para ser calibrados de manera periódica.

Patrones de trabajo: son las herramientas principales en un laboratorio de mediciones. Se utilizan para verificar y calibrar la exactitud y comportamiento de las mediciones efectuadas en las aplicaciones industriales. Puede ser usado como patrón en el control de calidad de ciertas medidas.

PATRONES IEEE

El instituto para ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE) publica y conserva un conjunto de diferentes tipos de patrones. Estos patrones no están físicamente disponibles para comparación y verificación de patrones secundarios; se trata de procedimientos patrones, nomenclaturas, definiciones, etc.

El grupo importante de patrones IEEE es el método de prueba patrón para probar y evaluar varios sistemas y componentes electrónicos.

CALIBRACION.

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores de magnitudes indicados por un instrumento o sistema de medición, o valores representados por una medida materializada o un material de referencia y los correspondientes valores aportados por patrones.

Una calibración refiere a revisar y ajustar de un instrumento su salida de modo que corresponda exactamente (o sea proporcional) a su entrada a través de un rango específico. Para calibrar un instrumento, debemos tener conocimiento de las cantidades de entrada y/o salidas asociadas al instrumento bajo prueba. A un dispositivo usado como referencia para comparar su respuesta frente a la respuesta de un instrumento es llamado "estándar de calibración" o "patrón". En palabras simples, un patrón es algo que nosotros podemos utilizar para comparar un instrumento calibrado. Por tanto, cualquier calibración podrá solo ser tan buena como el patrón que estemos usando.

La calibración consiste en dar el valor correcto a una unidad, esto de acuerdo a los estándares absolutos que existen de acuerdo a las unidades que se presentan en la física. Calibrar refiere también el hecho de verificar las dimensiones de las unidades con las que contamos. La calibración depende de

manera inmediata de las medidas absolutas que son puestas a las diferentes unidades como lo es el caso del metro, este, cuenta con una unidad patrón en un laboratorio internacional en Sevres, esta es única y es la referencia para todas las demás unidades que son usadas tanto a nivel internacional, nacional y local.

Calibración es simplemente el procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que "debiera indicar" de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido.

La única forma para saber si su lectura es correcta, es si el instrumento esta calibrado, con un patrón de referencia reconocido, y que este patrón sea trazable a los patrones nacionales mantenidos por el Centro Nacional de Metrología.

El costo de no atender esto puede llegar a ser desastroso. La calibración y trazabilidad son cruciales para su empresa, principalmente en las actividades de producción, desarrollo e investigación, analicemos algunas razones del por qué, como son:

- Repetibilidad del proceso.
- Transferencia de procesos.
- Intercambio de instrumentos.
- Incremento del tiempo efectivo de producción.
- Cumplimiento del sistema de calidad.

1.2 Concepto de medida.

Cuando necesitamos saber los parámetros de algo que no se puede ver, pero se puede sentir, la electricidad, por ejemplo, recurrimos a la medición valiéndonos de un equipo para esta acción. Medición o medida (acción y resultado de medir), es la comparación de la cantidad de una magnitud física con la cantidad contenida en otra magnitud de igual naturaleza que se toma como unidad.

Para establecer una medida, que es un valor numérico, debe tomarse una referencia que es la unidad de medida, para que podamos obtener la magnitud que necesitamos, comparándola con esa unidad que es invariable y repetible, y que surge a través de un patrón o modelo, o por otras unidades previamente definidas. Las magnitudes a medir deben ser de la misma especie. Las medidas son imprescindibles para evitar que los sentidos nos engañen en las tareas de experimentación.

Medir consiste en obtener la magnitud (valor numérico) de algún objeto físico, mediante su comparación con otro de la misma naturaleza que tomamos como patrón. El concepto de medida está relacionado con la acción de comparar una determinada magnitud contra un “patrón” preestablecido que reúne determinadas características. Por tanto, el resultado de una medición (o medida) es una cantidad expresada por un número que indica cuántas unidades contiene la magnitud objeto de tal análisis.

Al **patrón** de medir le llamamos también **Unidad de medida**. Debe cumplir estas condiciones:

1º.- **Ser inalterable**, esto es, no ha de cambiar con el tiempo ni en función de quién realice la medida.

2º.- **Ser universal**, es decir utilizada por todos los países.

3º.- Ha de ser **fácilmente reproducible**.

Esta comparación con un patrón, que constituye el acto de medir, está sujeta a una incertidumbre, que puede tener diversos orígenes. Nunca lograremos obtener el verdadero valor de la magnitud, siempre vamos a obtener un valor aproximado de la misma y necesitamos pues indicar lo buena que es esta aproximación. Por ello junto con el valor de la magnitud medida se debe adjuntar una estimación de la incertidumbre o error al objeto de saber cuan fiable son los resultados que obtenemos.

Ejemplo 1: Medir la longitud de una hoja de papel con una regla. El error proviene de la escala: puede estar mal graduada, la longitud de la hoja puede quedar entre dos marcas, etc.

Ejemplo 2: Supongamos que alguien nos pregunte qué hora es. Disponemos de un reloj con minuterio, pero no con segundero. Por lo tanto cuanto tratemos de estimar el tiempo estaremos cometiendo un error del orden de los minutos.

Ejemplo 3: Hemos determinado el valor de la aceleración de la gravedad, en nuestro laboratorio, la medida ha resultado ser: $g = (9.70 \pm 0.15) \text{ m/s}^2$ Indicamos el error que hemos cometido en nuestra medida, 0.15.

¿Por qué?

Pues porque al realizar una medida la vamos a utilizar para comprobar una cierta teoría, para compararla con medidas previas de esa misma magnitud, para ayudar en la predicción de resultados en otro experimento diferente, etc.... Por lo tanto el valor del error es crucial para poder interpretar el resultado. Todas las mediciones tienen asociada una incertidumbre que puede deberse a los siguientes factores:

- La naturaleza de la magnitud que se mide.
- El instrumento de medición.
- El observador.
- Las condiciones externas.

MEDICION

Acción y efecto de Medir Proviene del latino *metiri* se refiere a comparar una cantidad con su respectiva unidad, con el fin de averiguar cuántas veces la segunda está contenida en la primera. Para posibilitar la medición, la dimensión del objeto y la unidad deben ser de la misma magnitud. El resultado de medir es conocido como medida. Atendiendo a la finalidad, cabe hacer la distinción entre dos tipos de mediciones:

Medición directa De una magnitud es aquella que obtenemos mediante un instrumento de medida que la obtiene sin intermedio de otra magnitud.

Ejemplos:

- Medir una longitud con una cinta métrica
- Medimos una masa comparándola con otras masas en una balanza de brazos iguales.
- Medimos una longitud mediante una regla.

Medición indirecta. Es aquella en la que obtenemos el valor de una magnitud realizando la medición de otra magnitud distinta y relacionada con la primera. Las medidas indirectas calculan el valor de la medida mediante una fórmula (expresión matemática), previo cálculo de las magnitudes que intervienen en la fórmula por medidas directas.

Un ejemplo sería calcular el volumen de una habitación. Los instrumentos analógicos tienen, normalmente, una escala con divisiones frente a la que se mueve una aguja. En teoría la aguja pasa frente a los infinitos puntos de la escala.

- Medimos una masa midiendo la longitud que se alarga un muelle que hemos calibrado previamente.
- Medimos una longitud midiendo el tiempo que tarda un sonido en ir y volver.

1.3 Precisión, exactitud y sensibilidad.

PRECISIÓN.

En el ámbito de las ciencias en general, la precisión es la capacidad de un instrumento de obtener el mismo resultado en mediciones diferentes, desarrolladas bajo las mismas condiciones. Es la dispersión del conjunto de valores que se obtiene a partir de las mediciones repetidas de una magnitud: a menor dispersión, mayor precisión. Se refiere al grado de concordancia dentro de un grupo de mediciones. Esta cualidad debe evaluarse a corto plazo. No debe confundirse con exactitud ni con reproducibilidad. Como por ejemplo las máquinas de precisión son aquellos aparatos contruidos con el objetivo de obtener resultados exactos. La diferencia entre el valor medido y el valor real recibe el nombre de error de medición.

Traducido esto a una medición. Supongamos que tomas 5 veces la temperatura del agua y te da 5 valores muy cercanos entonces tu termómetro es "preciso" porque tiene repetitividad en la medición. Ahora supón que conoces la temperatura del agua y la tomas con 5 termómetros distintos, el termómetro que indique la temperatura más cercana a la real será el más exacto. Es un parámetro relevante, especialmente en la investigación de fenómenos físicos, ámbito en el cual los resultados se expresan como un número más una indicación del error máximo estimado para la magnitud. Es decir, se indica una zona dentro de la cual está comprendido el verdadero valor de la magnitud.

EXACTITUD

En ingeniería, ciencia, industria y estadística, se denomina **exactitud** a la capacidad de un instrumento de medir un valor cercano al valor de la magnitud real. Exactitud se refiere a que tan cerca del valor real se encuentra el valor medido. En términos estadístico, la exactitud está relacionada con el sesgo de una estimación. Cuanto menor es el sesgo más exacto es una estimación. Cuando expresamos la exactitud de un resultado se expresa mediante el error absoluto que es la diferencia entre el valor experimental y el valor verdadero. Suponiendo varias mediciones, no estamos midiendo el error de cada una, sino la distancia a la que se encuentra la medida real de la media de las mediciones (cuán calibrado está el aparato de medición).

Esta cualidad también se encuentra en instrumentos generadores de magnitudes físicas, siendo en este caso la capacidad del instrumento de acercarse a la magnitud física real.

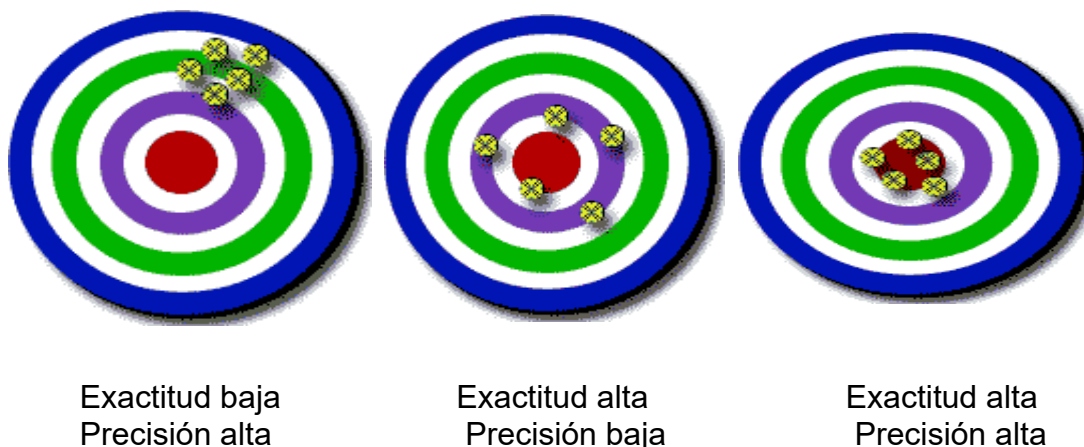


Figura 1.3.1 Ejemplos de exactitud y precisión.

Ejemplo 1

Varias medidas son como flechas disparadas hacia un objetivo. La exactitud describe la proximidad de las flechas al centro del objetivo. Las flechas que impactaron más cerca del centro se consideran más exactas. Cuanto más cerca están las medidas a un valor aceptado, más exacto es un sistema.

La precisión, en este ejemplo, es el tamaño del grupo de flechas. Cuanto más cercanas entre sí estén las flechas que impactaron el objetivo, más preciso será el sistema. Hay que notar que el hecho de que las flechas estén muy cercanas entre sí es independiente al hecho que estén cerca del centro del objetivo. En sí, se puede decir que la precisión es el grado de repetibilidad del resultado. Se podría resumir que exactitud es el grado de veracidad, mientras que precisión es el grado de reproductibilidad.

Ejemplo 2

Un reloj analógico, de manecillas, desplaza su minutero "sólo de minuto en minuto", si bien lo hace en absoluta sincronía con el horario oficial o "real" (que es el objetivo). Un segundo reloj utiliza minutero, segundero, incluso está dotado de un sistema de medición de décimas de segundo. Si observamos que su horario, no coincide plenamente con el horario oficial o real (que sigue siendo el objetivo de todo reloj), concluiremos que el primer reloj es altamente exacto, aunque no sea preciso, mientras que el segundo, es altamente preciso, aunque no se muestra exacto...al menos en nuestro ejemplo. Idealmente un instrumento es exacto y preciso con medidas todas cercanas entre sí y, a la vez, cercanas al valor deseado.

La exactitud y precisión del proceso de medida son establecidas por la medida repetida de algún estándar de unidad de referencia que sea trazable.

La precisión es normalmente caracterizada en términos de desviación estándar de las medidas.

La precisión no puede identificarse en medidas de diferentes magnitudes, en cambio, la exactitud sí lo puede. Ejemplo de exactitud y precisión:

Referencia: Resistencia 100 Ω

En el Medidor 1 (M1) Tomamos estas lecturas (97 Ω , 97 Ω , 97 Ω , 96 Ω , 97 Ω)

En el Medidor 2 (M2) Tomamos estas lecturas (99 Ω , 99 Ω , 98 Ω , 99 Ω , 99 Ω)

Conclusión: tanto M1 como M2 tienen la misma precisión puesto que M1 repite 4 veces el valor 97 Ω , mientras que M2 repitió también 4 veces el valor 99 Ω .

Pero es más exacto el M2 porque se aproxima más al valor de nuestra referencia.

Otro ejemplo es cuando se considera que un instrumento el cual tiene un defecto de diseño u operación, da un resultado el cual se repite altamente de medición a medición, pero el cual se encuentra lejos del valor verdadero. Los datos obtenidos de este instrumento serán muy precisos, pero bastantes inexactos.

Sesgo (¡que no te engañe la precisión!)

Así que, si medimos algo varias veces y los valores están cerca unos de otros, pueden estar todos equivocados si hay "sesgo". Un sesgo es un error sistemático (pasa siempre) que hace que todas las medidas estén desviadas en una cierta cantidad.

Ejemplos de sesgos:

- Una balanza dice "1 kg" cuando no hay ningún peso encima
- Siempre mides tu altura con zapatos de suelas anchas
- Un cronometro que se detiene medio segundo después de pulsar el botón

SENSIBILIDAD

Relación de la señal de salida o respuesta del instrumento respecto al cambio de la entrada o variable medida.

Sensibilidad de los instrumentos

La sensibilidad de un instrumento se determina por la intensidad de corriente necesaria para producir una desviación completa de la aguja indicadora a través de la escala. El grado de sensibilidad se expresa de dos maneras, según se trate de un amperímetro o de un voltímetro.

En el primer caso, la sensibilidad del instrumento se indica por el número de amperios, miliamperios o microamperios que deben fluir por la bobina para producir una desviación completa. Así, un instrumento que tiene una sensibilidad de 1 miliamperio, requiere un miliamperio para producir dicha desviación, etcétera.

En el caso de un voltímetro, la sensibilidad se expresa de acuerdo con el número de ohmios por voltio, es decir, la resistencia del instrumento. Para que un voltímetro sea preciso, debe tomar una corriente insignificante del circuito y esto se obtiene mediante alta resistencia.

El número de ohmios por voltio de un voltímetro se obtiene dividiendo la resistencia total del instrumento entre el voltaje máximo que puede medirse. Por ejemplo, un instrumento con una resistencia interna de 300000 ohmios y una escala para un máximo de 300 voltios, tendrá una sensibilidad de 1000 ohmios por voltio. Para trabajo general, los voltímetros deben tener cuando menos 1000 ohmios por voltio. La sensibilidad de un instrumento viene caracterizada por:

Sensibilidad: menor rango

Resolución (cuentas) = fondo de escala.

Rango = fondo de escala.

Menor rango (indica la escala menor) en el caso de que tengamos un aparato multiescala.

La sensibilidad no es lo mismo (aunque a veces se confunde) con la precisión. Esta magnitud siempre se especifica en las unidades del parámetro medido

La sensibilidad, por ejemplo, de un A/D de 16 bits en un voltímetro que tiene tres escalas de: 2 V, 20 V y 200 V:

16 bits: la resolución en cuentas es de 1 entre: 216 (65536)

El menor rango: 2 V

Sensibilidad = $2V / 65536 = 30 \text{ mV}$

(Si estoy convirtiendo de analógico a digital, el valor más pequeño de voltaje que puedo detectar y que corresponderá a 1 bit de los 16 bits es 30 mV)

La sensibilidad de un dispositivo electrónico, por ejemplo, un receptor de comunicaciones es la mínima magnitud en la señal de entrada requerida para producir una determinada magnitud en la señal de salida, dada una determinada relación señal/ruido u otro criterio especificado.

1.4 Errores en mediciones y su reducción.

Toda medición siempre irá acompañada de una incertidumbre. El resultado de una medición es el conjunto de dos valores: el valor obtenido en la medición y la incertidumbre. Siempre que realizamos una medición cometeremos un error en la determinación de la magnitud medida. Este error puede ser despreciable en función de la precisión requerida. Definiremos como error a la diferencia entre la dimensión determinada en la medida y la dimensión real.

Los errores que cometemos al realizar una medición pueden ser debidos a:

Los instrumentos de medida.

- ✓ Defectos constructivos
- ✓ Deformaciones elásticas
- ✓ Desgaste por el uso
- ✓ Desajuste por el uso

Las condiciones ambientales.

Dependiendo de la temperatura a la cual realicemos la medición, obtendremos un valor u otro. Los materiales metálicos poseen coeficientes de dilatación térmica relativamente elevados. Por ello el sistema internacional establece una temperatura de referencia de 20°C.

La persona que realiza la medición.

Presiones desiguales entre la pieza y palpador, en función de la fuerza que hace el operador.

Error: Desviación a partir del valor real de la variable medida. Una medida del error es la incertidumbre, diferencia entre los valores máximo y mínimo obtenidos en una serie de lecturas sobre una misma dimensión constante.

Tipos de errores

- Error grave
- Error aleatorio

- Error sistemático
 - Instrumental.
 - Ambiental.
 - Errores estáticos.
 - Errores dinámicos

Error grave: se debe principalmente a fallas humanas en la lectura o utilización de los instrumentos, así como en el registro y cálculo de los resultados de las mediciones.

Error sistemático: se puede presentar como consecuencia de un efecto reconocido de una magnitud de influencia en el resultado de una medición o por defectos en el instrumento de medida.

Error instrumental: son inherentes a los instrumentos de medición a causa de su estructura mecánica. Se pueden presentar por no ajustar el cero antes de realizar mediciones, por una calibración inadecuada del instrumento, etc. Este error se puede evitar:

- ✓ Seleccionado el instrumento adecuado para la medición.
- ✓ Aplicando los factores de corrección después de definir la cantidad del error.
- ✓ Al calibrar el instrumento con un patrón.

Error ambiental: se deben a las condiciones externas que afectan la operación del dispositivo de medición como los efectos por cambios de: temperatura, humedad, presión barométrica o de campos magnéticos y electrostáticos.

Error estático: se originan por las limitaciones de los dispositivos de medición o las leyes físicas que dominan su comportamiento.

Error dinámico: se ocasiona cuando el instrumento no responde con la suficiente rapidez a los cambios de la variable de medida

Error aleatorio: se presenta por variaciones impredecibles o estocásticas, temporales y espaciales de las magnitudes de influencia. Se puede reducir aumentando el número de observaciones.

INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES.

El estudio de las mediciones consiste en caracterizar su comportamiento, tipificar los errores y desarrollar procedimientos que cuantifiquen las magnitudes de estos errores. Para ello se expondrá a continuación el error aleatorio, sus características, sus orígenes y el procedimiento para cuantificarlo. Supóngase que se desea cuantificar la intensidad de alguna propiedad de un objeto, ésta se realiza a través de un instrumento de medición que refleje la intensidad de la propiedad en algo observable.

Mediante una técnica utilizando un instrumento e interpretando su señal, se obtiene un número real (Y_i) y un símbolo que representa la unidad de referencia. Pero este número es un valor aproximado del Valor Verdadero(x). Para obtener el mejor valor aproximado (la mejor estimación de un valor desconocido), es necesario realizar varias veces la medición de la propiedad de interés.

Incertidumbre.- Es el error experimental que se encuentra en toda medición.

Error absoluto.- Error total que se produce al medir una magnitud. Se considera siempre en valor absoluto.

ERROR ABSOLUTO = VALOR DE LA MEDICIÓN - VALOR REAL

Error relativo.- Es el producido por la unidad de medición utilizada. Se expresa en porcentaje y nos indica el grado de precisión y de exactitud de la medición.

Error relativo = (Error relativo/Magnitud real) x 100.

ERROR EN EL PROCESO DE MEDICION

El proceso de Medición requiere de una Técnica, un Instrumento y de una Percepción.

La Técnica: se necesita seleccionar el tipo instrumento y la forma de utilizarlo. **Un Instrumento** que refleje la intensidad de la propiedad. **Percepción del observador,** ya que debe interpretar la señal que le envía el instrumento y representarla con un número real.

Supóngase que se desea realizar la medición de la longitud de un cierto objeto, donde se utiliza como instrumento una regla graduada en centímetros.

MEDIDAS PREVENTIVAS DE ERRORES DE MEDICION

Medidas de prevención por errores por el instrumento o equipo de medición. Errores del operador o por el método de medición Errores por condiciones ambientales, Errores por el instrumento o equipo de medición. Es recomendable no comprar instrumentos que por la marcan no sean de confianza.

Error por el uso de instrumentos no calibrados: Verificar que la fecha de calibración no esté vencida. Que no presenten alguna anomalía. Antes de empezar la medición verificar que los instrumentos estén bien calibrados con respecto a las normas.

Error por la fuerza ejercida al efectuar mediciones: Tratar siempre de ejercer la misma fuerza.

Error por instrumento inadecuado: Analizar qué es lo que se quiere medir y después tomar el instrumento adecuado.

Error por puntos de apoyo: Tener la precaución de elegir el lugar indicado Limpiar el lugar de trabajo.

Error por distorsión: No apretar de más el instrumento ya que eso provoca que se pueda deformar el instrumento.

Error de paralaje: Ubicarse en un lugar correcto haciendo una línea recta con la medida.

Error de posición: Verificar que el instrumento este correctamente colocado.

Errores por condiciones ambientales : ☐ Humedad ☐ Polvo ☐ Temperatura:
Tratar de encontrar el sitio más adecuado con respecto a la exactitud que se necesite.

CÓMO ESTIMAR, REDUCIR Y ELIMINAR ERRORES

ERRORES GRAVES	ERRORES SISTEMÁTICOS		ERRORES ALEATORIOS
	ERRORES DE EQUIPO	ERRORES AMBIENTALES	
Mala lectura de los instrumentos. Cálculos errados. Instrumento inapropiado. Ajuste incorrecto u olvido del cero. Efectos de carga despreciados.	Erosión en los rodamientos. Componentes no lineales. Error de calibración. Equipo dañado. Pérdidas durante la transmisión.	Cambios de temperatura. Humedad, campos eléctricos y magnéticos errantes.	Eventos desconocidos que causan variaciones pequeñas en las mediciones, a menudo bastante inexplicables y al azar.
CÓMO ESTIMARLOS			
No es posible estimar su valor matemáticamente	1. Compare con patrones más aproximados. 2. Determine si el error es constante o proporcional.	Cuidadoso registro de los cambios de las variables. Cálculo de los cambios esperados.	Tomar lecturas y aplicar análisis estadístico para variaciones explicables.
MÉTODOS DE ELIMINACIÓN O REDUCCIÓN			
1. Cuidadosa atención a los detalles cuando se realizan las mediciones y los cálculos. 2. Advertir las limitaciones de los instrumentos. 3. Utilizar dos o más observadores para tomar datos críticos. 4. Tomar al menos tres lecturas para evitar errores de apreciación. 5. Estar motivado en la obtención de resultados correctos importantes.	1. Cuidadosa calibración de los instrumentos. 2. Revisión del equipo para lograr y asegurar una operación apropiada. 3. Aplicar correctamente los factores una vez hallados los errores del instrumento. 4. Utilice uno o más métodos para medir un parámetro.	1. Selle herméticamente los equipos y componentes bajo prueba. 2. Mantenga constante la temperatura y la humedad por medio de acondicionamiento de aire. 3. Blande los componentes y equipos contra campos magnéticos externos. 4. Utilice equipo que no sea afectado apreciativamente por cambios en el medio ambiente.	1. Diseño cuidadoso de los instrumentos de medición para evitar interferencias indeseadas. 2. Uso de la evaluación estadística para la mejor estimación de los verdaderos valores de las lecturas logradas en las mediciones.

Figura 1.4.1. Errores en las mediciones y su reducción

1.5 Tipos de corriente eléctrica.

LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Lo que conocemos como corriente eléctrica no es otra cosa que la circulación de cargas o electrones a través de un circuito eléctrico cerrado, que se mueven siempre del polo negativo al polo positivo de la fuente de suministro de fuerza electromotriz (FEM).

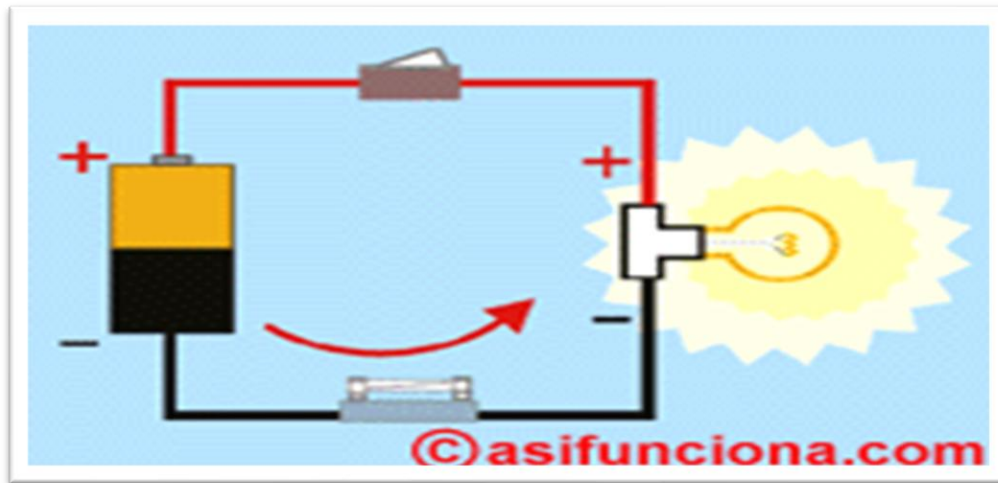


Figura 1.5.1. Representación de un circuito eléctrico.

En un circuito eléctrico cerrado la corriente circula siempre del polo negativo al polo positivo de la fuente de fuerza electromotriz (FEM). Quizás hayamos oído hablar o leído en algún texto que el sentido convencional de circulación de la corriente eléctrica por un circuito es a la inversa, o sea, del polo positivo al negativo de la fuente de FEM.

Ese planteamiento tiene su origen en razones históricas y no a cuestiones de la física y se debió a que en la época en que se formuló la teoría que trataba de explicar cómo fluía la corriente eléctrica por los metales, los físicos desconocían la existencia de los electrones o cargas negativas.

Al descubrirse los electrones como parte integrante de los átomos y principal componente de las cargas eléctricas, se descubrió también que las cargas eléctricas que proporciona una fuente de FEM (Fuerza Electromotriz), se mueven del signo negativo (–) hacia el positivo (+), de acuerdo con la ley física de que "cargas distintas se atraen y cargas iguales se rechazan".

Debido al desconocimiento en aquellos momentos de la existencia de los electrones, la comunidad científica acordó que, convencionalmente, la corriente eléctrica se movía del polo positivo al negativo, de la misma forma que hubieran podido acordar lo contrario, como realmente ocurre. No obstante en la práctica, ese "error histórico" no influye para nada en lo que al estudio de la corriente eléctrica se refiere.

La intensidad del flujo de los electrones de una corriente eléctrica que circula por un circuito cerrado depende fundamentalmente de la tensión o voltaje (V) que se aplique y de la resistencia (R) en ohm que ofrezca al paso de esa corriente la carga o consumidor conectado al circuito.

Si una carga ofrece poca resistencia al paso de la corriente, la cantidad de electrones que circulen por el circuito será mayor en comparación con otra carga que ofrezca mayor resistencia y obstaculice más el paso de los electrones.

Hay dos tipos de corriente eléctrica: la corriente continua y la corriente alterna.

La corriente continua es un flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, las cargas eléctricas circulan en una misma dirección, es decir las terminales de mayor y menor potencial son las mismas, se definiría como “es continua toda corriente que mantenga la misma polaridad cabe aclarar que la corriente continua no cambia su dirección o magnitud a lo largo del tiempo

La corriente continua es empleada en infinidad de aplicaciones y aparatos de pequeño voltaje alimentados con baterías (generalmente recargables) que suministran directamente corriente continua, o bien con corriente alterna como es el caso, por ejemplo, de los ordenadores, siendo entonces necesario previamente realizar la conversión de la corriente alterna de alimentación en corriente continua.

También se está extendiendo el uso de generadores de corriente continua mediante células solares, dado el nulo impacto medioambiental del uso de la energía solar frente a las soluciones convencionales (combustible fósil y energía nuclear). Como claro ejemplo:

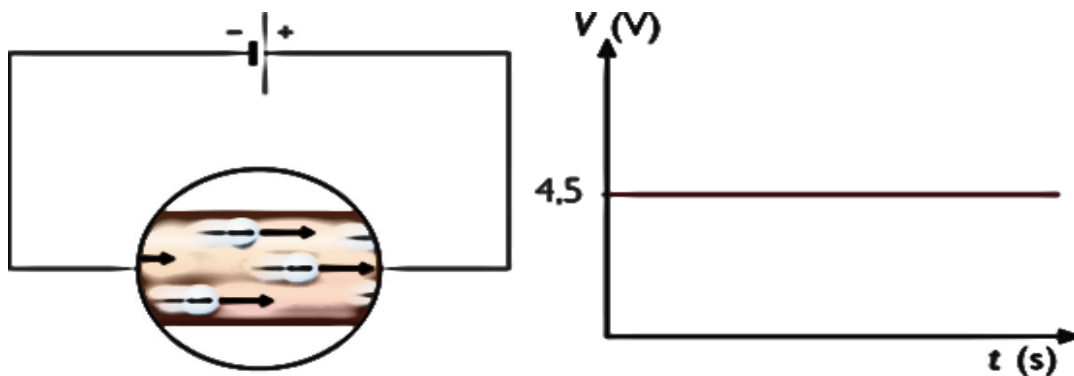


Figura 1.5.2 Gráfica de la corriente continua.

Los electrones se mueven en un mismo sentido, del polo negativo al polo positivo que los atrae. La energía necesaria para que se muevan es generada por pilas y baterías (transformación de energía química en eléctrica) o por células fotovoltaicas (energía radiante -luz- en eléctrica). Los voltajes son pequeños: 1,5, 4,5, 9 V... Se utilizan en linternas, CD portátiles, móviles, circuitos electrónicos.

La corriente alterna la cual se diferencia de la continua porque su magnitud y dirección cambian de manera cíclica, además la circulación es durante un tiempo en un sentido y después en sentido opuesto, volviéndose a repetir el mismo proceso en forma constante. Este tipo de corriente es la que nos llega a nuestras casas y la usamos para alimentar la TV, el equipo de sonido, la lavadora, la refrigeradora, etc. Como ejemplo:

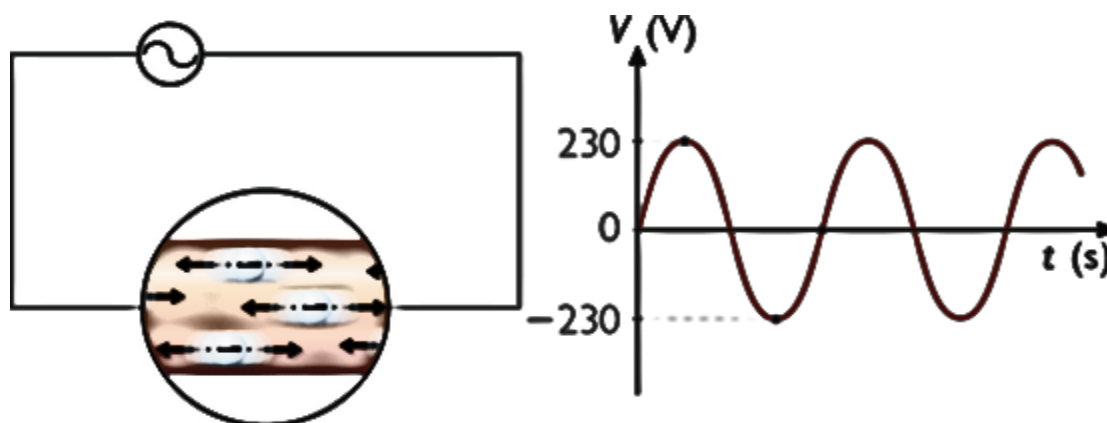


Figura 1.5.3 Gráfica de la corriente alterna.

Los electrones cambian de sentido («alternan») una y otra vez. La corriente alterna se genera mediante un alternador (transformación de energía mecánica en eléctrica). Es la que más se emplea porque se obtienen voltajes mucho más altos y, por consiguiente, grandes cantidades de energía

“La característica principal de una corriente alterna es que durante un instante de tiempo un polo es negativo y el otro positivo, mientras que en el instante siguiente las polaridades se invierten tantas veces como ciclos por segundo o hertz posea esa corriente.

No obstante, aunque se produzca un constante cambio de polaridad, la corriente siempre fluirá del polo negativo al positivo, tal como ocurre en las fuentes de FEM que suministran corriente directa”.

1.6 Formas de onda.

Las magnitudes fundamentales que se van a calcular en un circuito son tensiones y corrientes. Estas magnitudes son provocadas por los elementos activos existentes en el circuito y su valor dependerá de la función que siga la tensión en las fuentes de tensión (o la intensidad en las fuentes de intensidad), además del resto de elementos pasivos que constituyan el circuito.

A estas magnitudes le llamaremos señales, así tendremos señales de tensión y señales de corriente. Estas señales que pueden tomarse directamente de las fuentes, o de cualquier punto del circuito estarán constituidas por valores de tensión o de corriente que variarán con el tiempo, cuya representación dará lugar a una curva que

obedecerá a una función más o menos compleja. A la forma de esa curva es a lo que llamaremos **forma de onda** de la señal.

Forma de onda.- Es la curva que representa en cada instante la evolución de la tensión (o la intensidad).

Las formas de onda que se pueden presentar en un circuito pueden ser infinitas, pero las podemos agrupar en tres grandes grupos, en los que podremos distinguir las particularidades que aparecen en los circuitos en función del tipo de forma de onda que presenten los generadores del circuito.

Señales con forma de onda constante.

Las fuentes que presentan una señal constante en el tiempo reciben el nombre de fuentes de continua. Así mismo a los circuitos que solo tengan fuentes de continua, les llamaremos circuitos de continua, en los que todas las corrientes y tensiones serán constantes en el tiempo. En este tipo de circuitos solo tendremos resistencias como elementos pasivos.

Señales con forma de onda periódica.

A las señales que no son constantes les llamaremos señales variables en el tiempo, las cuales tendrán su correspondiente forma de onda. De las cuales destacaremos en primer lugar las que cumplen la condición de ser periódicas, es decir, hay un intervalo de tiempo y por tanto una porción de la onda que se repite continuamente.

Señal o función periódica

Es aquella cuya forma de onda va tomando valores que se repiten en el tiempo cada cierto intervalo llamado periodo:

$$T. f(t) = f(t + T) = f(t + nT) \quad n = \text{número entero.}$$

Ejemplos de formas de onda periódicas:

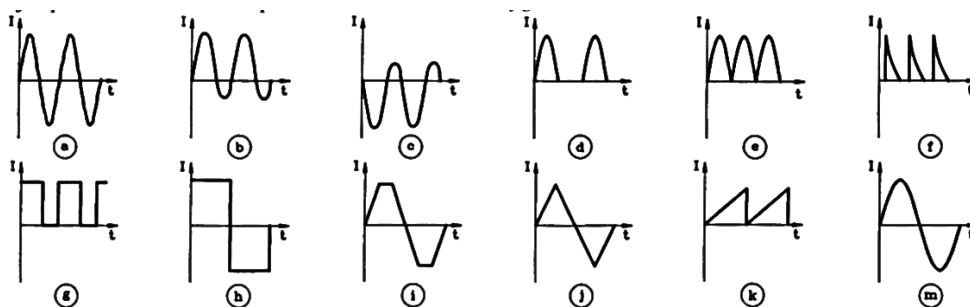


Figura 1.6.1. Gráficas de diferentes tipos de ondas.

Una característica de las señales periódicas es el concepto de alternancia, de modo que diremos que una señal o función es alterna cuando su forma de onda va tomando valores positivos y negativos alternadamente. Por ejemplo, las señales *a*, *b*, *c*, *h*, *i*, *j* y *m* de la figura anterior. De las señales periódicas, mención especial tienen las que responden a la función seno o coseno.

Las fuentes que proporcionan esta forma de onda reciben el nombre de fuentes de alterna o generadores de alterna, llamados también alternadores. Esta señal es la que proporciona la máquina eléctrica generadora básica y su forma se debe al ser generada por un elemento rotativo de la máquina, que estudiaremos en el siguiente tema. En los centros de producción de energía eléctrica se utiliza este sistema, por lo que la forma de onda de la tensión en los sistemas de suministro, transporte y consumo es periódica, alterna y senoidal. Este tipo de señales son la *a* y la *m* de la figura anterior, aunque de distinta frecuencia.

A los circuitos que solo tengan fuentes de alterna, les llamaremos circuitos de alterna, en los que todas las corrientes y tensiones serán de este tipo. Debido a la importancia de este tipo de circuitos, será con estos con los que estudiaremos todos los métodos de análisis.

En los circuitos en los que exista una fuente con forma de onda periódica pero no senoidal, aplicaremos un método de análisis en el que la función periódica se puede descomponer en señales senoidales superpuestas, aplicando a cada una de ellas los métodos estudiados. Hay un tema dedicado a este tipo de señales.

Señales con forma de onda no periódica

Las fuentes que presentan una señal variable pero no periódica, corresponden a formas de onda complejas, de las que se pueden distinguir formas simples, como cambios de la señal en un tiempo breve. Estos cambios breves provocarán. Respuestas en los circuitos que veremos al estudiar el régimen transitorio de los circuitos eléctricos. Como ejemplo de este tipo de señales son: la señal pulso, el escalón, la rampa, etc.

Formas comunes de onda

Hay distintos tipos de formas de onda. La definición hace referencia a la forma o característica que tiene cada una de ellas:

1. **Onda senoidal.** - También llamada Sinusoidal. Se trata de una señal analógica, puesto que existen infinitos valores entre dos puntos cualesquiera del dominio. Así pues, podemos ver en la imagen que la onda describe una curva continua. De hecho, esta onda es la gráfica de la función matemática seno, que posee los siguientes atributos característicos:

- En un triángulo rectángulo, el seno de un ángulo agudo a , que se designa por $\text{sen } a$, es igual a la longitud del cateto opuesto al ángulo dividida por la longitud de la hipotenusa.
- El seno de un ángulo cualquiera se asigna mediante la circunferencia goniométrica. Es la ordenada del punto en que el segundo lado del ángulo la corta:
- La función $y = \text{sen } x$ describe la variación del seno de ángulos medidos en radianes. Es continua y periódica de periodo 2π (Recuérdese que en radianes, π representa 180°). Se denomina función sinusoidal.

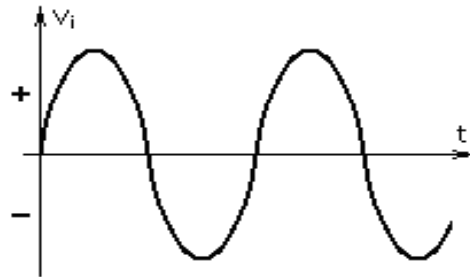


Figura 1.6.2 Grafica de una onda senoidal.

2. Onda en diente de sierra. - La Onda de diente de sierra es un tipo de onda no sinusoidal. Su nombre proviene de la semejanza de su gráfica a los dientes de una sierra (o serrucho). Lo convencional de este tipo de onda es que se eleve ascendentemente y caiga bruscamente. No obstante, también existen ondas que descienden lentamente y luego suben rápidamente. Este último tipo es llamado "onda de sierra invertida" o "sierra invertida". Como en las señales de audio, ambas suenan idénticamente.

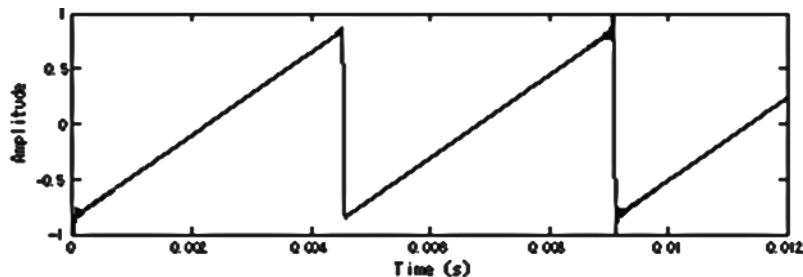


Figura 1.6.3 Gráfica de una onda diente de sierra.

Una onda de sierra limitada en el dominio del tiempo (arriba) y en el dominio de la frecuencia. El fundamental es a 220 H. La función lineal es:

$$x(t) = t - \text{piso}(t)$$

Basada en la función piso del tiempo " t ". Este un ejemplo de una onda de sierra con período 1.

3. Onda cuadrada. - Se conoce por onda cuadrada a la onda de corriente alterna (CA) que alterna su valor entre dos valores extremos sin pasar por los valores intermedios (al contrario de lo que sucede con la onda senoidal y la onda triangular, etc.)

Se usa principalmente para la generación de pulsos eléctricos que son usados como señales (1 y 0) que permiten ser manipuladas fácilmente, un circuito electrónico que genera ondas cuadradas se conoce como generador de pulsos, este tipo de circuitos es la base de la electrónica digital.

El contenido espectral de una onda cuadrada se compone exclusivamente de armónicos impares (f , $3f$, $5f$, etc.), extendiéndose a frecuencias más elevadas cuanto más abruptos sean sus flancos.

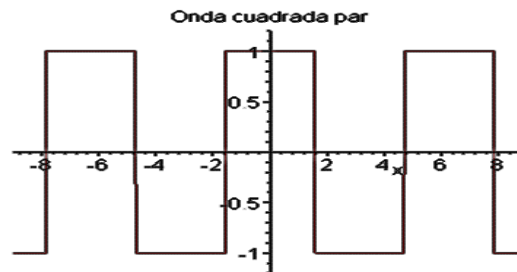


Figura 1.6.4 Gráfica de una onda cuadrada.

4. Pulso. - El pulso indicaría, en este mismo ejemplo, que se ha conectado el interruptor y en un determinado tiempo se ha desconectado. Generalmente el pulso representa un bit de información atravesando un circuito de un ordenador digital o también un pequeño defecto en un circuito (por ejemplo, un falso contacto momentáneo).

Es común encontrar señales de este tipo en ordenadores, equipos de rayos X y de comunicaciones.

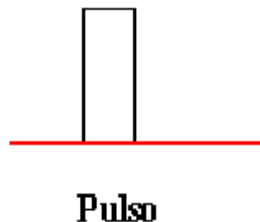


Figura 1.6.5 Gráfica de una onda tipo pulso.

5. Onda senoidal amortiguada. - La señal senoidal amortiguada es un caso especial de este tipo de ondas y se producen en fenómenos de oscilación, pero que no se mantienen en el tiempo.

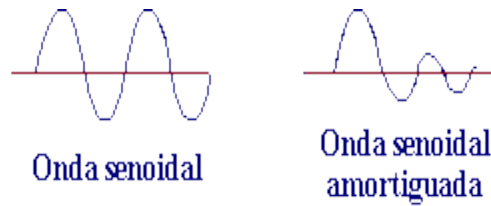


Figura 1.6.6 Gráfica de una onda senoidal amortiguada

6. Onda triangular. - Se trata de un tipo de señal repetida que muestra unas velocidades constantemente de subida y bajada. Generalmente el tiempo que dura para subir y para bajar es igual. Estas ondas poseen un contenido armónico bajo; es por ello que es muy similar a las ondas senoidales. La onda triangular se puede conseguir ya sea física como matemáticamente, integrando una onda cuadrada en el tiempo. Los movimientos de subida y bajada de esta onda cuadrada se transforman en pendientes de los blancos de bajada y subida de la onda triangular.

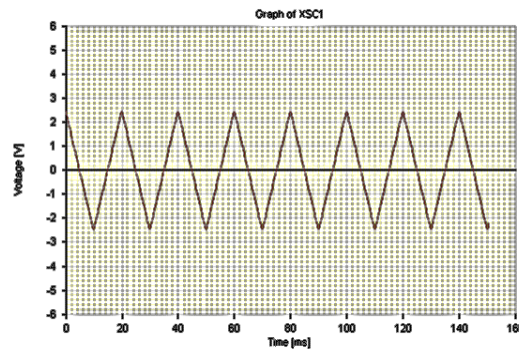


Figura 1.6.7 Gráfica de una onda triangular.

7. Escalón. - Un escalón indica un cambio repentino en el voltaje, similar al cambio de voltaje que se vería si se encendiese un interruptor. Un pulso indica un cambio repentino en el voltaje, similar al cambio de voltaje que se vería si se encendiese y apagase un interruptor. Un pulso podría representar un bit de información viajando a través de un circuito de ordenador, o podría ser un espurio.

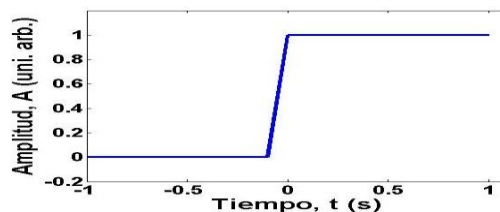


Figura 1.6.8 Gráfica de una onda tipo escalón.

1.7 Frecuencia, período y amplitud.

FRECUENCIA

La frecuencia es el número de oscilaciones que una onda efectúa en un determinado intervalo de tiempo. El número de ciclos por segundo se llama *hercio (Hz)*, y es la unidad con la cual se mide la frecuencia. La frecuencia de la corriente alterna (C.A.) constituye un fenómeno físico que se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo y puede abarcar desde uno hasta millones de ciclos por segundo o Hertz (Hz). La frecuencia se representa con la letra (f) y su unidad de medida es el ciclo por segundo o Hertz (Hz). Sus múltiplos más generalmente empleados son los siguientes:

- kilohertz (kHz) = 10^3 hertz = mil hertz
- megahertz (MHz) = 10^6 hertz = un millón de hertz
- gigahertz (GHz) = 10^9 hertz = mil millones de hertz

La corriente alterna puede tener diferentes formas de onda, pero la más común es la que presenta una onda sinusoidal o senoidal por cada ciclo de frecuencia. Los humanos somos sensibles a las vibraciones con frecuencia comprendida entre 16 Hz y 20.000 Hz. Por debajo de 16 Hz se llaman infrasonidos y por encima, ultrasonidos. El margen auditivo de las personas varía según la edad y otros factores.

Los animales tienen un margen auditivo diferente, así, es muy conocido el hecho que los perros pueden sentir frecuencias mucho más altas, dentro del margen de los ultrasonidos.

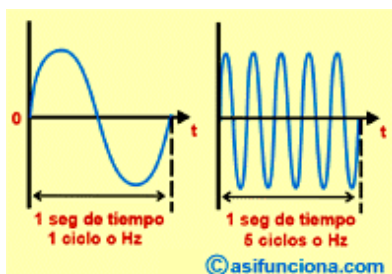


Figura 1.7.1 Gráfica comparativa de frecuencias.

En esta ilustración se puede observar a la izquierda, la representación gráfica de una onda sinusoidal de corriente alterna con una frecuencia de un ciclo por segundo o Hertz, mientras que a la derecha aparece. La misma onda, pero ahora con cinco ciclos por segundo de frecuencia o Hertz.

Ejemplo. Se presenta la tensión (amplitud) y los Hz (frecuencia) que algunos países utilizan:

PAÍS	TENSIÓN en volt (V)	FRECUENCIA en hertz (Hz)
Alemania	220	50
México	125	60

Tabla 1.7.1 Comparación de tensión y frecuencia por país.

PERÍODO

El tiempo que demora cada valor de la sinusoide de corriente alterna en repetirse o cumplir un ciclo completo, ya sea entre pico y pico, entre valle y valle o entre nodo y nodo, se conoce como “período”. El período se expresa en segundos y se representa con la letra (T).

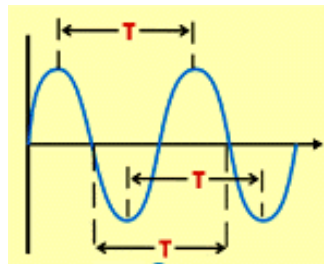


Figura 1.7.2 Gráfica ilustrativa de Período.

El período es lo inverso de la frecuencia y, matemáticamente, se puede representar por medio de la siguiente fórmula

$$T = \frac{1}{f}$$

Por tanto, por medio de esta fórmula podemos conocer también cuál es la frecuencia de la corriente conociendo previamente el valor del período. Para ello despejamos (f) de la forma siguiente y el resultado se obtendrá en ciclos por segundos o Hertz:

$$f = \frac{1}{T}$$

AMPLITUD

La amplitud es el grado de movimiento de las moléculas de aire en una onda. Es el valor máximo, tanto positivo como negativo, que puede llegar a adquirir la senoide de una señal de corriente alterna. El valor máximo positivo que toma la amplitud de una onda senoidal recibe el nombre de "pico o cresta", mientras que el valor máximo negativo de la propia onda se denomina "vientre o valle". El punto donde el valor de la onda se anula al pasar del valor positivo al negativo, o viceversa, se conoce como "nodo" o "cero".



Figura 1.7.3 Gráfica ilustrativa de la amplitud.

1.8 Valor promedio, valor máximo, valor pico a pico y valor eficaz.

VALOR MEDIO

Se llama valor medio de una tensión (o corriente) alterna a la media aritmética de todos los valores instantáneos de tensión (o corriente), medidos en un cierto intervalo de tiempo. En una corriente alterna sinusoidal, el valor medio durante un período es nulo: en efecto, los valores positivos se compensan con los negativos.

$$V_m = 0$$

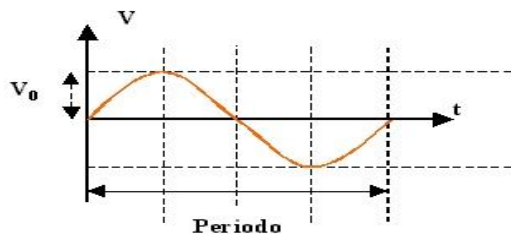


Figura 1.8.1 Gráfica que representa el valor promedio.

En cambio, durante medio período, el valor medio es:

$$V_m = \frac{2 V_0}{\pi}$$

Siendo V_0 el valor máximo.

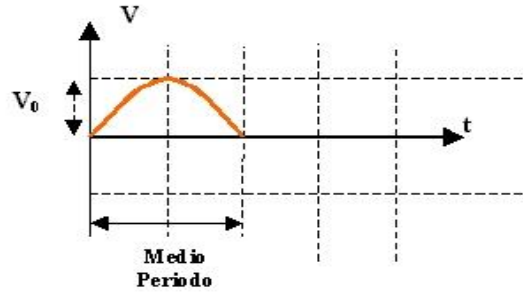


Figura 1.8.2 Gráfica del valor medio.

VALOR MÁXIMO

Valor máximo, de signo positivo (+), que toma la onda sinusoidal del espectro. Electromagnético, cada medio ciclo, a partir del punto "0". Ese valor aumenta o disminuye a medida que la amplitud "A" de la propia onda crece o decrece positivamente por encima del valor "0".

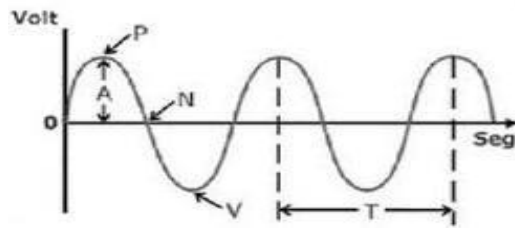


Figura 1.8.3 Gráfica del valor maximo.

VALOR PICO A PICO

Diferencia entre su pico o máximo positivo y su pico negativo. Dado que el valor máximo de $\sin(x)$ es +1 y el valor mínimo es -1, una señal sinusoidal que oscila entre $+A_0$ y $-A_0$. El valor de pico a pico, escrito como A_{P-P} , es por lo tanto $(+A_0) - (-A_0) = 2 \times A_0$.

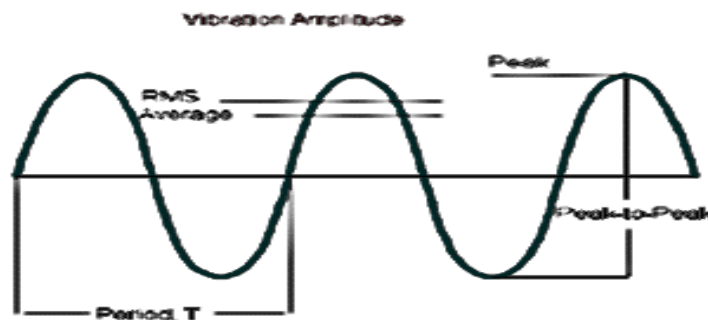


Figura 1.8.4 Gráfica 1 del valor pico a pico.

La magnitud, o la cantidad de desplazamiento, velocidad o aceleración, medida desde el valor en reposo. La amplitud de una señal de vibración se puede expresar en términos de nivel "pico.", nivel "pico a pico" o nivel. Es casi un hecho que la norma para el desplazamiento es "pico a pico", para la velocidad es pico y para la aceleración es RPC.

Es el máximo valor que alcanza la forma de onda ya sea positiva o negativa, desde el eje de referencia hasta el punto más alto de la cresta o el punto más bajo del valle. Se denota por la letra E_m si es tensión o I_m si es corriente.

Es el valor que va desde el máximo positivo hasta el máximo negativo es decir desde la punta más alta de una cresta hasta la parte más baja de un valle. Se identifica por la letra E_{pp} si es la tensión o I_{pp} si es la corriente. Con relación al valor máximo se tiene la siguiente relación.

$$E_{pp} = 2 E_m \text{ ó } I_{pp} = 2 I_m$$

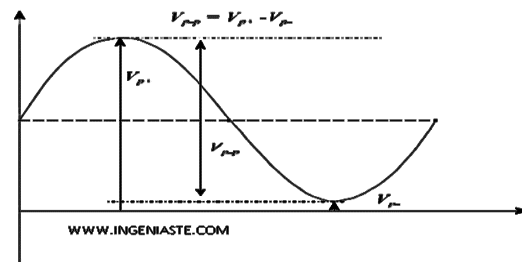


Figura 1.8.5 Gráfica 2 del valor pico a pico.

El valor de pico es el valor máximo (valor del pico positivo) o mínimo (valor de pico negativo) que alcanza la señal. El valor de pico de una señal sinusoidal sin componente continua es la amplitud de la señal. La separación **entre** el valor de pico positivo y el valor de pico negativo se denomina valor pico a pico de la señal. Este valor se expresa en voltios pico-pico V_{pp} , y en el caso de la señal sinusoidal es el doble de la amplitud. En el caso de ondas no simétricas con respecto a cero, puede ocurrir que se denomine valor de pico y valor pico a pico a lo mismo, por lo que es necesario un criterio para saber cuál es cual en dicho caso.

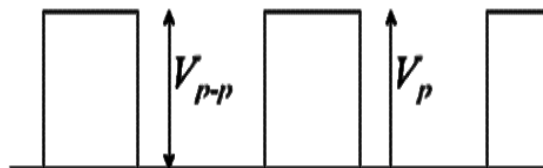


Figura 1.8.6 Gráfica 3 del valor pico a pico.

VALOR EFICAZ

Se llama valor eficaz de una corriente alterna, al valor que tendría una corriente continua que produjera la misma potencia que dicha corriente alterna, al aplicarla sobre una misma resistencia.

Es decir, se conoce el valor máximo de una corriente alterna (I_0).

Se aplica ésta sobre una cierta resistencia y se mide la potencia producida sobre ella.

A continuación, se busca un valor de corriente continua que produzca la misma potencia sobre esa misma resistencia. A este último valor, se le llama valor eficaz de la primera corriente (la alterna).

Para una señal sinusoidal, el valor eficaz de la tensión es:

$$V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

Y del mismo modo para la corriente

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

La potencia eficaz resultará ser:

$$P_{ef} = V_{ef} \cdot I_{ef} = \frac{V_0 \cdot I_0}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}} = \frac{V_0 \cdot I_0}{2}$$

Es decir que es la mitad de la potencia máxima (o potencia de pico)

La tensión o la potencia eficaz se nombran muchas veces por las letras RMS. O sea, el decir 10 VRMS o 15 WRMS significarán 10 voltios eficaces o 15 vatios eficaces, respectivamente.

Como pasar de un valor a otro.

1. De valor pico a efectivo.

El valor efectivo de una onda alterna se obtiene multiplicando su valor máximo por 0.707.

Entonces $V_{RMS} = V_{PICO} \times 0.707$ o también de la forma

$$I_{ef} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

Ejemplo: Encontrar el **voltaje RMS** de una señal con $V_{PICO} = 130$ voltios

$$130 \text{ Voltios} \times 0.707 = 91.9 \text{ Voltios RMS}$$

2. De valor efectivo a pico.

Si se tiene un **voltaje RMS** y se desea encontrar el voltaje pico:

$$V_{PICO} = V_{RMS} / 0.707$$

O también de la forma: $I_{max} = (I_{ef})(\sqrt{2})$

Ejemplo: encontrar el **voltaje Pico** de un **voltaje RMS**

$$V_{RMS} = 120 \text{ Voltios}$$

$$V_{PICO} = 120 \text{ V} / 0.707 = 169.7 \text{ Voltios Pico}$$

3. Valor promedio

Si se toma en cuenta solo un semiciclo (supongamos el positivo) el valor promedio es:

$$V_{PR} = V_{PICO} \times 0.636$$

Si se quiere encontrar el valor pico con el valor promedio entonces:

$$V_{pico} = V_{pr} \times 1.57$$

La relación que existe entre los **valores RMS y promedio** es:

$$V_{RMS} = V_{PR} \times 1.11 \quad V_{PR} = V_{RMS} \times 0.9$$

Ejemplo: **Valor promedio** de senoide = 50 Voltios, entonces:

$$V_{RMS} = 50 \times 1.11 = 55.5 \text{ Voltios} \quad V_{PICO} = 50 \times 1.57 = 78.5 \text{ Voltios}$$

1.9 Normas de seguridad en la medición de variables eléctricas.

Las normas básicas de seguridad son un conjunto de medidas destinadas a proteger la salud de todos, prevenir accidentes y promover el cuidado del material de los laboratorios. Son un conjunto de prácticas de sentido común: el elemento clave es la actitud responsable y la concientización de todos: personal y alumnado. RESPÉTELAS y HÁGALAS RESPETAR.

Los principales aspectos que incluye la presente Normativa son los siguientes:

1. Normas Generales.

2. *Riesgos Eléctricos.*
3. *Riesgos Químicos*
4. *Riesgos de Incendio.*
5. *Procedimiento en una Emergencia.*

1. NORMAS GENERALES.

1.1 Si durante el desarrollo del curso se programase alguna práctica, que pudiera presentar algún riesgo potencial en la seguridad, el Profesor o el Ayudante dará las instrucciones y recomendaciones del caso, pero ningún alumno estará autorizado para modificar, en manera alguna, el experimento al menos que tenga autorización expresa de su profesor.

1.2 Cuando no esté seguro del manejo u operación de un equipo, solicite ayuda a su Profesor, Ayudante o en última instancia al Encargado de Laboratorio. También puede solicitar al Encargado los Manuales de Operación de los equipos que se encuentran en la Bodega.

1.3 Ningún equipo del Laboratorio puede ser abierto, movido, desconectado o alterado en ninguna forma.

1.4 Excepto en caso de emergencia, queda terminantemente prohibido correr en los laboratorios, así como la práctica de juegos, bromas y otras conductas irresponsables.

1.5 No se permitirá comer, beber o fumar al interior de las instalaciones de los laboratorios.

1.6 El pelo largo se debe recoger. No usar ni bufandas, ni corbatas, ni pañuelos, ni lazos que cuelguen durante el trabajo en el Laboratorio.

1.7 Evitar el uso de cadenas, collares, anillos y pulseras metálicas.

1.8 En laboratorios donde se trabaje con voltajes superiores a 65 Volts, sólo se permitirá el uso de zapatos con planta de goma, totalmente cerrados en su parte superior. Otro tipo de calzado como las sandalias, que deje expuestas áreas de piel, o los dedos de los pies, es inadmisibles e inapropiado para el uso dentro de los laboratorios.

1.9 En ninguna circunstancia trabajar descalzo.

1.10 Durante el desarrollo del trabajo de laboratorio, asegurarse de que las manos estén bien secas.

1.11 Orden y limpieza: La falta de orden y limpieza es una de las causas más comunes de accidentes en los laboratorios. Al ser causas indirectas no siempre se le dan la

importancia que tienen y no son reconocidas como comunes o básicas. Las principales recomendaciones son:

1.11.1 Trabajar con ropa bien entallada y abotonada.

1.11.2 Mantener las mesas de trabajo limpias, ordenadas y libres de materiales extraños.

1.11.3 Verificar el armado correcto de un equipo o circuito antes de utilizarse.

1.11.4 Colocar los residuos y desechos en los lugares destinados a tal fin.

1.11.5 Retirar de las mesas y colocar en su sitio el material o equipos que ya fueron utilizados

1.11.6 Colocar el material o instrumentos alejados de los bordes de las mesas.

1.11.7 Antes de retirarse del laboratorio, si no queda nadie en él, se toman las siguientes medidas:

a) Interrumpir los servicios que no quedan en uso: agua, electricidad, gas, aire acondicionado, etc.

b) No dejar equipos operando sin autorización

c) Cerrar puertas y ventanas

1.12. Se deberá conocer la ubicación de los elementos de seguridad en el lugar de trabajo, tales como: extintores, salidas de emergencia, accionamiento de alarmas, teléfonos de emergencia (Interno: 5000), etc.

2. RIESGOS ELÉCTRICOS.

Es imprescindible tener conciencia del riesgo que engendra la corriente eléctrica. Ya que, si bien no es la mayor fuente de accidentes, se trata generalmente de accidentes graves, en muchos casos mortales.

2.1. Tipos de corriente.

Básicamente existen dos tipos de corrientes: Corriente Continua (DC) y Corriente Alterna (AC). La DC puede producir electrólisis dependiendo del tiempo de exposición y de la tensión. La AC es, en igualdad de condiciones, de 3 a 4 veces menos peligrosa que la DC. No obstante, en términos generales una DC o AC de intensidad 80 mA o superior es peligrosamente mortal.

La susceptibilidad es mayor si la persona afectada está en buen contacto con la tierra o apoyada en superficies húmedas o mojadas. Los ambientes con alta temperatura añaden un riesgo adicional debido a la transpiración, ya que la resistencia nominal se ve reducida por la humedad.

2.2. Shock eléctrico.

Un shock eléctrico puede producir desde una sensación de cosquilleo, hasta un desagradable estímulo doloroso, resultado de una pérdida total del control muscular y llegar a la muerte.

Por otra parte, aun cuando el shock eléctrico pueda ser leve, la reacción refleja de sobresalto puede hacer que el afectado pierda el control del material que está manipulando y sea causa de otro accidente.

Los mecanismos de muerte por electricidad son:

- a) Fibrilación ventricular: es el más peligroso ya que, a menos que se disponga de un desfibrilador o se esté en un centro médico, se trata de un proceso irreversible que provoca la muerte.
- b) Tetanización: produce la contracción de los músculos estriados de las extremidades haciendo que la víctima quede “pegada” al conductor.
- c) Doble acción: tetanización y fibrilación.
- d) Parálisis bulbar, cardiocirculatoria y respiratoria.

2.3. La Intensidad de la corriente.

El umbral mínimo de percepción es de 1,1 mA. con corriente alterna (AC). El umbral mínimo de contracción muscular se produce con 9 mA. pudiendo producir contracción de los músculos que, en algunos casos, ocasiona la proyección del accidentado lejos del conductor.

Cuando esto no se produce, se puede llegar a la asfixia por contracción de los músculos respiratorios. El umbral de intensidad de corriente peligroso está en los 80 mA. en AC de 50-60 Hz. donde se puede llegar a la fibrilación ventricular.

Podemos pues clasificar la corriente según la intensidad y acción en los siguientes tipos:

Categoría	intensidad	Efecto
1	Menor a 25 mA.	Tetanización sin influencia sobre el corazón
2	de 25 a 80 mA.	Tetanización con posibilidad de parálisis temporal cardíaca y respiratoria
3	de 80 mA a 4 A.	Zona peligrosa de fibrilación ventricular.
4	mayor a 4 A.	Parálisis cardíaca y respiratoria y quemaduras graves.

Tabla 1.9.1 clasificación de la corriente según la intensidad y el efecto.

2.4. Factores determinantes en la Intensidad de Corriente:

2.4.1 Resistencia Eléctrica del cuerpo. Es difícil de determinar, ya que depende de muchos factores. El factor determinante es la resistencia de la piel, que varía según las personas; estando esta notablemente disminuida en personas con la piel húmeda, con lesiones en ella, o en personas enfermas.

2.4.2. La Tensión de la Corriente. Al aumentar la tensión eléctrica, la resistencia tiende a disminuir. A tensiones mayores de 2000 V la piel se comporta como un cuerpo de resistencia cero, reduciéndose ésta a la del medio interno. En condiciones habituales de resistencia corporal, el riesgo de fibrilación es máximo con tensiones de 300 a 800 V, aunque también puede producirse a tensiones menores de 100 V. Las tensiones seguras de trabajo están por debajo de 65V.

2.4.3. El Tiempo de Contacto. El corazón no puede producir la fibrilación a menos que el tiempo de contacto sea como mínimo del orden de un período cardíaco cuyo valor medio es de 0,71 seg. Por tanto, a tiempo de contactos menores no se produce la fibrilación. Esto es muy importante desde el punto de vista de la protección ofrecida por los Protectores Diferenciales, ya que el corte de corriente se produce en tiempos de aproximadamente 200 m/seg. Lo que no permite que atraviesen el cuerpo intensidades de corrientes peligrosas.

2.5. Descargas eléctricas.

Las descargas eléctricas –chispa o arco– pueden encender vapores inflamables, causando explosiones o fuegos. Los arcos de alta intensidad pueden generar radiaciones ultravioletas que pueden afectar a los ojos y la piel. Igualmente, estas descargas van acompañadas de producción de ozono. Esto puede convertirse en un riesgo respiratorio añadido si se produce en un espacio pequeño y cerrado. A veces esto produce también un deterioro de los materiales de aislamiento.

2.6. Otros riesgos eléctricos.

El paso de corriente eléctricas a través del cuerpo puede producir quemaduras, afectando principalmente a la piel en el punto de contacto con el conductor eléctrico. La sobrecarga de corriente a los equipos – motores, cables, etc. - pueden ser también causas de explosión.

2.7. Control de Riesgos Eléctricos.

A continuación, se destacan algunas acciones básicas para mantener controlados los riesgos eléctricos antes señalados:

2.7.1. Si se encuentra solo NO realice experimentos que requieran utilizar alta tensión. Asegúrese que su fuente y su circuito de alta tensión estén adecuadamente puestos a tierra (verifique la tierra usada y que las conexiones sean firmes). NUNCA toque un cable de alta tensión o cualquier parte que haya sido conectada a una fuente de alta

tensión sin haber antes cortocircuitado a tierra, AL MENOS DOS VECES dicho elemento con un cable aislado de sección apropiada a tierra.

2.7.2. Ud. debe suponer SIEMPRE que todos los condensadores ESTÁN CARGADOS. Siempre cortocircuite con un cable aislado, todos los condensadores antes de tocarlos.

2.7.1. LA DESCARGA DE UN CONDENSADOR DE ALTA TENSION PUEDE SER LETAL AUN SI NO HA ESTADO CONECTADO A UNA FUENTE DE ALTA TENSION POR VARIOS DIAS.

2.7.2. Cubra todas las conexiones de alta tensión para evitar contactos accidentales con las mismas

2.7.3. Coloque carteles "PELIGRO, ALTA TENSIÓN" en todo experimento o conexión que lo requiera.

2.7.4. Asegúrese que el piso o la mesa de trabajo no estén mojados cuando trabaja con alta tensión.

2.7.5. Use cables de especificaciones adecuadas para alta tensión

2.7.6. Asegúrese de apagar las fuentes de alta tensión cuando no está controlando personalmente su experimento

2.7.7. Las descargas rápidas de alta tensión emiten ruido electromagnético que pueden alterar el funcionamiento de marcapasos

2.7.8. La tensión de línea también es potencialmente peligrosa, ya que con más de

2.7.9. 65V el cuerpo humano admite una corriente capaz de producir paro cardíaco. Controle la calidad de la tierra de su circuito antes de conectarlo.

2.7.10. Por norma de seguridad todos los equipos tienen su correspondiente conexión a tierra. Controle la calidad de este contacto cuando va a usar un equipo no comercial.

2.7.11. Tenga especial cuidado al conectar un autotransformador o variac. El borne común de este dispositivo debe estar conectado al neutro de la línea. Sea consciente que en este caso los contactos del enchufe NO son equivalentes.

2.7.12. En el laboratorio muy frecuentemente se usan adaptadores de enchufes. Tenga siempre en cuenta que cuando se usan estos elementos puede desconectarse la tierra del equipo que está usando.

2.7.13. Asegúrese que los equipos de desconexión automática estén operativos (interruptores automáticos y protectores Diferenciales).

3. RIESGOS QUÍMICOS.

3.1. No toque productos químicos con las manos desnudas (eso incluye acetona y metanol, ácidos, etc.).

3.2. No arroje residuos químicos al desagüe. Verifique con el profesor o ayudante el procedimiento adecuado para su desecho.

3.3. Si utiliza lentes de contacto, el riesgo a los ojos es mayor pues los gases son ocluidos detrás de las lentes. Utilice siempre antiparras protectoras. Solicítelas en la bodega.

3.4. Use guantes de seguridad cuando manipule ácidos o sustancias reactivas.

3.5. No mezcle productos químicos sin información sobre la posible reacción.

3.6. No usar ropa de fibra sintética al trabajar con líquidos inflamables.

3.7. Limpiar inmediatamente cualquier derrame de producto químico, protegiéndose adecuadamente si fuera necesario.

3.8. Si el líquido fuera inflamable, tóxico o corrosivo, proceder a interrumpir el trabajo, informar a las personas próximas, informar al profesor, solicitar ayuda para limpiar y asegurarse que se ha corregido el problema.

4. RIESGOS DE INCENDIO.

Los incendios por causa eléctrica son muy frecuentes. Pueden tener lugar por:

4.1. Sobrecalentamiento de cables y equipos bajo tensión debido a sobrecarga de los conductores.

4.2. Sobrecalentamiento debido a fallos en los termostatos o en los equipos de corte de corriente o temperatura.

4.3. Fugas debidas a fallos de aislamiento.

4.4. Auto ignición debida a sobrecalentamiento de materiales inflamables ubicados cerca o dentro de equipos bajo tensión, cuando en operación normal pueden llegar a estar calientes.

4.5. Ignición de materiales por chispa o arco eléctrico.

5. PROCEDIMIENTO ANTE UNA EMERGENCIA

5.1. Si ocurre una emergencia tal como cortes o abrasiones, quemaduras o ingestión accidental de algún producto químico, tóxico o peligroso, se deberá proporcionar los primeros auxilios a los accidentados.

Awise al jefe de Laboratorio o autoridad del Departamento, quienes solicitarán asistencia del Servicio de Vigilancia (interno 5000), o efectuarán las acciones para que el lesionado sea atendido con prontitud.

5.2. En caso de Incendio:

Mantenga la calma. Lo más importante es ponerse a salvo y avisar a los demás. Si hay alarma, acciónela. Si no, grite para alertar a los demás.

Se dará aviso inmediatamente al Servicio de Vigilancia (Interno 5000), informando el lugar y las características del siniestro.

Si el fuego es pequeño y sabe utilizar un extintor, úselo. Si el fuego es de consideración, no se arriesgue y manteniendo la calma ponga en marcha el plan de evacuación. Si debe evacuar el sector apague los equipos eléctricos y cierre las llaves de gas y ventanas. Evacue la zona por la ruta asignada.

No corra, camine rápido, cerrando a su paso la mayor cantidad de puertas. No utilice ascensores. Descienda siempre que sea posible.

No lleve consigo objetos, pueden entorpecer su salida.

Si pudo salir, por ninguna causa vuelva a entrar. Deje que los equipos especializados se encarguen. Recuerde que las mayores causas de accidentes son y en este orden:

- a) el pánico.
- b) el humo.
- c) el fuego.

TEMA 2.-Instrumentos Básicos y Avanzados.

2.1 Evaluación y comparación de medidores analógicos y digitales.

El mundo actual con la modernidad y el automatismo que ha generado han producido en el hombre la necesidad cada vez más grande de explicar los fenómenos que le rodean. De la mano de las maquinas que han producido el bienestar de que hoy día gozamos, se ha acentuado la presencia de dispositivos que nos permitan mantener en óptimas condiciones de funcionamiento a estas máquinas.

Estos dispositivos en un principio fueron de fabricación sencilla y con el tiempo se han ido haciendo cada vez más sofisticados, este fenómeno ha hecho que en el campo de la metrología y concretamente en el ámbito de las mediciones eléctricas se hayan buscado herramientas cada vez más complejas de medición.

OPERACIÓN DE INSTRUMENTOS DIGITALES

En el instrumento digital o numérico el proceso de la medición proporciona una información discontinua expresada por un número de varias cifras. La escala clásica de indicación continua es remplazada por la escala numérica de indicación discontinua, en la cual las cifras alineadas a leer indican directamente el valor numérico del grandor medido; la indicación numérica se presenta a lo largo del tiempo con un ritmo predeterminado.

En general los instrumentos digitales poseen características de entrada superiores a los analógicos, por ejemplo, impedancia de entrada muy elevada en los circuitos de voltaje (superior a 2MW), un consumo de energía mucho menor y una mayor exactitud; pueden incorporar selección automática de escala, e indicación de polaridad, lo que salvaguarda al instrumento y mejora la fiabilidad de la medida.



Figura 2.1.3 Multímetros digitales.

COMPARACIÓN

Es conveniente también realizar ciertas acotaciones. La instrumentación analógica (IA) posee dos características que limitan su aplicación frente a la instrumentación digital (ID):

1. tienen, por lo general, un consumo propio significativo, y/o una baja sensibilidad.
2. una mayor exactitud (o mayor sensibilidad) implica un instrumento más delicado.

Los sistemas electrónicos aplicados a medidas se orientaron primariamente a solucionar el primer punto utilizando amplificadores de instrumentación; se lograron así sistemas de medida con una alta impedancia de entrada, lo que de alguna forma también eliminó el segundo inconveniente al poder utilizar IA de menor sensibilidad propia. El conjunto logrado se denomina instrumento electrónico digital.

La aplicación de las técnicas digitales permitió eliminar en forma completa las partes electromecánicas sensibles al desgaste y vibraciones. En general los ID poseen características de entrada superiores a los IA, por ejemplo, impedancia de entrada muy elevada en los circuitos de voltaje (superior a 2MW), un consumo de energía mucho menor y una mayor exactitud; pueden incorporar selección automática de escala, e indicación de polaridad, lo que salvaguarda al instrumento y mejora la fiabilidad de la medida.

Otra ventaja de la visualización digital es la eliminación del error de paralaje y la reducción de los errores humanos asociados con la interpretación de la posición de la aguja en una escala analógica. Sin embargo, la característica que define su principal ventaja con respecto al instrumento analógico, es la posibilidad de realizar mediciones coordinadas comandando los instrumentos digitales desde un ordenador de bajo costo (en general PC); para tal fin los distintos fabricantes proveen el instrumental con las conexiones y protocolos (software) necesarios. Además los ID pueden formar parte de un SAD, a través de una interface normalizada como la RS232, IEE488, GPIB, etc., sin dejar de perder su carácter individual.



Figura 2.1.4 Multímetros analógico y digital

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE INSTRUMENTOS ANALÓGICOS

Ventajas

- a) Bajo Costo.
- b) En algunos casos no requieren de energía de alimentación.
- c) No requieren gran sofisticación
- d) Presentan con facilidad las variaciones cualitativas de los parámetros para visualizar rápidamente si el valor aumenta o disminuye
- e) Es sencillo adaptarlos a diferentes tipos de escalas no lineales

Desventajas

- a) Tienen poca resolución, típicamente no proporcionan más de 3 cifras

- b) El error de paralaje limita la exactitud a $\pm 0.5\%$ a plena escala en el mejor de los casos
- c) Las lecturas se presentan a errores graves cuando el instrumento tiene varias escalas.
- d) La rapidez de lectura es baja, típicamente 1 lectura/ segundo.
- e) No pueden emplearse como parte de un sistema de procesamiento de datos de tipo digital



Figura 2.1.5 Equipos analógicos.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE INSTRUMENTOS DIGITALES

Ventajas

- a) Tienen alta resolución alcanzando en algunos casos más de 9 cifras en lecturas de frecuencia y una exactitud de $\pm 0.002\%$ en mediciones de voltajes.
- b) No están sujetos al error de paralelaje.
- c) Pueden eliminar la posibilidad de errores por confusión de escalas.
- d) Tienen una rapidez de lectura que puede superar las 1000 lecturas por segundo.
- e) Puede entregar información digital para procesamiento inmediato en computadora.

Desventajas

- a) El costo es elevado.
- b) Son complejos en su construcción.
- c) Las escalas no lineales son difíciles de introducir.
- d) En todos los casos requieren de fuente de alimentación



Figura 2.1.6 Equipos digitales.

De las ventajas y desventajas anteriores puede observarse que para cada aplicación hay que evaluar en función de las necesidades específicas, qué tipo de instrumento es el más adecuado, con esto se enfatiza que no siempre el instrumento digital es el más adecuado siendo en algunos casos contraproducente su uso.

Los instrumentos digitales tienden a dar la impresión de ser muy exactos por su indicación concreta y sin ambigüedades, pero no hay que olvidar que si su calibración es deficiente, su exactitud puede ser tanto o más mala que la de un instrumento analógico. Un dispositivo de medida analógico es aquel cuya salida varía de forma continua y mantiene una relación fija con la entrada.

La utilización de instrumentos análogos en la actualidad está muy extendida, a pesar de que los instrumentos digitales crecen de manera exponencial en número, versatilidad y en aplicaciones. Es lógico todavía pensar en que los instrumentos analógicos se sigan utilizando durante los próximos años y que para algunas aplicaciones no puedan ser sustituidos.

2.1.1 Voltímetro.

VOLTÍMETRO

Un voltímetro es aquel aparato o dispositivo que se utiliza a fin de medir, de manera directa o indirecta, la diferencia potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico. Se usa tanto por los especialistas y reparadores de artefactos eléctricos, como por aficionados en el hogar para diversos fines; la tecnología actual ha permitido poner en el mercado versiones económicas y al mismo tiempo precisas para el uso general, dispositivos presentes en cualquier casa de ventas dedicada a la electrónica. Los voltímetros, en esencia, están constituidos de un galvanómetro sensible que se conecta en serie a una resistencia extra de mayor valor. A fin de que durante el proceso de medición no se modifique la diferencia de potencial, lo mejor es intentar que el

voltímetro utilice la menor cantidad de electricidad posible. Lo anterior es posible de regular con un voltímetro electrónico, el que cuenta con un circuito electrónico con un adaptador de impedancia.

Para poder realizar la medición de la diferencia potencial, ambos puntos deben encontrarse de forma paralela. En otras palabras, que estén en paralelo quiere decir que se encuentre en derivación sobre los puntos de los cuales queremos realizar la medición. Debido a lo anterior, el voltímetro debe contar con una resistencia interna lo más alta que sea posible, de modo que su consumo sea bajo, y así permitir que la medición de la tensión del voltímetro se realice sin errores. Para poder cumplir con este requerimiento, los voltímetros que basan su funcionamiento en los efectos electromagnéticos de la corriente eléctrica poseen unas bobinas con hilo muy fino y de muchas espiras, a fin de que, aun contando con una corriente eléctrica de baja intensidad, el aparato cuente con la fuerza necesaria para mover la aguja.

Ya en estos días es posible encontrar en el mercado voltímetros digitales, los que cumplen las mismas funciones que el aparato tradicional, pero contando con las nuevas tecnologías. Por ejemplo, este tipo de aparatos cuentan con características de aislamiento bastante considerables, para lo que utilizan circuitos de una gran complejidad, en lo que respecta a su comparación con el voltímetro tradicional.



Figura 2.1.1.1 Voltímetro analógico.

Podemos clasificar los voltímetros por los principios en los que se basan su funcionamiento.

Voltímetros electromecánicos.

Estos voltímetros, en esencia, están constituidos por un galvanómetro cuya escala ha sido graduada en voltios. Existen modelos para corriente continua y para corriente alterna.

Voltímetros electrónicos.

Añaden un amplificador para proporcionar mayor impedancia de entrada (del orden de los 20 mega ohmios) y mayor sensibilidad. Algunos modelos ofrecen medida de "verdadero valor eficaz" para corrientes alternas. Los que no miden el verdadero valor

eficaz es porque miden el valor de pico a pico, y suponiendo que se trata de una señal sinusoidal perfecta, calculan el valor eficaz por medio de la siguiente fórmula:

Voltímetros vectoriales.

Se utilizan con señales de microondas. Además del módulo de la tensión dan una indicación de su fase. Se usa tanto por los especialistas y reparadores de aparatos eléctricos, como por aficionados en el hogar para diversos fines; la tecnología actual ha permitido poner en el mercado versiones económicas y al mismo tiempo precisas para el uso general. Son dispositivos presentes en cualquier casa de ventas dedicada a la electrónica.

Voltímetros digitales.

Dan una indicación numérica de la tensión, normalmente en una pantalla tipo LCD. Suelen tener prestaciones adicionales como memoria, detección de valor de pico, verdadero valor eficaz (RMS), autorrango y otras funcionalidades.

El sistema de medida emplea técnicas de conversión analógico-digital (que suele ser empleando un integrador de doble rampa) para obtener el valor numérico mostrado en una pantalla numérica LCD.

El primer voltímetro digital fue inventado y producido por Andrew Kay de "Non-Linear Systems" (y posteriormente fundador de Kaypro) en 1954.



Figura 2.1.1.2 Voltímetro digital.

Para efectuar la medida de la diferencia de potencial el voltímetro ha de colocarse en paralelo; esto es, en derivación sobre los puntos entre los que tratamos de efectuar la medida. Esto nos lleva a que el voltímetro debe poseer una resistencia interna lo más alta posible, a fin de que no produzca un consumo apreciable, lo que daría lugar a una medida errónea de la tensión.

Para ello, en el caso de instrumentos basados en los efectos electromagnéticos de la corriente eléctrica, estarán dotados de bobinas de hilo muy fino y con muchas espiras,

con lo que con poca intensidad de corriente a través del aparato se consigue el momento necesario para el desplazamiento de la aguja indicadora.

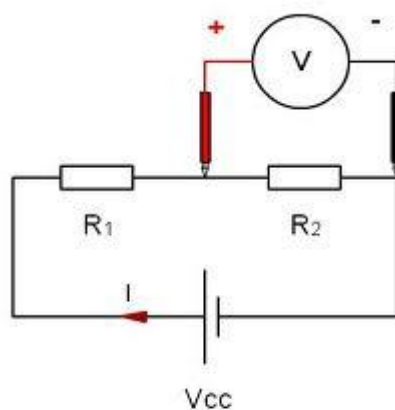


Figura 2.1.1.3 Medición del voltaje.

En la actualidad existen dispositivos digitales que realizan la función del voltímetro presentando unas características de aislamiento bastante elevadas empleando complejos circuitos de aislamiento.

En la Figura se puede observar la conexión de un voltímetro (V) entre los puntos de a y b de un circuito, entre los que queremos medir su diferencia de potencial.

En algunos casos, para permitir la medida de tensiones superiores a las que soportarían los devanados y órganos mecánicos del aparato o los circuitos electrónicos en el caso de los digitales, se les dota de una resistencia de elevado valor colocada en serie con el voltímetro, de forma que solo le someta a una fracción de la tensión total.

Para efectuar esta medida se coloca en paralelo entre los puntos cuya diferencia de potencial se desea medir. La diferencia de potencial se ve afectada por la presencia del voltímetro. Para que este no influya en la medida, debe de desviar la mínima intensidad posible, por lo que la resistencia interna del aparato debe de ser grande.

Abordando otros aspectos: el voltímetro debe contar con una resistencia interna lo más alta que sea posible, de modo que su consumo sea bajo, y así permitir que la medición de la tensión del voltímetro se realice sin errores. Para poder cumplir con este requerimiento, los voltímetros que basan su funcionamiento en los efectos **electromagnéticos** de la **corriente eléctrica**, poseen unas bobinas con hilo muy fino y de muchas espiras, a fin de que, aun contando con una corriente eléctrica de baja intensidad, el aparato cuente con la fuerza necesaria para mover la aguja.

2.1.2 Amperímetro.

Aparato que, intercalado en un hilo conductor, mide la intensidad de la corriente eléctrica que circula por él. Consta de un imán fijo entre cuyos extremos se

encuentra una bobina móvil capaz de girar alrededor de un eje. Al pasar la corriente por la bobina, se crea un campo magnético que hace moverse a la bobina. Una

aguja unida a esta señala en una escala las desviaciones de la bobina, que son proporcionales a la intensidad de corriente.

Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico. Un micro amperímetro está calibrado en millonésimas de amperio y un miliamperímetro en milésimas de amperio.

Si hablamos en términos básicos, el amperímetro es un simple galvanómetro (instrumento para detectar pequeñas cantidades de corriente) con una resistencia en paralelo, llamada shunt. Disponiendo de una gama de resistencias shunt, podemos disponer de un amperímetro con varios rangos o intervalos de medición. Los amperímetros tienen una resistencia interna muy pequeña, por debajo de 1 ohmio, con la finalidad de que su presencia no disminuya la corriente a medir cuando se conecta a un circuito eléctrico.

El aparato descrito corresponde al diseño original, ya que en la actualidad los amperímetros utilizan un conversor analógico/digital para la medida de la caída de tensión en un resistor por el que circula la corriente a medir. La lectura del conversor es leída por un microprocesador que realiza los cálculos para presentar en un display numérico el valor de la corriente eléctrica circulante.

Para efectuar la medida es necesario que la intensidad de la corriente circule por el amperímetro, por lo que éste debe colocarse en serie, para que sea atravesado por dicha corriente. El amperímetro debe poseer una resistencia interna lo más pequeña posible con la finalidad de evitar una caída de tensión apreciable (al ser muy pequeña permitirá un mayor paso de electrones para su correcta medida). Para ello, en el caso de instrumentos basados en los efectos electromagnéticos de la corriente eléctrica, están dotados de bobinas de hilo grueso y con pocas espiras.

En algunos casos, para permitir la medida de intensidades superiores a las que podrían soportar los delicados devanados y órganos mecánicos del aparato sin dañarse, se les dota de un resistor de muy pequeño valor colocado en paralelo con el devanado, de forma que solo pase por éste una fracción de la corriente principal. A este resistor adicional se le denomina shunt.

Aunque la mayor parte de la corriente pasa por la resistencia de la derivación, la pequeña cantidad que fluye por el medidor sigue siendo proporcional a la intensidad total por lo que el galvanómetro se puede emplear para medir intensidades de varios cientos de amperios.

La pinza amperimétrica es un tipo especial de amperímetro que permite obviar el inconveniente de tener que abrir el circuito en el que se quiere medir la intensidad de la corriente.

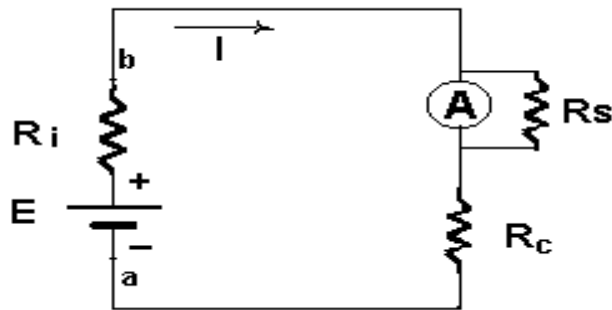


Figura 2.1.2.1 Medición de la corriente.

Conexión de un amperímetro (A) en un circuito, por el que circula una corriente de intensidad (I), así como la conexión del resistor shunt (R_s).

Los amperímetros pueden ser:

Analógicos (una aguja se mueve sobre una escala y pasa por infinitos valores)



Figura 2.1.2.2 Amperímetro analógico.

Digitales (muestran el valor numérico de saltos discontinuos: 1,2; 1,3; 1,4 etc.)

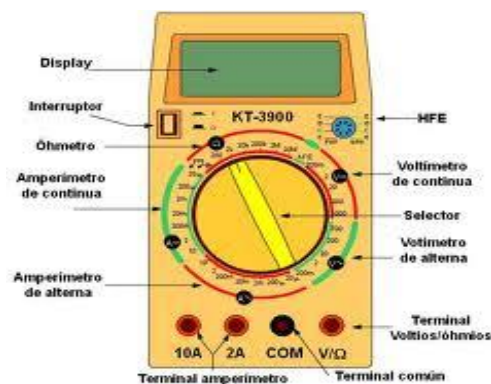


Figura 2.1.2.3 Amperímetro digital.

El amperímetro se coloca intercalado en el circuito en el que queremos medir la intensidad de corriente (circulación de electrones): es como cortar el cable en un punto e intercalar entre los dos extremos del cable el amperímetro. Esto es lo que se llama colocarlo en serie con el circuito.

Al colocarlo así, toda la corriente del circuito circula por el amperímetro. El circuito tiene ahora una resistencia añadida (RA) porque el amperímetro lo "carga" y ya no es el circuito que queríamos estudiar, sino uno modificado.

Para minimizar este efecto ponemos, paralelo al "mecanismo" del amperímetro y dentro de él, un cable "grosso" (con poca resistencia) para que casi toda la corriente pase por el cable y sólo una parte vaya al mecanismo del amperímetro.

El esquema quedaría así:

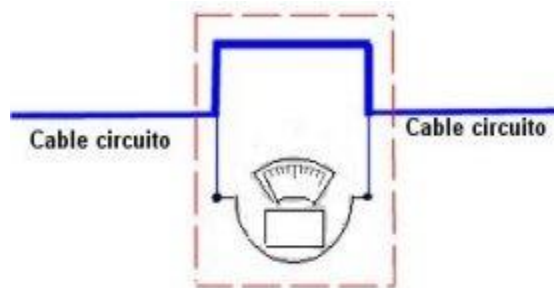


Figura 2.1.2.4 Esquema del amperímetro.

El amperímetro lo forma lo que está dentro de la línea discontinua.

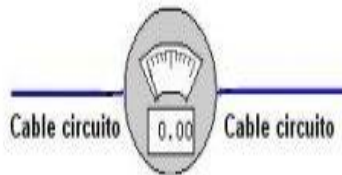


Figura 2.1.2.5 Representación equivalente al esquema anterior.

2.1.3 Óhmetro.

El ohmímetro u óhmetro es un dispositivo que sirve para medir resistencias. El diseño de un ohmímetro se compone de una pequeña batería para aplicar un voltaje a la resistencia bajo medida, para luego mediante un galvanómetro medir la corriente que circula a través de la resistencia.

Un **óhmetro** u **ohmímetro** es un instrumento que se utiliza para medir resistencia eléctrica (la oposición a una **corriente eléctrica**). Un microóhmetro (micróhmetro o microohmmeter) permite realizar mediciones de baja **resistencia**. Un megaóhmetro o

megóhmetro o megger (marca registrada de uno de estos dispositivos) mide los valores de grandes resistencias.

La **unidad** de medida para la resistencia es el ohm (Ω) u ohmio. En la actualidad el óhmetro suele estar integrado en los multímetros, instrumentos mucho más complejos y multifuncionales, que no solo miden el valor resistivo, sino también la tensión (**V**), la intensidad de la corriente (**A**), etc. De cualquier manera su escala es fácilmente identificada mediante la letra griega **omega** (Ω).



Figura 2.1.3.1 Diferentes tipos de óhmetros.

CONSTITUCIÓN INTERNA DEL INSTRUMENTO

En el diseño más simple de un óhmetro se pueden apreciar dos componentes pasivos y uno activo.

El diseño de un ohmímetro se compone de una pequeña **batería** para aplicar un **voltaje** a la **resistencia** bajo medida, para luego mediante un **galvanómetro** medir la corriente que circula a través de la resistencia.

La escala del galvanómetro está calibrada directamente en ohms, ya que en aplicación de la **ley de Ohm**, al ser el voltaje de la batería fija, la intensidad circulante a través del galvanómetro sólo va a depender del valor de la resistencia bajo medida, esto es, a menor resistencia mayor intensidad de corriente y viceversa.

FUNCIONAMIENTO

El óhmetro (encuadrado en un polímetro analógico) aplica, mediante una pila interna, una diferencia de potencial entre sus terminales cuando no existe en ellos ninguna resistencia y por ello la **aguja** del aparato marca la máxima **lectura**. Cuando en los terminales se coloca la resistencia que se desea medir se produce una caída de tensión y la **aguja** se desplaza hacia valores inferiores, esto es, de derecha a izquierda. En el polímetro las escalas del voltaje e intensidad crecen de izquierda a derecha, mientras que la escala de resistencias lo hace al revés.

Cuando se mide una **resistencia** lo primero que hay que hacer es poner el aparato en **cortocircuito** entre sus terminales y ajustar, mediante un tornillo que lleva incorporado, la **aguja** al valor cero en la escala de las resistencias. Luego, se instala entre los terminales la resistencia a medir y el desplazamiento de la **aguja** indica el valor de la resistencia leyéndose su valor en la escala. Dado que el intervalo de resistencias que se pueden medir es muy amplio, existen distintas escalas las cuales se pueden seleccionar con el cursor, para adaptarse al valor de la resistencia que se vaya a medir.

Si se utiliza un polímetro digital la **lectura** es inmediata, solamente se debe escoger la escala para la que la resistencia que se desea medir sea inferior al máximo indicado. Una vez colocada la resistencia entre los terminales, la lectura aparece en pantalla.

La escala del instrumento está calibrada directamente en ohmios, como el **voltaje** de la **batería** es constante, la intensidad de la corriente que circula por el circuito solo va a depender del valor de la resistencia bajo medición. La expresión utilizada como base para el óhmetro es la ley de Ohm, donde puede apreciar que la resistencia y el valor de corriente circulante son inversamente proporcionales.

2.2 Operar y manejar los medidores analógicos y digitales en la medición de corriente y voltaje de c.a. y c.d.

MANEJO DE AMPERIMETROS Y VOLTIMETROS.

En esta práctica usaremos un voltímetro analógico y un voltímetro digital. Aunque el funcionamiento interno de ambos puede ser diferente, desde el punto de vista de las medidas ambos se caracterizan de igual forma, teniendo el mismo circuito equivalente. Genéricamente podemos adelantar que todos los voltímetros tienen un borne positivo (+) y un borne negativo (-); el voltímetro mide siempre la diferencia de potencial entre el borne positivo y el borne negativo ($V_{\pm V-}$). El voltímetro analógico debe conectarse en posición vertical u horizontal según las indicaciones del fabricante ($\perp$ posición vertical, posición horizontal).

En particular, el voltímetro analógico de esta práctica se puede utilizar en posición horizontal o ligeramente inclinada. Este voltímetro puede medir diferencias de potencial en corriente continua o alterna. En esta práctica se utilizarán únicamente medidas de continua, de manera que solo se seleccionarán posiciones del conmutador en los rangos marcados en blanco con el símbolo.

En este caso, el voltímetro tiene dos bornes: uno positivo (+) y otro negativo (com). El aparato tiene diferentes escalas graduadas superpuestas, pero dichas escalas graduadas tienen unidades arbitrarias, el fondo de la escala nos indica que el voltímetro mide entre 0 voltios y el valor del fondo de la escala. El fondo de la escala está determinado por la posición del conmutador.

Para realizar una medida debemos fijar inicialmente el mayor fondo de escala del aparato, seguidamente después de realizar la lectura iremos disminuyendo el fondo de la escala, girando muy suavemente el conmutador hasta que hagamos una medida en la que no nos salgamos del fondo de la escala. Los voltímetros se dañan cuando la aguja intenta “salirse” del dial, por lo que nunca debemos consentir.

Mediciones de voltaje de CD.

En este experimento se combinan los resistores para formar un circuito simple, el cual se alimenta con una fuente de cd y se miden los voltajes a través del circuito.

En este experimento se utilizarán los dos tipos de voltímetros existentes: analógicos y digitales. El medidor analógico será del tipo electrónico de transistores de uso múltiple, el cual, dentro de sus funciones, permite medir el voltaje. Este medidor conocido como volt-ohm. Miliamperímetro o VOM, puede medir el voltaje de cd y ca, corriente de cd y ca, así como resistencia. (La mayoría de los VOM electromecánicos comerciales no miden corriente de ca).

El medidor digital también será un instrumento de uso múltiple llamado multímetro digital o MMD. Éste puede medir las mismas cantidades que el VOM, aunque a menudo con escalas más amplias. Los modernos MMD tienen una gran variedad de funciones especiales, que incluyen la medición de frecuencia, capacitancia y temperatura. Suelen contar con enchufes que permiten probar diodos semiconductores y transistores. Dado que su consumo de potencia es bajo, son ligeros y de diseño compacto; los VOM eléctricos y los multímetros digitales están diseñados para ser portátiles y alimentados por baterías.

Los antiguos medidores de tubos de vacío usan 120V de ca, así como baterías más pesadas. Algunos medidores de estado sólido se pueden alimentar tanto con ca y cd.

Controles de los medidores.

Los medidores analógicos utilizan agujas y escalas calibradas para indicar las cantidades medidas. Los controles e interruptores se ubican en el panel frontal del medidor, debajo o a un lado de la sección que contiene la aguja, la escala calibrada y el mecanismo medidor. Los controles incluyen un interruptor de encendido-apagado, un interruptor de funciones y un selector de escala.

En muchos casos, el interruptor de encendido-apagado está incluido en el selector de funciones, que puede ser giratorio. El selector de escala, que normalmente también es giratorio, suele abarcar diferentes tipos de escala, dependiendo del ajuste del selector de funciones.

Por ejemplo, una posición particular del selector de escala puede estar marcada con 10 V/10 mA/R x 10 k. Si el selector de funciones está puesto en resistencia (que suele marcarse solo como R u OHMS), la escala indicada será R x 10k. Por otra parte, si la función es voltaje, el mismo ajuste indicaría una escala de 10 V. Algunos medidores analógicos también tienen un selector de polaridad que mantiene la aguja en la escala si la polaridad del voltaje a medir no está conectada en forma correcta a las terminales positiva y negativa del medidor.

Normalmente los medidores electrónicos cuentan con dos terminales de salida y en la mayoría se usan clavijas tipo “banana” con los conectores del instrumento. Los medidores digitales suelen tener controles y funciones similares a los de los analógicos. Sin embargo, los medidores digitales emplean pantallas numéricas en las que se lee directamente el resultado de las mediciones. Muchos MMD poseen autoselección de escala, lo que elimina la necesidad de un selector adicional.

Escala calibrada.

El uso de escalas calibradas en los medidores analógicos requiere de un buen conocimiento práctico de la lectura de escalas. En este conjunto de escalas, cada uno de los cuatro arcos representa una cantidad diferente. El arco exterior, a diferencia de los demás, está numerado del 0 al infinito, de derecha (0) a izquierda (infinito). El arco siguiente tiene el rotulo de CD. Los dos arcos siguientes tienen el rotulo de CA y la escala más pequeña tiene además el rótulo de 6V. Estas cuatro escalas son suficientes

Descripción

En la electrónica hay ciertos conocimientos básicos que se deben dominar a la hora del diseño y construcción de un circuito eléctrico. Uno de estos conocimientos básicos es la medición del voltaje, corriente y resistencia de un instrumento llamado multímetro el cual nos permite realizar todas estas mediciones en un solo dispositivo. Igual de importante es conocer las distintas formas en las cuales pueden conectarse los dispositivos en el circuito, estas son en serie o en paralelo las cuales deben tomarse en cuenta ya que afectan las magnitudes obtenidas según los elementos conectados.

En esta experiencia de laboratorio nos familiarizaremos con los términos resistencia, voltaje y corriente; para poder conocer las distintas formas en las cuales pueden conectarse los dispositivos electrónicos en un circuito; manipular las resistencias, conectándolas entre sí para realizar diferentes tipos de mediciones en las mismas; habituarnos a la utilización del multímetro como herramienta de trabajo a la hora de realizar las mediciones de resistencia, voltaje y corriente; adquirir destreza a la hora de armar un circuito eléctrico colocando sus elementos de forma correcta.

ANALISIS INDAGATORIO.

1.- ¿Qué ventajas puede tener utilizar un multímetro digital en lugar de uno análogo?

Las exactitudes de los multímetros digitales son mucho mayores que las de los medidores analógicos. Aún los instrumentos digitales más simples tienen exactitudes de al menos $\pm 0.1\%$. Para cada lectura hecha con el digital se proporciona un número definido. Esto significa que dos observadores cualesquiera siempre verán el mismo valor. Como resultado de ello, se eliminan errores humanos como el paralaje o equivocaciones en la lectura. La salida del multímetro digital se puede alimentar directamente a registradores (impresoras o perforadoras de cinta). Estos datos registrados están en forma adecuada para ser procesados mediante computadoras digitales.

La lectura numérica aumenta la velocidad de captación del resultado. Esto puede ser una consideración importante en situaciones donde se deben hacer un gran número de lecturas.

2. ¿Qué precauciones se deben tener en cuenta para medir corriente eléctrica?

1.- Verificar que las uniones y empalmes estén de acuerdo con las indicaciones que se dan, y así evitar cortos circuitos.

2.- No utilizar ropa húmeda y especialmente zapatos mojados. El cuerpo debe estar también seco.

3.- Colocar entre el punto de trabajo y el piso un material aislante y pisar sobre él.

4.- Trabajar con herramientas en buen estado, aisladas y limpias.

3. ¿Cuál es la función principal de un fusible en un circuito eléctrico?

La función principal de un fusible es interrumpir la corriente eléctrica cuando está por encima del rango predeterminado. El fusible que ejerce como corta circuito, está diseñado como una medida de seguridad para parar el daño en un circuito eléctrico; automáticamente corta el flujo eléctrico en una situación de sobrecarga.

FUNCIONAMIENTO Y USO DE UN MULTÍMETRO ANALÓGICO Y DIGITAL

Medir: validación de una ley, armar circuitos y medir para ver si se cumple una ley de ohm verificar midiendo las variables. Medición con objeto de mantenimiento, calibración, supervisión, evaluación de prototipos de diseño, procesos que requieran supervisión (monitoreo continuo) a fin de tomar decisiones importantes sobre su operación.

Algunas de las definiciones importantes que se deben de considerar al momento de medir son las siguientes:

Exactitud: la exactitud de una medición especifica la diferencia entre el valor medido y el valor real de una cantidad. La desviación del valor verdadero es un índice de que tan exactamente se ha llevado a cabo una lectura.

Precisión: la precisión especifica la repetitividad de un conjunto de lecturas, hechas cada una en forma independiente con el mismo instrumento. Se determina una estimación de la precisión mediante la desviación de la lectura con respecto al valor promedio. Las mediciones juegan un papel importante en la validación de las leyes de la ciencia. También son esenciales para estudiar, desarrollar y vigilar muchos dispositivos y procesos.

Sin embargo, el proceso mismo de medir implica muchos pasos antes de producir un conjunto útil de información. Para estudiar los métodos que produzcan mediciones efectivas se considera el proceso de medición como una secuencia de 5 operaciones:

Operación # 1: El diseño de un dispositivo eficiente de medición, este paso comprende una selección adecuada del equipo disponible y una interconexión correcta de los diferentes componentes e instrumentos.

Operación # 2: Manejo inteligente de aparatos de medición.

Operación # 3: El registro de los datos de modo claro y completo. La información registrada debe darnos una referencia inequívoca para interpretaciones futuras.

Operación # 4: El cálculo de la exactitud de la medición y las magnitudes de los posibles errores implícitos.

Operación # 5: La preparación de un informe que describa la medición y sus resultados pares aquellos que puedan utilizarse en su empleo.

La finalidad de Medir es con el objeto de mantenimiento, calibración, supervisión, evaluación de prototipos de diseño, proceso que requieran supervisión (monitoreo continuo) a fin de tomar decisiones importantes sobre su operación.

Las mediciones de voltaje se efectúan con dispositivos tan variados como voltímetros electromecánicos, voltímetros digitales, osciloscopios y potenciómetros. Los métodos para medir corrientes emplean los instrumentos llamados amperímetros.

Un amperímetro siempre se conecta en serie con una rama del circuito y mide la corriente que pasa a través de él. Un amperímetro ideal sería capaz de efectuar la medición sin cambiar o perturbar la corriente en la rama. Sin embargo, los amperímetros reales poseen siempre algo de resistencia interna y hacen que la corriente en la rama cambie debido a la inserción del medidor.

En forma inversa, un voltímetro se conecta en paralelo con los elementos que se miden. Mide la diferencia de potencial (voltaje) entre los puntos en los cuales se conectan. Al igual que el amperímetro ideal, el voltímetro ideal no debería hacer cambiar la corriente y el voltaje en el circuito que se está midiendo.

Esta medición ideal del voltaje sólo se puede alcanzar si el voltímetro no toma corriente alguna del circuito de prueba. Sin embargo, la mayoría de los voltímetros reales trabajan tomando una corriente pequeña, pero finita y por lo mismo también perturba el circuito de prueba hasta cierto grado.

Los medidores que determinan el voltaje y/o corriente se pueden agrupar en dos clases generales:

- a) Medidores analógicos.
- b) Medidores digitales.

MEDIDORES ANALÓGICOS.

Multímetro Analógico (VOM).

Los multímetros analógicos son instrumentos de laboratorio y de campo muy útil y versátil, capaz de medir voltaje en corriente alterna (C.A.) y corriente directa (C.D.), corriente, resistencia, ganancia de transistor, caída de voltaje en los diodos, capacitancia e impedancia.

Este tipo de medidores emplea mecanismos electromecánicos para mostrar la cantidad que se está midiendo en una escala continua. Es decir, el proceso que realizan es analógico y la salida es analógica (agujas). Los multímetros digitales han tomado el lugar de la mayoría de los multímetros con movimientos de D'Arsonval por dos razones principales: mejor exactitud y eliminación de errores de lectura.

Por otro lado, todavía se emplean los medidores analógicos que incorporan movimientos de D'Arsonval, ya que se emplean todavía para aplicaciones en las que se deben observar las indicaciones de muchos medidores de un vistazo. Por ejemplo, la mayoría de las subestaciones de servicio eléctrico emplean medidores analógicos que tratan de recordar 30 números y sus valores de seguridad.

Movimiento de D'Arsonval

El mecanismo sensor más común que se emplea en los amperímetros y volímetros electromecánicos es un dispositivo sensor de corriente llamado galvanómetro de D'Arsonval o movimiento de imán permanente y bobina móvil. Este mecanismo fue desarrollado por D'Arsonval en 1881. También se emplea en algunos ohímetros, medidores rectificadores de corriente alterna y puentes de impedancia. Su aplicación tan difundida se deba a su sensibilidad y exactitud extremas.

Se pueden detectar corrientes de menos de 1m A mediante instrumentos comerciales. (Algunos instrumentos de laboratorio que emplean los movimientos de D'Arsonval pueden medir corrientes tan pequeñas como 1.0×10^{-13} A). El movimiento detecta la corriente empleando la fuerza que surge de la interacción de un campo magnético y la corriente que pasa a través de él. La fuerza se emplea para generar un desplazamiento mecánico, que se mide en una escala calibrada.

Las cargas que se mueven en forma perpendicular al flujo de un campo magnético experimentan una fuerza perpendicular tanto al flujo como a la dirección de movimientos de las cargas. Como la corriente que pasa por un conductor debe a un movimiento de cargas, esas cargas estarán sujetas a la fuerza magnética si se orienta adecuadamente al conductor dentro de un campo magnético. La fuerza se transmite mediante las cargas a los átomos en un conductor, y se fuerza al conductor mismo a moverse.

La dirección de la fuerza en el conductor que lleva la corriente se encuentra fácilmente mediante la regla de la mano derecha. El dedo índice apunta en la dirección de la corriente convencional y el dedo medio apunta en la dirección del campo magnético. La ecuación vectorial que define a esta fuerza es:

$$\mathbf{F} = i \mathbf{L} \times \mathbf{B}$$

Siendo $\mathbf{F}$ la fuerza en newtons en el conductor, i es la corriente en amperes, $\mathbf{L}$ es la longitud en metros y $\mathbf{B}$ se representa por $\mathbf{X}$.

En algunos medidores analógicos las escalas son no lineales. Esto se debe por lo general a que el campo magnético no es uniforme en toda la zona entre las piezas polares del imán. Para que la indicación del medidor sea exacta, la escala del medidor debe desviarse de la linealidad para compensar esa falta de uniformidad del medidor.

El mecanismo o movimiento que patentó D'Arsonval se basa en este principio. Una bobina de alambre se fija en un eje que gira en dos cojinetes de joya. La bobina puede girar en un espacio entre un núcleo cilíndrico de hierro suave y dos piezas polares magnéticas. Las piezas polares crean el campo magnético y el núcleo de hierro restringe el campo al espacio de aire (entrehierro) entre él y las piezas polares.

Si se aplica una corriente a la bobina suspendida, la fuerza resultante hará que gire. A este giro se oponen dos resortes pequeños que originan un par (fuerza giratoria) que se opone al par magnético. Las fuerzas de los resortes se calibran de modo que una corriente conocida origine una rotación de ángulo conocido. (También, los resortes sirven como conexiones eléctricas para la bobina.) El puntero liviano muestra la cantidad de rotación sobre una escala calibrada

La desviación de la aguja es directamente proporcional a la corriente que fluye en la bobina, siempre que el campo magnético sea uniforme y la tensión del resorte es lineal. En ese caso, la escala del medidor también es lineal. La exactitud de los movimientos de D' Arsonval que se emplean en los medidores comunes de laboratorio es de aproximadamente el 1% de la lectura de la escala completa.

Movimiento del electrodinamómetro

El movimiento del electrodinamómetro se emplea en la construcción de voltímetros y amperímetros de gran exactitud, así como wáttmetros y medidores de factor de potencia. Al igual que el mecanismo de D'Arsonval, trabaja también como dispositivo sensor de corriente. Se puede obtener exactitudes muy altas con el

empleo de este mecanismo porque no utilizan materiales magnéticos (los cuales poseen propiedades no lineales).

En contraste con el movimiento de D'Arsonval, que emplea un imán permanente como fuente del campo magnético, el electrodinamómetro crea un campo magnético con la corriente que mide.

Esta corriente pasa por dos devanados del campo y establece el campo magnético que interacciona con la corriente en la bobina móvil. La fuerza en esa bobina, debido a los campos magnéticos de las bobinas fijas, hace que gire la bobina móvil. La bobina móvil se fija a un puntero que se mueve a lo largo de una escala cargada para indicar el valor de la cantidad que se esté midiendo.

El conjunto completo del mecanismo se monta en una caja blindada de hierro para aislarlo de cualquier campo magnético parásito. El movimiento del electrodinamómetro produce una lectura de gran exactitud, pero está limitado debido a sus necesidades de potencia. El campo magnético de los devanados estacionarios, producido por una corriente de pequeña es mucho más débil que el campo permanente del movimiento de D'Arsonval.

AMPERIMETRO ANALOGICO DE CD

Los amperímetros electromecánicos industriales y de laboratorio se emplean para medir corrientes desde 1m A (10^{-6} A) hasta varios cientos de amperes. El movimiento de D' Arsonval se emplea en la mayoría de los amperímetros de corriente directa como detector de corriente. Los medidores típicos para banco de laboratorio tienen exactitudes de aproximadamente 1 % del valor de la escala completa debido a las inexactitudes del movimiento del medidor.

Además de este error, la resistencia de la bobina del medidor introduce una desviación con respecto al comportamiento de un amperímetro ideal. El modelo que se emplea para describir un amperímetro real en términos de circuito equivalente es una resistencia R_m (de igual valor que la resistencia de la bobina y los conductores del medidor) en serie con un amperímetro ideal.

CORRIENTE	RESISTENCIA	CAIDA DE VOLTAJE
50 m A	1000-5000 Ω	50 mV-250mV
500 m A	100-1000 Ω	50 mV-500 mV
1 mA	30-120 Ω	30 mV-120 mV
10 m A	1-4 Ω	10 mV-40 mV

Tabla 2.2.1 Resistencia interna de movimientos de D'Arsonval típicos.

Ejemplo 1

Se tiene un amperímetro de 50 m A que tiene una resistencia interna de 2.5 K ($K = 10^3$), y se desea medir la corriente que pasa en una rama que contiene una resistencia de 200 K Ω . Calcúlese:

- El error introducido por la resistencia adicional del amperímetro en el circuito.
- La indicación del amperímetro si se aplican 7.2 V en las terminales de la rama.

Solución:

a) Sin el amperímetro en el circuito, 7.2 V aplicados a 200 K Ω producirán una corriente de:

$$I = V / R_1 = 7.2 / 200K = 36 \text{ m A}$$

b) Cuando se conecta el amperímetro en serie con esa resistencia, la resistencia total de la rama es

De 202.5 K Ω . Así, si se aplican 7.2 V a esta nueva resistencia, se tendrá una corriente de

$$I = V / (R_1 + R_M) = 7.2 / 202.5K = 35.56 \text{ m A}$$

El error en la lectura originado por R_M del amperímetro es:

$$\text{Error} = \frac{(36 \times 10^{-6}) - (35.56 \times 10^{-6})}{(36 \times 10^{-6})} \times 100\% = 1.23\%$$

La sensibilidad de un amperímetro indica la corriente mínima necesaria para una desviación de toda la escala.

Un shunt es un trayecto de baja resistencia conectado en paralelo con el movimiento del medidor. El shunt permite que una fracción específica de la corriente que pasa por la rama del circuito rodee el movimiento del medidor. Si se sabe con exactitud cómo se divide la corriente, la fracción de ésta que pasa por el movimiento puede indicar la corriente total que pasa por la rama en la que se conecta el medidor.

VÓLTMETROS ANALÓGICOS DE CD

La mayor parte de los vólmetros emplean también el movimiento de D' Arsonval. Este movimiento se puede considerar en sí mismo un vólmetro, si se considera que la corriente que pasa por él, multiplicada por su resistencia interna, origina una determinada caída de voltaje. Para aumentar el voltaje que se puede medir mediante

ese instrumento, se agrega una resistencia más en serie a la resistencia propia del medidor. La resistencia adicional (que se llama un multiplicador) limita la corriente que pasa por el circuito del medidor.

AMPERIMETROS Y VOLTIMETROS ANALÓGICOS PARA CA.

Las señales eléctricas que cambian en amplitud y dirección periódicamente a través del tiempo se miden con los medidores de corriente alterna. Estos medidores pueden responder al valor pico, promedio, o efectivo de las señales periódicas de corriente alterna que se les aplique. Esos medidores también se calibran para indicar sus salidas en términos de uno de esos tres valores característicos de

señales de CA. Como resultado, si se deben efectuar mediciones exactas de señales de CA, se deben seguir las referencias que se dan a continuación. Primero, se debe considerar qué valor característico de la onda se busca (promedio, pico o efectivo). A continuación, si es posible, se selecciona un medidor que responda y que esté calibrado para indicar su salida en esa característica.

Si ello no fuera posible, se necesita calcular un factor de corrección entre la indicación que se obtiene y el valor deseado de la característica. Sin embargo, en ese caso probablemente sea más fácil y más exacto observar y medir el valor de la característica deseada de la onda real con un osciloscopio o analizador de espectro y no con el medidor que se tenga a mano.

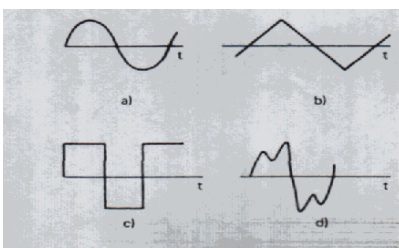


Figura 2.2.1 Formas de onda para corriente alterna.

COMO EMPLEAR LOS MEDIDORES BÁSICOS

- Los amperímetros siempre se conectan en serie con la rama cuya corriente se ha de medir y nunca en paralelo. Se puede destruir el amperímetro si se conecta en paralelo por equivocación. Su baja resistencia puede permitir que pase la suficiente corriente en el medidor para quemarlo. El voltímetro se conecta en paralelo a la porción del circuito cuya caída de voltaje se desea medir.
- Asegúrese que la aguja esté siempre en cero antes de conecta un medidor. Si no indica cero, ajústese con el tornillo de ajuste a cero en la cara del medidor.

- No maneje los medidores con rudeza. El eje y sus cojinetes se dañan fácilmente por golpes violentos o vibración.
- Para obtener el movimiento del medidor, cuando se tienen rangos múltiples, inicie todas las mediciones de cantidades desconocidas ajustando al instrumento en su escala mayor. Tómese como indicación final la deflexión que quede más cerca del valor de escala completa. Esta indicación final será el valor más exacto.
- Descánsense los medidores portátiles sobre sus partes traseras. Esto ayudará a evitar que se volteen y se dañen.
- Se deben corregir las lecturas para todo efecto de carga originado por la presencia del medidor en el circuito.
- Para dar lecturas escala arriba, se deben conectar los medidores de cd de modo que las terminales del medidor estén unidas a los puntos en el circuito de prueba cuyas polaridades sean iguales. Las conexiones de polaridad invertida pueden conducir a daños del movimiento a causa del golpe del puntero contra el tope de reversa.
- Los medidores de CA de aleta de hierro, electrodinamómetros, y los electrostáticos- pueden conectarse sin tomar en cuenta la polaridad.
- Manténganse los medidores alejados de conductores con mucha corriente. Los campos magnéticos asociados con las corrientes pueden interferir con los campos magnéticos del movimiento del medidor e introducir errores.
- Para los multímetros:
 - a).- Cuando no se usen, téngase el selector de función en las escalas de alto voltaje de CD. Esto evita que se descargue la batería si ocurre un corto accidental entra las puntas. También protege al circuito rectificador contra conexiones accidentales como una fuente de CD.
 - b).- Verifíquese la batería o pila para asegurarse que esté trabajando con un voltaje mayor que el mínimo permitido.
 - c).- Utilícese cada una de las funciones del medidor tal como si se empleara un instrumento especial únicamente.
 - d).- Si el óhmetro no se puede llevar a cero cuando las puntas de prueba estén en corto, se le debe cambiar la batería.
- Los medidores se deben calibrar una vez al año de conformidad con las especificaciones del fabricante. Adhiérase una etiqueta de calibración al medidor en donde aparezca la fecha en la que se hizo la última calibración.

MEDIDORES DIGITALES

Multímetro Digital (DMM)

Están diseñados para medir cantidades como: voltaje de CD, voltaje de CA, corrientes directa y alterna, temperatura, capacitancia, resistencia, inductancia, conductancia, caída de voltaje en un diodo, conductancia y accesorios para medir temperatura, presión y corrientes mayores a 500 amperes.

La mayoría de los multímetros digitales se fabrican tomando como base ya sea un convertidor A/D de doble rampa o de voltaje a frecuencia. Muchos multímetros digitales son instrumentos portátiles de baterías.

El medidor electrónico digital (abreviado DVM para voltímetro digital o DMM para multímetro digital) indica la cantidad que se está midiendo en una pantalla numérica en lugar de la aguja y la escala que se emplea en los medidores analógicos. La lectura numérica le da a los medidores electrónicos digitales las siguientes ventajas sobre los instrumentos analógicos en muchas aplicaciones:

- Las exactitudes de los voltímetros electrónicos digitales DVM son mucho mayores que las de los medidores analógicos. Por ejemplo, la mejor exactitud de los medidores analógicos es de aproximadamente 0.5% mientras que las exactitudes de los voltímetros digitales pueden ser de 0.005% o mejor. Aun los DVM y DMM más sencillos tienen exactitudes de al menos $\pm 0.1\%$.
- Para cada lectura hecha con el DVM se proporciona un número definido. Esto significa que dos observadores cualesquiera siempre verán el mismo valor. Como resultado de ello, se eliminan errores humanos como el paralaje o equivocaciones en la lectura.
- La lectura numérica aumenta la velocidad de captación del resultado y hace menos tediosa la tarea de tomar las mediciones. Esto puede ser una consideración importante en situaciones donde se deben hacer un gran número de lecturas.
- La repetitividad (repetición) de los voltímetros digitales DVM es mayor cuando se aumenta el número de dígitos desplegados. El voltímetro digital DVM también puede contener un control de rango automático y polaridad automáticos que los protejan contra sobrecargas o de polaridad invertida.
- La salida del voltímetro digital DVM se puede alimentar directamente a registradores (impresoras o perforadoras de cinta) donde se haga un registro permanente de las lecturas. Estos datos registrados están en forma adecuada para ser procesados mediante computadoras digitales. Con la llegada de los circuitos integrados (CI), se ha reducido el control de los voltímetros digitales hasta el punto en que algunos modelos sencillos tienen hoy precios competitivos con los medidores electrónicos analógicos convencionales.

La parte primordial de los DVM y DMM es el circuito que convierte las señales analógicas medidas en la forma digital. Estos circuitos de conversión se llaman convertidores analógicos a digitales (A/D).

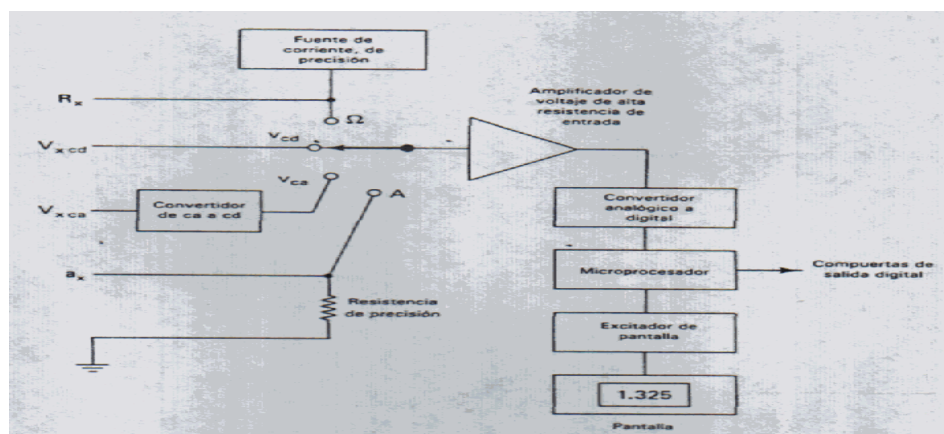


Figura 2.2.2 Diagrama de un convertidor analógico a digital.

2.3 Funcionamiento, operación y aplicación de otros instrumentos.

2.3.1 Generadores de señales.

Un generador de señales, de funciones o de formas de onda es un dispositivo electrónico de laboratorio que genera patrones de señales periódicas o no periódicas tanto analógicas como digitales. Se emplea normalmente en el diseño, prueba y reparación de dispositivos electrónicos; aunque también puede tener usos artísticos. Hay diferentes tipos de generadores de señales según el propósito y aplicación que corresponderá con el precio.

Tradicionalmente los generadores de señales eran dispositivos estáticos apenas configurables, pero actualmente permiten la conexión y control desde un PC. Con lo que pueden ser controlados mediante software hecho a medida según la aplicación, aumentando la flexibilidad. Éste generador de funciones, específicamente trabaja en un rango de frecuencias de entre 0.2 Hz a 2 MHz.

También cuenta con una función de barrido la cual puede ser controlada tanto internamente como externamente con un nivel de DC. El ciclo de máquina, nivel de offset en DC, rango de barrido y la amplitud y ancho del barrido pueden ser controlados por el usuario.

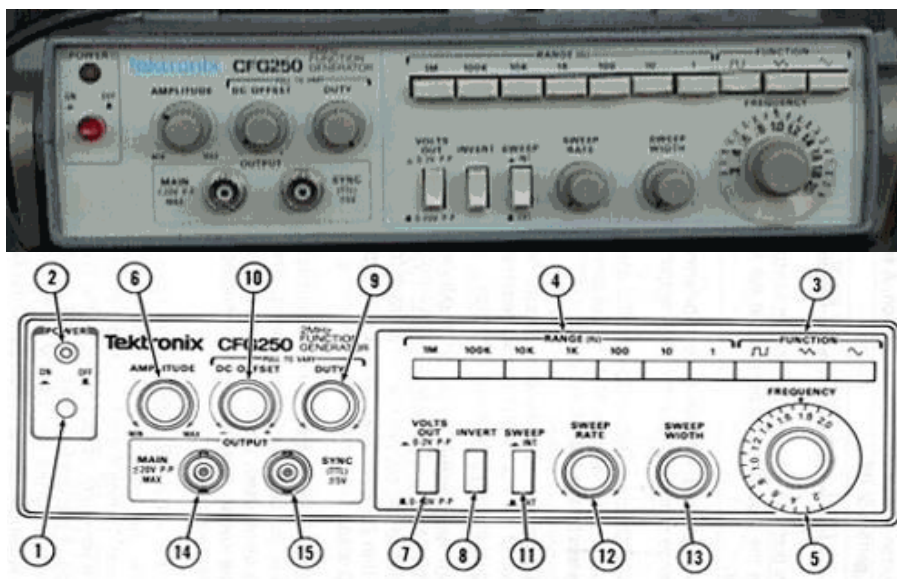


Figura 2.3.1.1 Generador de funciones Tektronics.

1. Controles, Conectores e Indicadores (Parte Frontal)

1. Botón de Encendido (Power button). Presione este botón para encender el generador de funciones. Si se presiona este botón de nuevo, el generador se apaga.
2. Luz de Encendido (Power on light). Si la luz está encendida significa que el generador esta encendido.
3. Botones de Función (Function buttons). Los botones de onda senoidal, cuadrada o triangular determinan el tipo de señal provisto por el conector en la salida principal.
4. Botones de Rango (Range buttons) (Hz). Esta variable de control determina la frecuencia de la señal del conector en la salida principal.
5. Control de Frecuencia (Frequency Control). Esta variable de control determina la frecuencia de la señal del conector en la salida principal tomando en cuenta también el rango establecido en los botones de rango.
6. Control de Amplitud (Amplitude Control). Esta variable de control, dependiendo de la posición del botón de voltaje de salida (VOLTS OUT), determina el nivel de la señal del conector en la salida principal.
7. Botón de rango de Voltaje de salida (Volts Out range button). Presiona este botón para controlar el rango de amplitud de 0 a 2 Vp-p en circuito abierto o de 0 a 1 Vpp con una carga de 50W. Vuelve a presionar el botón para controlar el rango de amplitud de 0 a 20 Vpp en circuito abierto o de 0 a 10 Vpp con una carga de 50W.

8. Botón de inversión (Invert button). Si se presiona este botón, la señal del conector en la salida principal se invierte. Cuando el control de ciclo de máquina está en uso, el botón de inversión determina que mitad de la forma de onda a la salida va a ser afectada. La siguiente tabla, muestra esta relación.

	DUTY CCW		DUTY CW	
	Invert Out	Invert In	Invert Out	Invert In
Square				
Triangle				
Sine				
TTL				

Tabla 2.3.1.1 Relación de inversión (Invert button).

9. Control de ciclo de máquina (Duty control). Jala este control para activar esta opción.

10. Offset en DC (DC Offset). Jala este control para activar esta opción. Este control establece el nivel de DC y su polaridad de la señal del conector en la salida principal. Cuando el control está presionado, la señal se centra a 0 volts en DC.

11. Botón de Barrido (SWEEP button). Presiona el botón para hacer un barrido interno. Este botón activa los controles de rango de barrido y de ancho del barrido. Si se vuelve a presionar este botón, el generador de funciones puede aceptar señales desde el conector de barrido externo (EXTERNAL SWEEP) localizado en la parte trasera del generador de funciones.

12. Rango de Barrido (Sweep Rate). Este control ajusta el rango del generador del barrido interno y el rango de repetición de la compuerta de paso.

13. Ancho del Barrido (Sweep Width). Este control ajusta la amplitud del barrido.

14. Conector de la salida principal (MAIN output connector). Se utiliza un conector BNC para obtener señales de onda senoidal, cuadrada o triangular.

15. Conector de la salida TTL (SYNC (TTL) output connector). Se utiliza un conector BNC para obtener señales de tipo TTL.

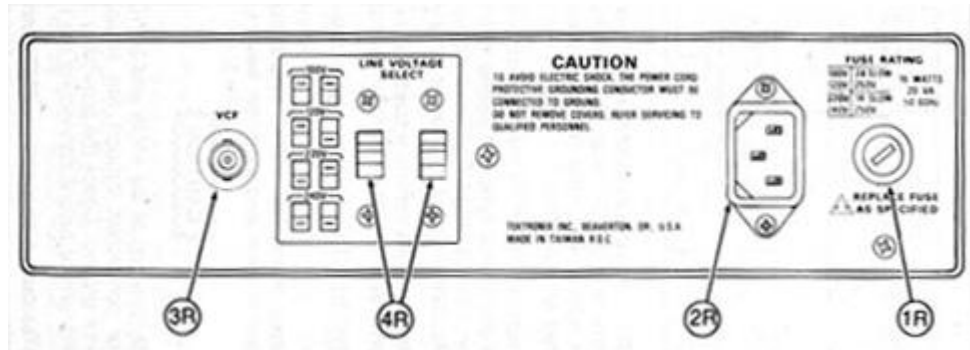


Figura 2.3.1.2 Parte posterior del generador de funciones Tektronics.

2. Controles, Conectores e Indicadores (Parte Trasera)

1R. Fusible (Line Fuse). Provee de protección por sobrecargas o mal funcionamiento de equipo.

2R. Entrada de alimentación (Power Input). Conector de entrada para el cable de alimentación.

3R. Conector de entrada para barrido externo. (External Sweep input connector). Se utiliza un conector de entrada tipo BNC para controlar el voltaje del barrido. Las señales aplicadas a este conector controlan la frecuencia de salida cuando el botón de barrido no está presionado. El rango total de barrido es también dependiente de la frecuencia base y la dirección deseada del barrido.

4R. Selector de voltaje (Line Voltaje Selector). Estos selectores conectan la circuitería interna para distintas entradas de alimentación.

3. Funciones y Aplicaciones

ONDA SENOIDAL

Una onda senoidal se puede obtener en el conector de la salida principal cuando se presiona la opción de onda senoidal en el botón de función y cuando cualquier botón del rango de frecuencia está también presionado. La frecuencia de la onda se establece por la combinación del botón de rango y el control de variación de frecuencia. La salida tendrá que ser revisada con un osciloscopio. Se debe proceder de la siguiente manera:

1. Para obtener una señal senoidal, se deben seguir las siguientes instrucciones:

Control	Instrucción
Botón de encendido	Encendido (presionado)
Botón de rango	Botón de 1 KHz presionado
Disco de frecuencias	1.0
Control de ciclo de máquina	Presionado
Control de offset en DC	Presionado
Control de amplitud	Presionado
Botón de inversión	No presionado
Botón de voltaje en la salida	No presionado (posición de 0-20)
Botón de funciones	Presionar el botón de onda senoidal
Botón de barrido	No presionado
Línea de selección de voltaje	Checar la salida de voltaje para el rango de salida de la línea (90-132 o 198-250)

Tabla 2.3.1.2 Pasos para la obtención de una onda senoidal con el generador.

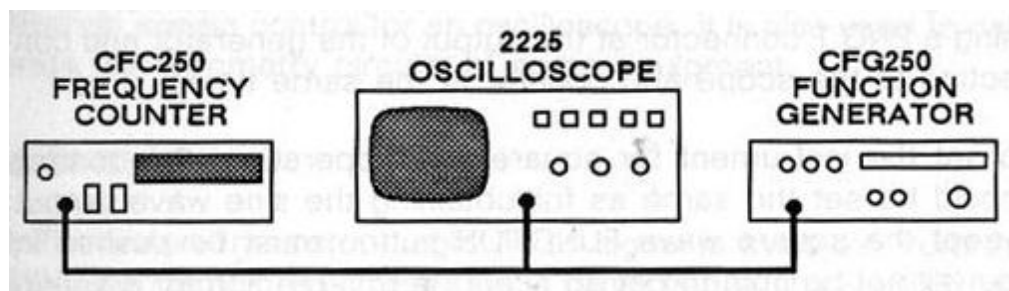


Figura 2.3.1.3 Conexión de los equipos.

2. Fija la perilla de volts por división (VOLTS/DIV) a 2 V, la perilla de segundos por división (SEC/DIV) a 0.2 ms y el resto de los controles en la posición de operación normal.
3. La frecuencia de salida puede ser calculada tomando el recíproco del período de la forma de la señal.

4. La frecuencia de salida puede establecerse con mayor precisión utilizando un contador de frecuencia (Frequency Counter) conectando la salida del generador de funciones directamente al contador, o usando un cable BNC con conexión en T de la salida del generador de funciones al osciloscopio y al contador al mismo tiempo.

Cuando se familiariza con la configuración para lograr una señal senoidal a la frecuencia del ejemplo anterior, cambie el rango de frecuencias y rote el disco de frecuencias, observando el osciloscopio o el display del contador. Lea el voltaje de salida del generador conectando a éste un multímetro, situado en la función de voltaje en AC (AC Volts). Con esto, será posible leer el valor rms de la señal senoidal y compararla con la señal pico a pico (p-p) vista en el osciloscopio. El valor rms debe ser 0.3535 veces el valor p-p visto en el osciloscopio. Las ondas senoidales son utilizadas para checar circuitos de audio y de radio frecuencia.

Las frecuencias más altas del generador de funciones pueden ser utilizadas para simular la portadora para la banda de AM. Con un capacitor en serie con el centro del conector en la salida principal, las señales de audio pueden ser inyectadas a cualquier equipo de audio.

ONDA CUADRADA

Una onda cuadrada se puede obtener en el conector de la salida principal cuando se presiona la opción de onda cuadrada en el botón de función y cuando cualquier botón del rango de frecuencia está también presionado. La frecuencia de la onda se establece por la combinación del botón de rango y el control de variación de frecuencia.

La salida puede verificarse con un osciloscopio utilizando la misma conexión utilizada en la onda senoidal. La frecuencia de salida puede establecerse con mayor precisión utilizando un contador de frecuencia (Frequency Counter) conectando la salida del generador de funciones directamente al contador, o usando un cable BNC con conexión en T de la salida del generador de funciones al osciloscopio y al contador al mismo tiempo.

Para ajustar el generador de funciones para que opere con una onda cuadrada, los controles pueden estar ajustados de la misma manera con la que se obtuvo la señal senoidal, excepto la opción de onda cuadrada en el botón de función debe estar presionada. No se podrá tener un valor rms muy exacto para una onda cuadrada con el multímetro o cualquier otro medidor digital o analógico, porque están calibrados para obtener valores rms de señales senoidales.

La señal de onda cuadrada puede ser utilizada para simular señales pulsantes. La onda cuadrada es frecuentemente usada para pruebas y calibración de circuitos de tiempo.

ONDA DIENTE DE SIERRA

Una onda triangular se puede obtener en el conector de la salida principal cuando se presiona la opción de onda triangular en el botón de función y cuando cualquier botón del rango de frecuencia está también presionado. La frecuencia de la onda se establece por la combinación del botón de rango y el control de variación de frecuencia.

La salida puede verificarse con un osciloscopio utilizando la misma conexión utilizada en la onda senoidal. La frecuencia de salida puede establecerse con mayor precisión utilizando un contador de frecuencia (Frequency Counter) conectando la salida del generador de funciones directamente al contador, o usando un cable BNC con conexión en T de la salida del generador de funciones al osciloscopio y al contador al mismo tiempo.

Para ajustar el generador de funciones para que opere con una onda triangular, los controles pueden estar ajustados de la misma manera con la que se obtuvo la señal senoidal, excepto la opción de onda cuadrada en el botón de función debe estar presionada. No se podrá tener un valor rms muy exacto para una onda cuadrada con el multímetro o cualquier otro medidor digital o analógico, porque están calibrados para obtener valores rms de señales senoidales.

Uno de los usos más comunes de la onda triangular es para hacer un control de barrido externo para un osciloscopio. Es también usada para calibrar los circuitos simétricos de algunos equipos.

TTL

Una señal TTL (Transistor-Transistor-Logic) puede obtenerse a la salida del conector SYNC. El rango del pulso es controlado por los botones de rango y el disco de frecuencia. La simetría de esta forma de onda puede ser controlada con el control de ciclo de trabajo. La señal TTL está también disponible en el modo de barrido. La amplitud de la señal TTL se fija a 2 Vp-p (onda cuadrada).

El pulso TTL es utilizado para inyectar señales a circuitos lógicos con el propósito de hacer pruebas.

SALIDA DEL BARRIDO

Todas las salidas que se pueden obtener del generador de funciones pueden utilizarse en modo de barrido. Estas salidas son utilizadas en conjunto con otros instrumentos de prueba para producir una señal de frecuencia modulada. El uso de una señal de barrido es un método común en circuitos de sintonización y para controlar el ancho de banda de circuitos de audio y de radio frecuencia.

VOLTAJE CONTROLADO POR LA ENTRADA PARA BARRIDO EXTERNO

Esta característica permite que el generador de barrido sea controlado por una fuente de voltaje externa. Cuando está en operación este modo, el botón de barrido no debe estar presionado por lo que los controles de rango de barrido y ancho de banda de barrido tampoco están en operación. El voltaje en DC aplicado a la entrada determina las características del barrido de la señal a la salida del conector principal o SYNC (TTL).

2.3.2 Osciloscopio Analógico y Digital.

OSCILOSCOPIO ANALÓGICO

La tensión a medir se aplica a las placas de desviación vertical oscilante de un tubo de rayos catódicos (utilizando un amplificador con alta impedancia de entrada y ganancia ajustable) mientras que a las placas de desviación horizontal se aplica una tensión en diente de sierra (denominada así porque, de forma repetida, crece suavemente y luego cae de forma brusca).

Esta tensión es producida mediante un circuito oscilador apropiado y su frecuencia puede ajustarse dentro de un amplio rango de valores, lo que permite adaptarse a la frecuencia de la señal a medir. Esto es lo que se denomina base de tiempos.

Limitaciones del osciloscopio analógico

El osciloscopio analógico tiene una serie de limitaciones propias de su funcionamiento:

Las señales deben ser periódicas. Para ver una traza estable, la señal debe ser periódica ya que es la periodicidad de dicha señal la que refresca la traza en la pantalla. Para solucionar este problema se utilizan señales de sincronismo con la señal de entrada para disparar el barrido horizontal (trigger level) o se utilizan oscilloscopios con base de tiempo disparada.

Las señales muy rápidas reducen el brillo. Cuando se observa parte del período de la señal, el brillo se reduce debido a la baja persistencia fosfórica de la pantalla. Esto se soluciona colocando un potencial post-acelerador en el tubo de rayos catódicos.

Las señales lentas no forman una traza. Las señales de frecuencias bajas producen un barrido muy lento que no permite a la retina integrar la traza. Esto se solventa con tubos de alta persistencia. También existían cámaras Polaroid especialmente adaptadas para fotografiar las pantallas de oscilloscopios. Manteniendo la exposición durante un periodo se obtiene una foto de la traza.

Otra forma de solucionar el problema es dando distintas pendientes al diente de sierra del barrido horizontal. Esto permite que tarde más tiempo en barrer toda la pantalla, y por ende pueden visualizarse señales de baja frecuencia pero se verá un punto desplazándose a través de la pantalla debido a que la persistencia fosfórica no es elevada.

Sólo se pueden ver transitorios si éstos son repetitivos; pero puede utilizarse un osciloscopio con base de tiempo disparada. Este tipo de osciloscopio tiene un modo de funcionamiento denominado «disparo único». Cuando viene un transitorio el osciloscopio mostrará este y sólo este, dejando de barrer una vez que la señal ya fue impresa en la pantalla.

OSCILOSCOPIO DIGITAL.

En la actualidad los osciloscopios analógicos están siendo desplazados en gran medida por los osciloscopios digitales, entre otras razones por la facilidad de poder transferir las medidas a una computadora personal o pantalla LCD.

En el osciloscopio: la señal es previamente digitalizada por un conversor analógico digital. Al depender la fiabilidad de la visualización de la calidad de este componente, esta debe ser cuidada al máximo.

Las características y procedimientos señalados para los osciloscopios analógicos son aplicables a los digitales. Sin embargo, en estos se tienen posibilidades adicionales, tales como el disparo anticipado (pre-triggering) para la visualización de eventos de corta duración, o la memorización del oscilograma transfiriendo los datos a un PC. Esto permite comparar medidas realizadas en el mismo punto de un circuito o elemento. Existen asimismo equipos que combinan etapas analógicas y digitales.

La principal característica de un osciloscopio digital es la frecuencia de muestreo, la misma determinará el ancho de banda máximo que puede medir el instrumento, viene expresada generalmente en MS/s (millones de muestra por segundo).

La mayoría de los osciloscopios digitales en la actualidad están basados en control por FPGA (del inglés Field Programmable Gate Array), el cual es el elemento controlador del conversor analógico a digital de alta velocidad del aparato y demás circuitería interna, como memoria, buffers, entre otros.

Estos osciloscopios añaden prestaciones y facilidades al usuario imposibles de obtener con circuitería analógica, como los siguientes:

Medida automática de valores de pico, máximos y mínimos de señal. Verdadero valor eficaz.

Medida de flancos de la señal y otros intervalos.

Captura de transitorios.

Cálculos avanzados, como la FFT para calcular el espectro de la señal. también sirve para medir señales de tensión.

OSCILOSCOPIO DE FÓSFORO DIGITAL

El osciloscopio de fósforo digital (DPO, Digital Phosphor Oscilloscope) ofrece una nueva propuesta a la arquitectura del osciloscopio ya que combina las mejores características de un osciloscopio analógico con las de un osciloscopio digital. Al igual que el osciloscopio analógico, el primer paso es el amplificador vertical, y al igual que el osciloscopio digital, la segunda etapa es un conversor ADC.

Pero luego de la conversión de analógico a digital, el osciloscopio de fósforo digital es un poco diferente al digital. Este tiene funciones especiales diseñadas para recrear el grado de intensidad de un tubo de rayos catódicos. En vez de utilizar fósforo químico, al igual que un osciloscopio analógico, el DPO tiene fósforo digital que es una base de datos actualizada constantemente.

Esta base de datos tiene una celda separada de información para cada uno de los pixeles que tiene la pantalla. Cada vez que una forma de onda es capturada (en otras palabras, cada vez que el osciloscopio es disparado) esta es almacenada en las celdas de la base de datos. A cada celda que almacena la información de la forma de onda luego se le inserta la información de la intensidad. Por último toda la información es mostrada en la pantalla LCD o almacenada por el osciloscopio.

EL OSCILOSCOPIO



Figura 2.3.2.1 Osciloscopio analógico.

El Osciloscopio es uno de los más importantes aparatos de medida que existen actualmente. Representan gráficamente las señales que le llegan, pudiendo así observarse en la pantalla muchas más características de la señal que las obtenidas con cualquier otro instrumento.

Hay muchos aparatos de medidas capaces de cuantificar diferentes magnitudes. Por ejemplo, el voltímetro mide tensiones, el amperímetro intensidades, el vatímetro potencia, etc. Pero, sin duda alguna, el aparato de medidas más importante que se conoce es el Osciloscopio. Con él, no sólo podemos averiguar el valor de una magnitud, sino que, entre otras muchas cosas, se puede saber la forma que tiene dicha magnitud, es decir, podemos obtener la gráfica que la representa.

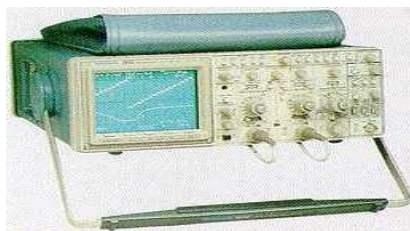


Figura 2.3.2.2 Osciloscopio digital.

Por otra parte, los osciloscopios digitales tienen un aspecto totalmente distinto a los convencionales, pero si entendemos el funcionamiento de los Analógicos, será muy sencillo aprender a manejar los digitales. Los más modernos son, en realidad, un pequeño computador destinado a captar señales y a representarlas en la pantalla de la forma más adecuada.

Éstos tratan de imitar los antiguos mandos de los osciloscopios normales, de modo que, en realidad, sólo es necesario aprender la forma en que el aparato se comunica con el usuario. Esto se hace normalmente en forma de menús que pueden aparecer en pantalla con opciones que el usuario puede elegir con una serie de pulsadores.

La forma de trabajo de un osciloscopio consiste en dibujar una gráfica “Una gráfica es una curva que tiene dos ejes de referencia, el denominado de abscisas u horizontal y el eje de ordenadas o vertical. Para representar cada punto de la gráfica tenemos que dar dos coordenadas, una va a corresponder a su posición respecto al eje horizontal y la otra va a ser su posición respecto al en el vertical.

Estas gráficas se van a representar en la pantalla que tienen todos los osciloscopios” debido al movimiento de un haz de electrones sobre una pantalla de fósforo que la parte interna del tubo de rayos catódicos. Para representar dicha señal sobre el tubo se realiza una división en dos partes: señal vertical y señal horizontal. Dichas señales son tratadas por diferentes amplificadores y, después, son compuestas en el interior del osciloscopio.

Un osciloscopio puede ser utilizado para estudiar propiedades físicas que no generan señales eléctricas, por ejemplo las propiedades mecánicas. Para poder representar en pantalla del osciloscopio dichas propiedades, es necesario utilizar transductores que conviertan la señal que le llega, en este caso la mecánica, en impulsos eléctricos. Un osciloscopio es un aparato que basa su funcionamiento en la alta sensibilidad que tiene a la tensión, por lo que se podría entender como un voltímetro de alta impedancia. Es capaz de analizar con mucha precisión cualquier fenómeno que podamos transformar mediante un transductor en tensión eléctrica.

Con el osciloscopio se pueden hacer varias cosas, como:

- Determinar directamente el periodo y el voltaje de una señal.

- Determinar indirectamente la frecuencia de una señal.
- Determinar que parte de la señal es DC y cual AC.
- Localizar averías en un circuito.
- Medir la fase entre dos señales.
- Determinar que parte de la señal es ruido y como varia este en el tiempo.

En todos los osciloscopios podemos distinguir tres partes:

- ☐ La pantalla;
- ☐ Un canal de entrada por las que se introduce la diferencia de potencial a medir;
- ☐ Una base tiempos.

a) La pantalla es dónde vamos a ver las señales introducidas por el canal de entrada. Está fabricada con un material fluorescente que se excita a la llegada de los electrones procedentes de un tubo de rayos catódicos situado en el interior del osciloscopio. La intensidad de este cañón y su enfoque sobre la pantalla se puede controlar con los mandos 2 y 4 (ver figura 1).

b) El canal de entrada para la señal de tensión (en nuestro osciloscopio hay dos) consta de un borne para la recepción de la señal (24 y 37 cuando se introduce utilizando una clavija coaxial, también conocida como BNC); así como un conmutador giratorio para cada canal, 26 y 34, que permiten variar el factor de amplificación de la señal según el eje Y. Esta amplificación posee un ajuste fino en 27 y 33, pero para realizar medidas éste deberá estar en su posición CAL (posición tope en sentido horario).

Los conmutadores 26 y 34 nos señalan en su escala el número de voltios por división que tenemos. Esta será la base con la cual podremos conocer el valor de nuestra señal. Cada cuadrado de la pantalla del osciloscopio representa el valor elegido en la escala.

El error de medida se corresponde con la menor indicación en la pantalla (o la mitad) del aparato. Hay que tener en cuenta que esta escala depende de la posición del mando 26 (también con el 34).

c) La base tiempos es vital en el osciloscopio para el registro de las señales que varían con el tiempo. El valor de la tensión de la señal de entrada aparece según el eje vertical (eje Y) y la señal es representada en función del tiempo según el eje horizontal (eje X). La escala de tiempos puede modificarse girando el conmutador 12. Este mando posee

también un ajuste fino en 13, y *deberá* estar girado a tope en sentido horario para que la escala de medida de tiempos que indica el mando sea correcta.

Para ver correctamente en la pantalla señales que no permanecen estacionarias en la misma, el osciloscopio dispone de un control de disparo (*trigger*), que permite fijar en la pantalla todas las señales. Para que funcione correctamente es necesario tener el botón 15 en posición NORM y girar el botón 16 hasta que se establece la señal. Para ello el botón 14 no deberá estar presionado.

El error de medida se corresponde con la menor indicación en la pantalla (o la mitad) del aparato. Hay que tener en cuenta que esta escala depende de la posición del mando 12.

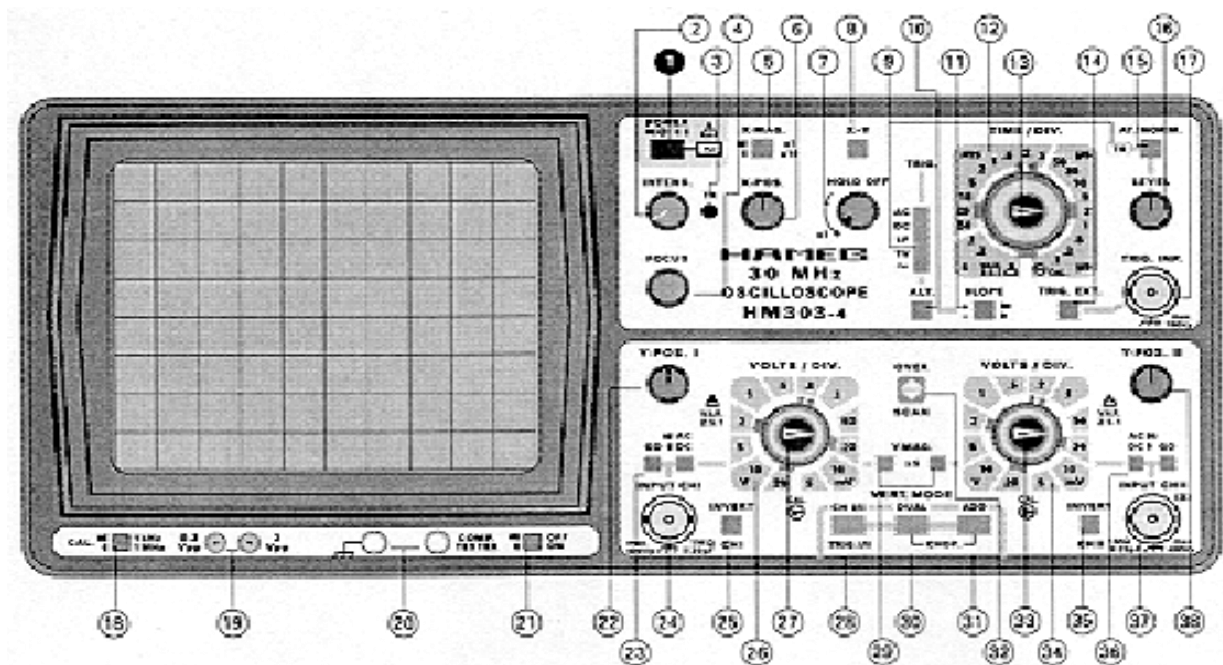


Figura 2.3.2.3 Osciloscopio HAMEG

TEMA 3.- Medición de parámetros

3.1 Medición y prueba de dispositivos y elementos.

El objetivo principal de la materia de mediciones eléctricas es precisamente determinar cómo se puede medir y evaluar los valores obtenidos de dispositivos eléctricos o sus propiedades tales como la **Resistencia, Inductancia, Capacitancia, Mediciones con puentes y Prueba de dispositivos semiconductores**.



Figura 3.1.1 Circuito electrónico.

Para medir alguna de las propiedades nombradas arriba se puede acudir a diversos medidores que realicen la medición individualmente o por el contrario un medidor que las unifique tal es el caso del **Multímetro**, el cual es simplemente un medidor del tipo Digital que posee la capacidad de medir varias propiedades, conforme su precio aumenta también aumenta su precisión, exactitud y sensibilidad, además de poder medir muchas más propiedades.

Si bien los medidores juegan un papel importante en el desarrollo de circuitos o proyectos en general, estos no son capaces de reemplazar el conocimiento práctico que cualquier ingeniero o aspirante a ingeniero debe de tener, estos conocimientos se derivan a la medición o cálculo de elementos conectados en un circuito o a la prueba de diversos dispositivos para así optimizar un circuito hasta un punto estable o deseado, estas pruebas y mediciones son la base del **diseño de circuitos** por tal son los conocimientos básicos que debe poseer un ingeniero.

3.1.1 Resistencias.

La resistencia eléctrica es la propiedad que se opone al flujo de electrones dejando pasar solo una pequeña cantidad dependiendo de la capacidad de la misma resistencia, el exceso de electrones que pasan por la resistencia son liberados en forma de calor.

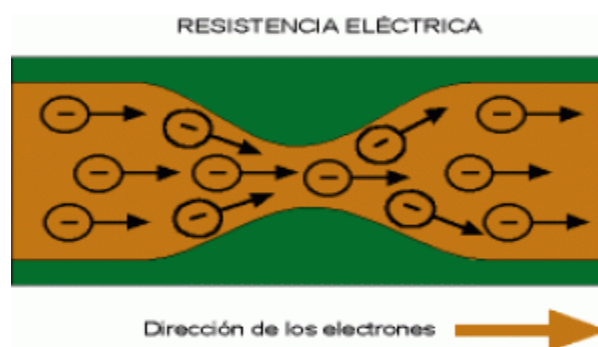


Figura 3.1.1.1 Resistencia eléctrica.

En electrónica se utiliza a la resistencia electrónica para reducir o regular el voltaje a través de ciertos arreglos que se pueden hacer con estas, por lo general una resistencia está formada por alambre, carbón y un encapsulado de porcelana como se aprecia a continuación (a menudo el alambre que son las patitas que salen del encapsulado de porcelana son de cobre y en ocasiones especiales de plata u oro, esto para aumentar la resistencia debido a su material (el material también es importante para que la resistencia no se funda cuando expulse los electrones en forma de calor).



Figura 3.1.1.2 Resistencias.

Para terminar este breve resumen la resistencia eléctrica es identificada con la letra "R" (mayúscula) y para su unidad de medida se utiliza la letra griega omega (Ω) a la cual se le conoce como Ohm en electrónica, su símbolo característico en el diseño de circuitos es el siguiente:

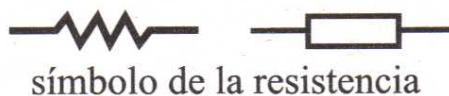


Figura 3.1.1.3 Símbolo de la resistencia.

Métodos para medir o probar Resistencias eléctricas.

Los siguientes métodos son los más utilizados cotidianamente, para determinar la resistencia eléctrica en un circuito o el valor de esta antes de ser implementada en dicho circuito.

Ley de Ohm

La ley de Ohm se resume en la aplicación de una simple formula con la cual no solo se puede determinar el valor de la resistencia eléctrica sino también del voltaje y de la corriente, para esto solo basta con la formula la cual es: $R = V/I$ (donde R es la resistencia, V es el voltaje e I es la corriente o intensidad).

Procedimiento: Supongamos que tenemos un circuito con que funciona con 10 Volts, además de esto tenemos una corriente de 2 Amperes, al tener estos 2 datos solo basta dividir el voltaje con la corriente de la siguiente manera

$$R = 10V/2A$$

Dando como resultado una **resistencia de 5 Ohm**

Con este sencillo cálculo podemos saber cuál es la resistencia eléctrica necesaria para mantener la estabilidad de nuestro circuito, además a partir de esto y con la aplicación de otras fórmulas se comienza a implementar el diseño de circuitos.

Identificar el valor de una resistencia por su código de colores.

Por lo general las resistencias eléctricas poseen un código de colores impreso en ellas, las resistencias comunes poseen 4 bandas, mientras que las que llegan a un valor más preciso tienen 5 bandas. En la siguiente imagen se puede ver un ejemplo de cómo determinar el valor de una resistencia de 4 y 5 bandas a partir de su código de colores.

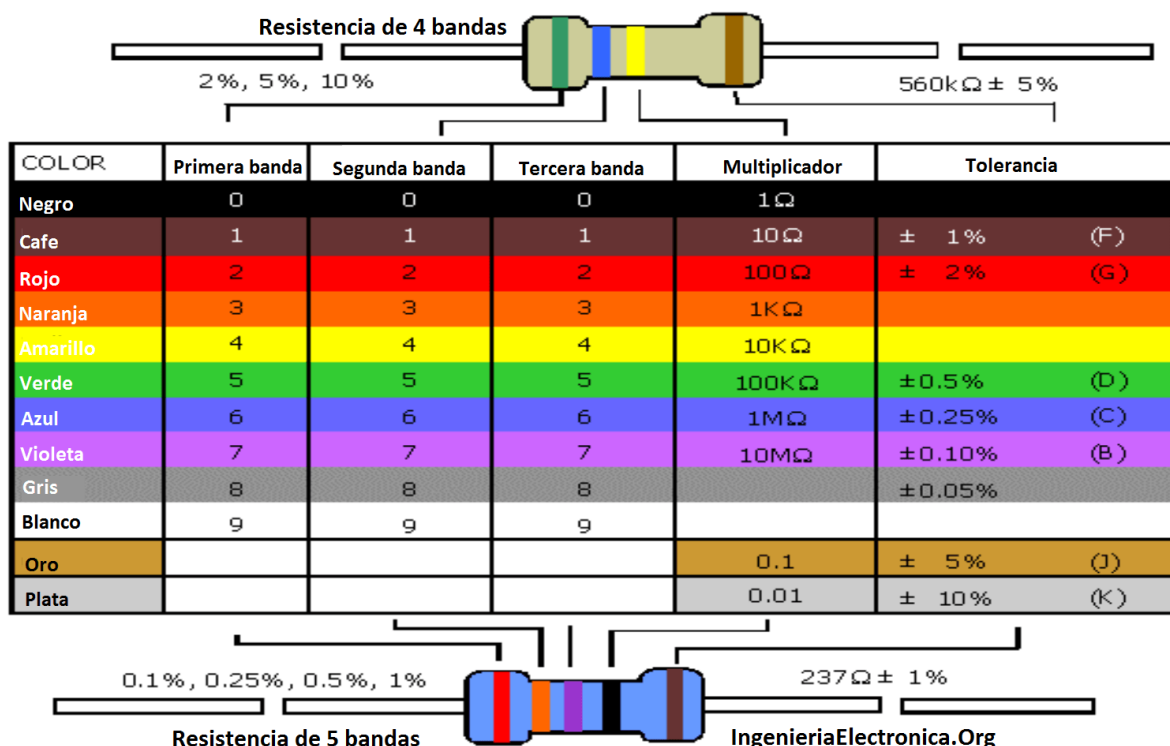


Figura 3.1.1.4 Código de colores de las resistencias.

Como se aprecia en la imagen superior se muestra los diversos colores que puede tener una resistencia de 4 y 5 bandas, en el caso del primer ejemplo de 4 bandas, se toma la banda 1 y 2 para determinar un valor, si la primera banda es de color verde entonces el primer valor sería 5, la segunda banda es azul y por tal el valor sería 6, estos 2 valores se unen dándonos 56, ahora la tercera banda es amarillo y es el multiplicador $10K\Omega$ ($10\,000\Omega$), si esto lo multiplicamos nos dará $560\,000\,\Omega$ y al utilizar los rangos de medida lo podremos clasificar en Kilo Ohm que es 10 a la 3 por lo cual la resistencia según su código de colores es de $560\,k\Omega$, el ultimo color de una resistencia siempre será Oro o Plata y esto indica la tolerancia de la misma en este caso la tolerancia del color Oro es de $\pm 5\%$ o sea que la resistencia está en un rango de $532\,k\Omega$ hasta los $588k\Omega$.

En el caso de la resistencia de 5 bandas se aplica el mismo procedimiento solo que la banda 3 sigue siendo un valor que se une al primer y segundo valor, posteriormente se multiplica y se define sus rangos de tolerancia.

Instrumentos para medir el valor de una resistencia

Además de los métodos tradicionales para determinar el valor de una resistencia también podemos apoyarnos de los instrumentos de medición, para medir resistencia eléctrica se utiliza un Óhmetro que puede ser tanto analógico como digital, aunque es mucho más sencillo y eficiente utilizar un multímetro para determinar el valor de una resistencia,

Simplemente basta con encender el Multímetro, girar la perilla selectora hacia los valores de Ω y medir una resistencia colocándole puntas de prueba (una a cada lado), esto se puede apreciar en la siguiente imagen.



Figura 3.1.1.5 Medición de una resistencia.

Existen más maneras de medir una resistencia y además todavía quedan ver métodos para el diseño de circuitos, sin embargo este es un artículo creado para que se comprenda que es y para qué sirve una resistencia eléctrica, además de mostrarse los métodos convencionales para determinar su valor, posteriormente en la materia de Circuitos Eléctricos abordaremos como determinar la resistencia en circuitos en serie, paralelo y mixto, además de determinar el voltaje que fluye por ellas y los cálculos necesarios para diseñar un proyecto desde 0 y la resistencia que se obtiene debido al uso de algunos materiales.

3.1.2 Inductancia y capacitancia.

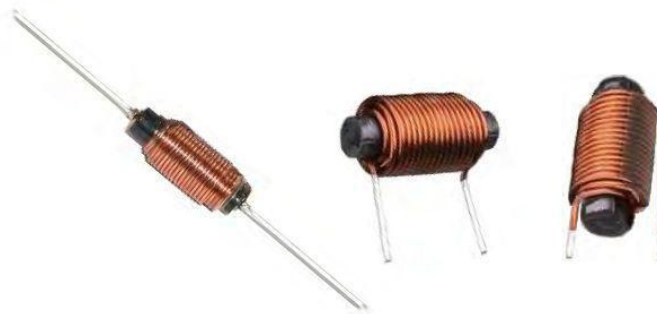


Figura 3.1.2.1 Inductores.

Inductancia.

¿Qué es la inductancia? La inductancia es la encargada de medir la oposición producida por los cambios de la corriente en un inductor o bobina los cuales almacenan energía y están ante un campo magnético.

La inductancia puede definirse como la relación en entre el **flujo magnético (Φ)** y la intensidad generada por la corriente eléctrica (**I**) la cual circula por una bobina y el número de vueltas (**N**) del devanado.

Para realizar determinar cuál es la inductancia se debe tener en cuentas muchos factores como por ejemplo el material del que está hecho el conductor y si este está enrollado, si el conductor presenta espiras en el recorrido de la corriente, la inductancia aumentara a medida que circule por las espiras, por lo cual se llega a la conclusión que entre más espiras, habrá más inductancia. Si alas espiras se le agrega un núcleo de ferrita entonces la inductancia aumentara aún más, este es el principio de una bobina y la relación entre el número de espiras que la conforman. La fórmula para medir la Inductancia es:

$$L = \frac{\Phi N}{I}$$

En donde

- L = inductancia
- Φ = Flujo magnético
- N = Numero de vueltas o espiras
- I = Corriente Eléctrica

Métodos para medir la inductancia.

Método 1

Para medir la inductancia de una bobina podemos utilizar el método tradicional en el cual se ocupa la siguiente formula:

$$L = \frac{\Phi N}{I}$$

Si tenemos todos los valores solicitados basta con reemplazar los valores y realizar la operación para determinar la inductancia, sin embargo existen otros métodos como es el caso del siguiente.

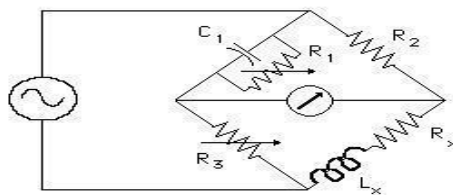
Método 2

Puente de Maxwell

Dado un inductor real, el cual puede representarse mediante una inductancia ideal con una resistencia en serie (L_x , R_x), la configuración del puente de Maxwell permite determinar el valor de dichos parámetros a partir de un conjunto de resistencias y un condensador (ubicados de la forma mostrada en la figura 3.1.2.2)

El hecho de utilizar un capacitor como elemento patrón en lugar de un inductor tiene ciertas ventajas, ya que el primero es más compacto, su campo eléctrico externo es muy reducido y es mucho más fácil de blindar para protegerlo de otros campos electromagnéticos.

La relación existente entre los componentes cuando el puente está balanceado es la siguiente:



$$Z_1 Z_x = Z_2 Z_3$$

$$Z_1 Z_x = R_2 R_3$$

$$Z_x = R_2 R_3 Y_1$$

$$Y_1 = \frac{1}{R_1} + j\omega C_1$$

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

$$R_x + j\omega L_x = R_2 R_3 \left(\frac{1}{R_1} + j\omega C_1 \right)$$

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

$$L_x = R_2 R_3 C_1$$

Figura 3.1.2.2 Cálculo de la inductancia.

En primer lugar, podemos observar que los valores de L_x y R_x no dependen de la frecuencia de operación, sino que están relacionados únicamente con los valores de C_1 y R_1 , R_2 y R_3 . Por otra parte, existe una interacción entre las resistencias de ajuste, ya que tanto R_1 como R_3 intervienen en la ecuación de R_x , mientras que en la de L_x solo interviene R_3 .

De acuerdo con esto, es necesario realizar varios ajustes sucesivos de las dos resistencias variables hasta obtener la condición de cero en el detector. Por lo tanto, el balance de este tipo de puente resulta mucho más complejo.

Método 3

Medición de la inductancia con un Multímetro.

El valor de la Inductancia de un bobinado es imposible de medir directamente con solamente un Multímetro. Se puede medir por medio de un Puente de Impedancias, o usar el método del Voltímetro y el Amperímetro, para el que hace falta alimentación de corriente alterna, y primero tiene que saber la resistencia Óhmica (en continua con el Multímetro) del devanado

Provéase de un transformador de características conocidas conectado, para utilizar una tensión más baja que ella, y conecte la tensión a la bobina en serie con el Multímetro como Amperímetro en alterna, y mida la corriente. Mida también la tensión alterna realmente aplicada.

El cociente entre la tensión y la corriente será la Impedancia del devanado. Esta impedancia es igual a la raíz cuadrada de la suma de la resistencia (previamente medida) al cuadrado, más el término Impedancia inductiva (XL) al cuadrado. Conocido el valor de esta "resistencia" podrá calcular el valor de la Inductancia (L) ya que $XL = 2 \pi f L$, siendo $\pi = 3,1416$..y f la frecuencia de la red (50 o 60 Hz según los países).

Método 4

Calcular la inductancia con la ayuda de un osciloscopio y una fuente

1.-Para realizar este procedimiento requieres de una fuente que se capaz de mandar pulsos de voltaje, cuando la tengas, puedes conectar cualquier patitas de la bobina a negativo y la que sobra es la que recibirá los pulsos de la fuente. Debes mantener los ciclos del pulso por debajo de un 50%.

2. **Ahora debes Configurar los monitores donde veras la corriente.** Para esto deberás conectar una sonda de corriente a un osciloscopio.

3. Es hora de recopilar los datos, para esto debes leer la **corriente máxima y la cantidad de tiempo entre los pulsos de voltaje**. El pico de corriente se tomara en amperios, mientras que el tiempo entre cada pulso de voltaje será tomado en microsegundos.

4. Cuando tengas los datos del paso 3 puede multiplicar el voltaje entregado en cada pulso por la duración de estos. Un ejemplo de esto es, si se entrega un voltaje de 50v cada 5 microsegundos, esta cifra sería 50v por 5 microsegundos, lo cual nos daría por resultado: 250 vatios-microsegundo

5. Por último para determinar el valor de la inductancia simplemente dividimos el resultado anterior (v_t) entre la corriente (I), esto no da la operación, $L=250v \cdot ms / 5A$, dándonos como resultado que $L= 50mH$

CAPACITANCIA.

En análisis de circuitos eléctricos, las magnitudes que se visualizan de inmediato son tensión, intensidad de corriente y resistencia. Cuando se tienen circuitos en corriente alterna nos encontramos con fenómenos distintos a los de corriente continua, y en específico son los efectos capacitivos e inductivos. Estos fenómenos han sido estudiados desde hace mucho tiempo y por su naturaleza seguirán siendo objeto de estudio.

DEFINICIÓN DE CAPACITANCIA.

La capacitancia es la propiedad de un circuito eléctrico de oponerse al cambio en la magnitud de tensión a través del circuito. También capacitancia se refiere a la característica de un sistema que almacena carga eléctrica entre sus conductores y un dieléctrico, almacenando así una energía en forma de campo eléctrico. Este dispositivo se le denomina Capacitor y su símbolo eléctrico es:



Figura 3.1.2.3 Símbolo del capacitor.

Para visualizarlo gráficamente, un capacitor de un farad presenta en sus terminales una diferencia de potencial a razón de 1 volt por segundo cuando se le hace circular una corriente de 1 ampere.

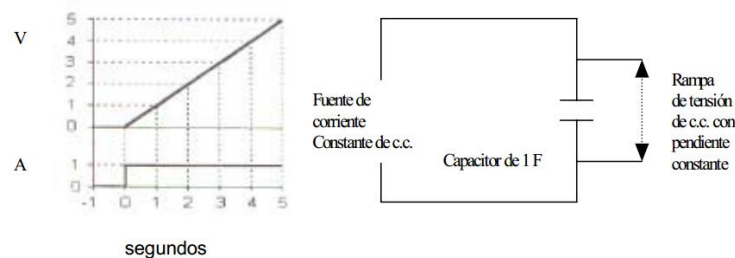


Figura 3.1.2.4 Grafica del capacitor.

TIPOS DE CAPACITORES

Existen capacitores comerciales de diferentes tipos y son clasificados, por su tipo de dieléctrico, y en función de este se derivan algunas variedades de ellos con distintas características, valor, tolerancia, tensión máxima y temperatura máxima de operación.

Tipo de Alcance de Tensión máxima Temperatura máxima Tolerancia
Dieléctrico Capacitancia de trabajo de trabajo (°C) Típica (%)

Capacitores Electrostáticos (sin polaridad)

Mica 1 pF a 0,1 μ F Hasta 50 kV 150 $\pm 0,25$ a ± 5
 Cerámica 0,75 pF a 2,2 μ F 50 V a 200 kV 125 ± 5 a ± 10
 Poliestireno 47 pF a 39 nF 63 V a 630 V 85 ± 1 a ± 5
 Cristal 10 pF a 0,15 μ F Hasta 6 kV 125 ± 1 a ± 20
 Polipropileno 47 pF a 3,3 μ F 63 a 630 V 85 ± 2 a ± 10
 Policarbonato 10 nF a 10 μ F 100 a 630 V 125 ± 5 a ± 10
 Poliéster 1 nF a 10 μ F 60 a 630 V 125 ± 5 a ± 10

Capacitores Electrolíticos (con polaridad)

Tantalio 1,7 μ F a 2,4 μ F 6 a 630 V 125 ± 5 a ± 20
 Aluminio 1 μ F a 1 F 5 a 450 V 105 ± 10 a ± 100

MEDICIÓN DE CAPACITANCIA.

En la actualidad, en los equipos de medición de capacitancia solamente requiere de conectar el dispositivo bajo medición entre sus terminales y apretar un botón para que la lectura aparezca en un indicador, aunque también existen equipos de tipo analógico que requieren además manipular algunas perillas y visualizar una pequeña aguja dentro de una escala graduada para llevar a balance un circuito puente y realizar la lectura en base a multiplicadores y escalas limitadas en resolución.

Abordando de este modo el problema de medición de capacitancia no se tendría mucho que hacer, sin embargo, hay que tener en cuenta muchos aspectos para una buena calidad en la medición. Primero se tiene que saber cómo está midiendo nuestro equipo, y una manera de poder verificar es calibrándolo. En mediciones de alta exactitud (a nivel primario y secundario) este factor es muy importante ya que en variaciones de un grado celsius provocan cambios en el valor del capacitor de hasta 0,005%.

A nivel industrial el coeficiente de temperatura puede llegar a ser lo suficientemente grande como para provocar cambios indeseables en el valor del capacitor. Debido a esto, es conveniente conocer la magnitud del coeficiente de temperatura para posteriormente realizar correcciones por temperatura a las mediciones que se hacen.

- Los cables que se emplean es otro factor de influencia para la realización de una adecuada conexión entre el capacitor y el equipo de medición.
- Se hace necesario llevar a cabo un análisis para elegir el cable adecuado en función del equipo de medición.

- Para equipos que funcionan con tensiones de prueba de corriente alterna el cable coaxial es el más indicado.
- Cuando el equipo tiene su propio cable los problemas se reducen, sin embargo, comienzan cuando se usan adaptadores, pues hay que compensar los efectos que estos producen.
- También es adecuado un perfecto contacto entre el cable y su conector.
- En un capacitor es importante la limpieza de sus terminales y de su cubierta en general.
- Los impactos mecánicos en ocasiones pueden ser fatales para la vida de un capacitor,
- y este factor depende del cuidado que se tenga con él.
- En general, la medición de capacitancia puede llegar a realizarse tan minuciosamente como se desee, todo en función de la calidad de la medición.

¿Cómo medir capacitancia con un multímetro digital?



Figura 3.1.2.5 multímetro digital.

Aprende cómo medir capacitancia de manera correcta y segura con esta pequeña guía. El multímetro puede determinar la capacitancia cargando un capacitor con una corriente conocida y posteriormente mide la tensión resultante para calcularla.

Precaución: Un buen capacitor almacena una carga eléctrica y puede permanecer energizado incluso después de desconectarlo, es por eso que te recomendamos seguir los siguientes consejos.

Antes de tocarlo o iniciar una medición:

- Apágalo
- Usa tu multímetro para asegurarte que la alimentación esté apagada
- Cuidadosamente descarga el capacitor conectando un resistor a través de los cables

¿Cómo descargar de manera segura un capacitor?

Después de desconectar la alimentación eléctrica conecta un resistor de $20\ \Omega / 5\ W$ a través de las terminales del capacitor durante cinco segundos. Usa tu multímetro para confirmar que el capacitor está completamente descargado.

Pasos para medir capacitancia.

- 1 Usa tu **multímetro digital** (DMM) para asegurarte que toda la alimentación del circuito esté desconectada. Si el capacitor está usando un circuito CA, configura el multímetro para una medición de tensión CA. Si está usando un circuito CD configura el multímetro para medir tensión CD.
 - 2 Inspecciona visualmente el capacitor. Si ves fugas, grietas, protuberancias u otros signos de deterioro, reemplaza el capacitor.
 - 3 Gira la perilla a modo de medición de capacitor (μ). El símbolo normalmente está acompañado de otra función. Adicionalmente a esto suele ser necesario presionar un botón para activar la medición. (Consulta el manual de usuario de tu multímetro para más información).
 - 4 Para una medición correcta, el capacitor debe ser removido del circuito. Descarga el capacitor como se mencionó anteriormente.
- Nota:** Algunos multímetros ofrecen un modo relativo (REL). Cuando mides valores de capacitancia bajos, puedes usar el modo relativo para eliminar la capacitancia de los cables de prueba. Para poner un multímetro en modo relativo para capacitancia, deja los cables de prueba abiertos y presiona el botón REL, esto elimina el valor residual de capacitancia de los cables de prueba.
- 5 Conecta los cables de prueba en las terminales del capacitor. Mantén los cables de prueba conectados por algunos segundos para dejar que el multímetro seleccione de manera automática el intervalo correcto.
 - 6 Lee la medición en la pantalla. Si el valor de capacitancia se encuentra dentro del intervalo, el multímetro mostrará el valor del capacitor. Si se muestra OL a) El valor del capacitor es más alto que el intervalo de medición b) El capacitor está dañado.



Figura 3.1.2.6 Medición de un capacitor.

¿Qué pasa si no cuentas con un multímetro digital?

La función para medir capacitancia únicamente la podrás encontrar en un multímetro digital que cuenta con esa función. Pero, lo que sí puedes hacer es probar si tu capacitor funciona.

Para realizar la prueba de tu capacitor el multímetro debe colocarse en óhmetro en una escala baja (por ejemplo, para medir 200 ohms) y deberás descargar el capacitor.

Primero, se colocan las puntas del multímetro en las terminales del capacitor (no importan su polaridad), la aguja del multímetro deberá subir rápidamente y después bajar. Después, intercambia las puntas del multímetro para repetir la medición con la polaridad inversa, la aguja deberá subir y bajar nuevamente; si es así el capacitor funciona correctamente.

Visión general de la medición de capacitancia.

La solución de problemas en motores monofásicos es uno de los usos más prácticos de la función de capacitancia de un multímetro digital.

Un capacitor de arranque de un motor monofásico que no encienda es un síntoma de un capacitor defectuoso, estos motores pueden seguir funcionando una vez que ya están operando lo que hace difícil la solución de problemas. La falla de un capacitor de arranque duro de un compresor HVAC es un buen ejemplo de este problema. El compresor del motor puede arrancar, pero se puede recalentar pronto, lo que resultará en un disparo del interruptor.

Los motores monofásicos con este tipo de problemas y los motores monofásicos ruidosos con capacitores requieren el uso de un multímetro para verificar de manera correcta que los capacitores funcionen adecuadamente.

Los capacitores de corrección del factor de potencia trifásicos normalmente tienen un fusible protegido, si uno o más de estos capacitores fallan se tendrá una ineficiencia en el sistema, esto aumentará las facturas de servicios públicos y pueden ocurrir traslados de equipos no planeados.

En caso de que se queme un fusible del capacitor, el valor de microfaradios del capacitor dañado debe medirse y verificar que se encuentre dentro de los intervalos marcados en el capacitor.

Algunos otros factores de problemas de capacitancia son:

- Los capacitores tienen un determinado tiempo de vida, cuando ésta llega a su límite puede resultar en un malfuncionamiento.
- Los capacitores dañados pueden tener un cortocircuito, un circuito abierto o pueden deteriorarse hasta el punto de fallar.

- Cuando existe un cortocircuito del capacitor, puede fundir un fusible dañando otros componentes.
- Cuando un capacitor se abre o deteriora, el circuito o los componentes del circuito no funcionan.
- El deterioro también puede cambiar el valor de capacitancia, lo que puede causar problemas.

3.1.3 Mediciones con puentes.

Las mediciones con puentes son arreglos realizados en circuitos para determinar el valor de resistores, condensadores, bobinas, potenciómetros, etc. Una característica de los puentes es que sus teoremas y aplicaciones fueron pensadas para funciona Corriente alterna o Corriente directa, esto se debe tener en cuenta a la hora de realizar una medición con puentes ya que ocuparlo con una corriente equivocada solo provocara un corto circuito o una mala medición.

Los puentes son una de las maneras más precisas para calibrar diversos componentes, además con los cálculos realizados se puede llegar a estabilizar un circuito, Existen muchos tipos de puentes que fueron diseñados por grandes físicos y a continuación te mostraremos algunos de los más famosos puentes que puedes utilizar para desarrollarlos en prácticas.

Mediciones con puentes de Corriente Directa o continua.

Un puente utilizado en corriente directa está diseñado para poder medir una resistencia desconocida a través de patrones generados que sirven para ajustar a 0 o equilibrar el puente. Existen muchas variaciones de puentes, pero por lo general todos se basan en la colocación de 4 resistencias (entre estas se encuentra la desconocida) y al colocarlas y aplicar una corriente directa se puede realizar los cálculos para determinar el valor de la resistencia desconocida.

Puente de Wheatstone.

El puente de Wheatstone fue rediseñado por el físico Charles Wheatstone (1802-1875), aun que realmente su creador fue Samuel Hunter Christie en 1832, lo que Wheatstone hizo fue mejorar el puente para hacerlo un poco más sencillo y preciso.

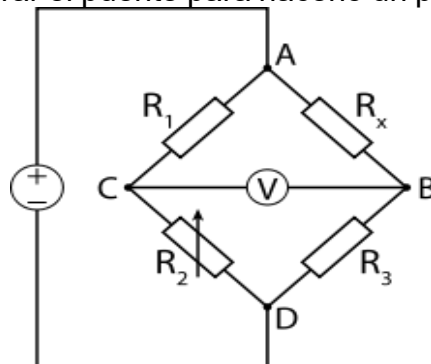


Figura 3.1.3.1 Puente de Wheatstone.

Este puente está constituido de cuatro resistencias que forman un circuito cerrado, además para que funcione se requiere de una fuente de f.e.m (una batería y un detector de cero (el galvanómetro)).

Procedimiento:

Este es el puente ejemplificado que utilizaremos (si nos damos cuenta es igual que el de arriba, la única diferencia es que se marcan las corrientes para cumplir con la siguiente condición para llevar a cabo el procedimiento)

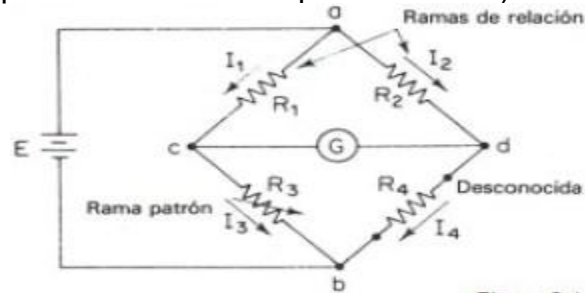


Figura 3.1.3.2 Cálculos de las corrientes en el puente.

Primero que nada, debemos identificar la incógnita y para lograr esto el puente debe estar balanceado, esto se logra al hacer que el galvanómetro tome una medida de 0V, esto evita que haya un paso de corriente por él, cuando esta propiedad se cumple entonces se aplica el siguiente procedimiento:

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$$

Donde I_1 es la corriente 1, R_1 es la primera resistencia, I_2 es la corriente 2 y R_2 la resistencia 2

Al realizar el paso anterior y llevar al galvanómetro a 0v entonces obtenemos que la primera corriente es igual que la tercera

$$I_1 = I_3 = E / (R_1 + R_3)$$

Así mismo la corriente 2 es igual que la 3

$$I_2 = I_4 = E / (R_2 + R_x)$$

R_x es la resistencia cuyo valor queremos encontrar (también podemos hallarla como R_4)

Al combinar las primeras 3 ecuaciones obtenemos lo siguiente

$$R_1 / (R_1 + R_3) = R_2 / (R_2 + R_x)$$

Al resolver la ecuación llegamos a

Anuncio

$$R_1 R_x = R_2 R_3$$

Como ultimo paso despejamos R_x para así conocer su valor

$$R_x = R_3 (R_2 / R_1)$$

Puente de Thompson (Kelvin).

El puente de Thompson o Kelvin realmente es una modificación del puente del Wheatstone, esta modificación se lleva a cabo para aumentar la exactitud de la medición de la resistencia que desea encontrarse. A continuación, se muestra el

circuito se muestra el circuito de puente de hilo el cual es representado por la resistencia R_y .

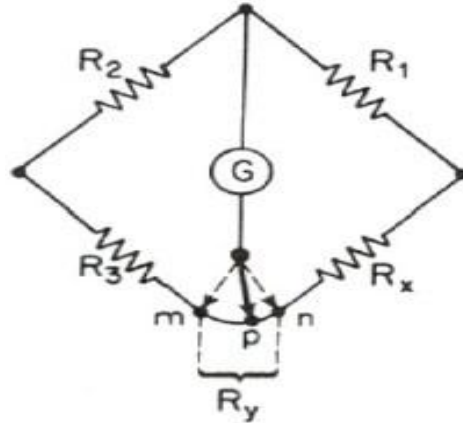


Figura 3.1.3.3 Circuito del Puente de Thomson.

R_y es la representación del alambre que se encarga de conectar a R_3 a R_x . Si se conecta el galvanómetro en el punto m del siguiente circuito, entonces por regla R_y se suma a R_x , resultando una indicación por arriba de R_x .

Cuando el galvanómetro se conecta en el punto n, entonces es R_y quien se suma a la rama de R_3 , ya que R_3 indicara mas de lo real. Por ultimo si el galvanómetro se conecta al punto p, de tal forma que la razón de la resistencia de n a p y de m a p iguale la razón de los resistores R_1 y R_2 .

Procedimiento:

Para empezar, debemos usar la ecuación que corresponde al puente, la cual es la siguiente

$$R_{np}/R_{mp} = R_1/R_2$$

Tras equilibrar la ecuación obtenemos

$$R_x + R_{np} = (R_1/R_2)(R_3 + R_{mp})$$

Ahora si sustituimos en la segunda ecuación los datos de la primera obtendremos

$$R_x + (R_1/R_1 + R_2)R_y = (R_1/R_2)[R_3 + (R_2/R_1 + R_2)R_y]$$

y por ultimo al resolverla nos da como resultado

$$R_x = (R_1/R_2)R_3$$

Mediciones con puentes de Corriente Alterna.

A diferencia de los puentes de corriente directa, los puentes de corriente alterna son capaces de medir más propiedades como por ejemplo resistencias en C.A, inductancia, capacitancia e inductancia mutua, esto se realiza con la utilización de patrones conocidos.

Para realizar un practica y el armado de un puente de corriente alterna se utilizan cuatro ramas que conforman un puente entre ellas, además se requiere de una

fuentes de corriente alterna y un medidor que sea capaz de detectar el cero como por ejemplo un amplificador de corriente alterna o un osciloscopio.

Nota: en el caso de tener bajas frecuencias se puede utilizar sin ningún problema la línea de potencia como fuente de CA, en el caso de altas frecuencias se puede utilizar un oscilador.

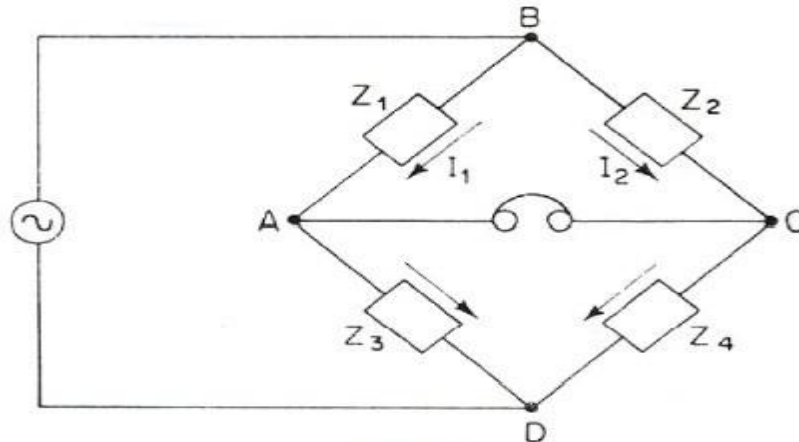


Figura 3.1.3.4 Puente de C.A.

La imagen anterior corresponde a un puente en CA, para que este se equilibre se deberá cumplir con la condición de que el detector marque 0 o la corriente sea nula.

Las condiciones de equilibrio son:

$$E_{BA} = E_{BC} \quad \text{o} \quad I_1 Z_1 = I_2 Z_2$$

Para la corriente del detector (condición de equilibrio), la corriente es:

$$I_1 = E / (Z_1 + Z_3)$$

$$I_2 = E / (Z_2 + Z_4)$$

En este punto se sustituyen las ecuaciones con lo cual obtenemos que:

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

o si queremos la ecuación en términos de admitancias obtendremos:

$$Y_1 Y_4 = Y_2 Y_3$$

Puente de Hay.

Como primera característica de este puente, se puede mencionar su utilización para la medición de inductancias. En la figura 3.1.3.5 se observa la configuración clásica del puente Hay. A primera vista este puente no difiere demasiado de su equivalente de Maxwell, salvo que en esta ocasión el capacitor C_1 se conecta en serie con la resistencia R_1 , por lo tanto para ángulos de fase grandes la resistencia R_1 debe tener un valor muy bajo. Es esta pequeña diferencia constructiva la que permite su utilización para la medición de bobinas de Q alto ($Q > 10$).

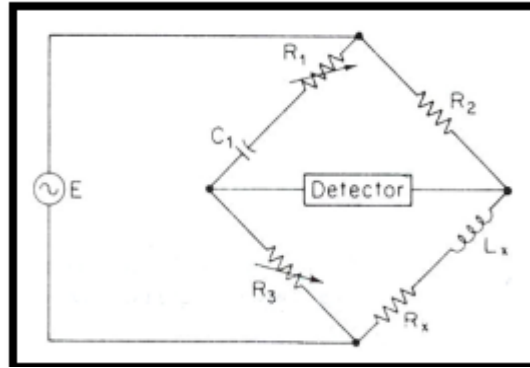


Figura 3.1.3.5 Puente de Hay.

Si se sustituyen los valores de impedancias de las ramas del puente en ecuación general de equilibrio de los puentes de CA, se obtiene:

$$Z_1 = R_1 - \frac{j}{\omega C_1} \quad Z_2 = R_2 \quad Z_3 = R_3 \quad Z_x = R_x + j\omega L_x$$

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación de equilibrio:

$$\left(R_1 - \frac{j}{\omega C_1} \right) (R_x + j\omega L_x) = R_2 R_3 \quad (7.34)$$

Si se distribuye:

$$R_1 R_x + \frac{L_x}{C_1} - \frac{j R_x}{\omega C_1} + j\omega L_x R_1 = R_2 R_3$$

Separando los términos reales de los imaginarios:

$$R_1 R_x + \frac{L_x}{C_1} = R_2 R_3 \quad (7.35)$$

$$\frac{R_x}{\omega C_1} = \omega L_x R_1 \quad (7.36)$$

Como en ambas ecuaciones (7.35) y (7.36) están presentes los términos L_x y R_x , se deben resolver simultáneamente, entonces:

$$R_x = \frac{\omega^2 C_1^2 R_1 R_2 R_3}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2} \quad (7.37)$$

$$L_x = \frac{R_2 R_3 C_1}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2} \quad (7.38)$$

Como se puede observar en las expresiones (7.37) y (7.38) tanto la inductancia como la resistencia desconocida se encuentran en función de la velocidad angular

w, por lo tanto, sería necesario conocer con exactitud la frecuencia de la fuente de voltaje.

Observando la figura 3.1.3.6:



Figura 3.1.3.6 Graficas puente de Hay.

Se deduce que:

$$\tan \theta_L = \frac{X_L}{R} = \frac{wL_x}{R_x} = Q \qquad \tan \theta_C = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{wC_1 R_1}$$

Si los ángulos de fase son iguales, sus tangentes también lo son:

$$\tan \theta_L = \tan \theta_C \Rightarrow Q = \frac{1}{wC_1 R_1} \qquad (7.39)$$

Si se reemplaza (7.39) en las igualdades (7.38), se obtiene:

$$L_x = \frac{R_2 R_3 C_1}{1 + \left(\frac{1}{Q^2} \right)} \qquad (7.40)$$

Para $Q > 10$, el término $(1/Q^2) < 1/100$, por lo tanto:

$$L_x \cong R_2 R_3 C_1 \qquad (7.41)$$

En resumen, se puede decir que para la medición de inductores con Q alto ($Q > 10$) se debe utilizar el puente Hay. En el caso de inductores de Q bajo ($Q < 10$) el método apropiado es la medición a través del puente Maxwell.

Puente de Wien

Un circuito puente de CA, en el que una rama consta de una resistencia y una capacitancia en serie, y la contigua de una resistencia y una capacitancia en paralelo, siendo las dos ramas restantes puramente resistivas. El puente indicado en la figura 3.1.3.7 se usa para medidas de capacitancias en términos de resistencias y frecuencias. En el equilibrio, se aplican las siguientes relaciones:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_4}{R_3} - \frac{R_2}{R_1} \qquad C_1 C_2 = \frac{1}{\omega^2 R_1 R_2}$$

Que dan las siguientes expresiones para C_1 y C_2 :

$$C_1^2 = \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{\omega^2 R_1^2 R_2 R_3} \qquad C_2^2 = \frac{R_3}{\omega^2 R_2 (R_1 R_4 - R_2 R_3)}$$

A continuación, se muestra un paralelo del puente de Wien y sus respectivas formulas generales.

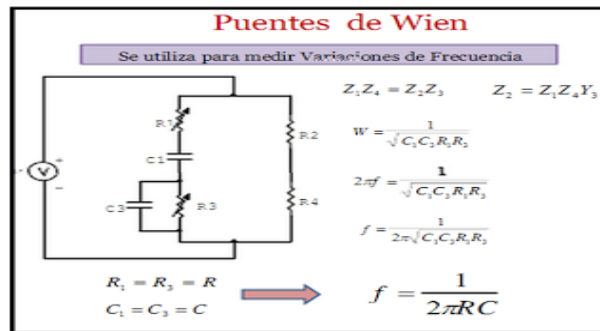


Figura 3.1.3.7 Cálculos del puente de Wien

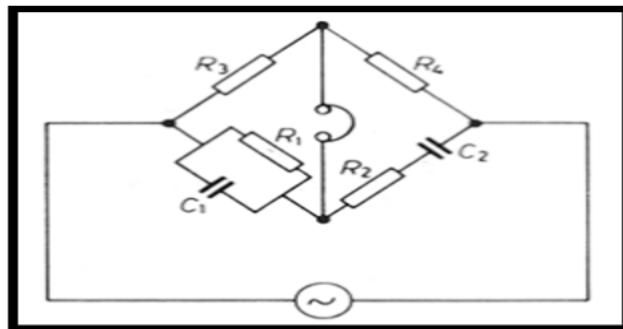


Figura 3.1.3.8 Puente de Wien

3.1.4 Prueba de dispositivos semiconductores.

Las fallas más comunes en un circuito o un proyecto son causadas por muchos motivos, pero en ocasiones solo se debe a la ruptura interna de un componente o a su mal funcionamiento, debido a esto es muy importante entender cómo funcionan los elementos que usaremos y como se les realizan pruebas para verificar su buen funcionamiento.



Figura 3.1.4.1 Dispositivos Semiconductores.

Las fallas más comunes en un circuito o un proyecto son causadas por muchos motivos, pero en ocasiones solo se debe a la ruptura interna de un componente o a su mal funcionamiento, debido a esto es muy importante entender cómo funcionan los elementos que usaremos y como se les realizan pruebas para verificar su buen funcionamiento.

Los dispositivos semiconductores pueden ser definidos como la mezcla de un conductor y un aislante, esto significa que poseen la capacidad de dejar fluir energía y al mismo tiempo oponerse a esta, estos dispositivos pueden presentarse en estado sólido y líquido.

Los dispositivos semiconductores más comunes son Diodos y los Transistores.

- Cuando se le induce una corriente eléctrica a un diodo este permite que este pase a través de él por un sentido, sin embargo no deja que esta circule por ambos sentidos, esta característica es lo que vuelve a un diodo un semiconductor.
- Un transistor es el elemento más utilizado en la electrónica en general, se puede encontrar en computadoras, electrodomésticos, proyectos de ingeniería, robótica y prototipos, un transistor puede actuar como un amplificador de señales, además de permitir el caso o el corte de corriente eléctrica a partir de una señal de mando.

Métodos para probar Diodos

El problema más común en los diodos es que estos se habrán debido a un corto circuito, puesto que estos también son utilizados como elementos de seguridad.

La forma más sencilla de probar un diodo es con la utilización de un Multímetro digital, hay varios métodos para hacerlo, pero si el multímetro cuenta con la opción de probar diodos entonces es tan fácil



Figura 3.1.4.2 Probando un diodo semiconductor.

Si tu Multímetro no cuenta con la característica de probar diodos entonces puedes usar el siguiente método para medirlo en base a su resistencia:

- Encender nuestro multímetro y colocar la perilla selectora para medir resistencia (no importa la escala)
- Colocar el cable de prueba rojo en el ánodo del diodo y el cable negro en el cátodo de este.

Con esto se logra que el multímetro le suministre una corriente continua al diodo. Cuando se conecte el diodo con las puntas de prueba como se especifica en el paso

2, se mostrará el valor de la resistencia, si este valor es bajo entonces se concluye que el diodo funciona correctamente, sin embargo si el valor de la resistencia es alto esto podría indicar que la parte interna del diodo está dañada y por tal debe ser reemplazado.

Como probar diodos

Determine si un diodo está en buen estado o no, es muy importante en el trabajo de un técnico en electrónica, pues esto le permitirá poner a funcionar correctamente un circuito electrónico. Pero no sólo son los técnicos los que necesitan saberlo. En el caso del aficionado que está implementando un circuito o revisando un proyecto, es indispensable saber en que estado se encuentran los componentes que utiliza.

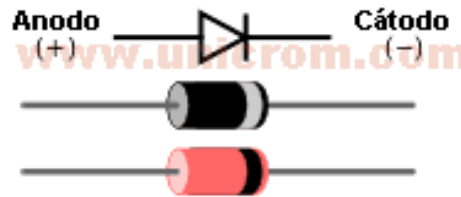


Figura 3.1.4.3 símbolo y formas físicas de Diodos.

Hoy en día existen multímetros (VOM) digitales que permiten probar con mucha facilidad un diodo, pues ya vienen con esta opción listos de fábrica. El método de prueba que se presenta aquí es el método típico de medición de un diodo con un multímetro analógico (el que tiene una aguja). Para empezar, se coloca el selector para medir resistencias (ohmios / ohms), sin importar de momento la escala. Se realizan las dos pruebas siguientes:

1 – Se coloca el cable de color rojo en el ánodo de diodo (el lado de diodo que no tiene la franja) y el cable de color negro en el cátodo (este lado tiene la franja). El propósito es que el multímetro inyecte una corriente continua en el diodo (este es el proceso que se hace cuando se miden resistores).

- – Si la resistencia que se lee es baja indica que el diodo, cuando está polarizado en directo, funciona bien y circula corriente a través de él (como debe de ser).
- – Si esta resistencia es muy alta, puede ser una indicación de que el diodo esté “abierto” y deba que ser reemplazado.

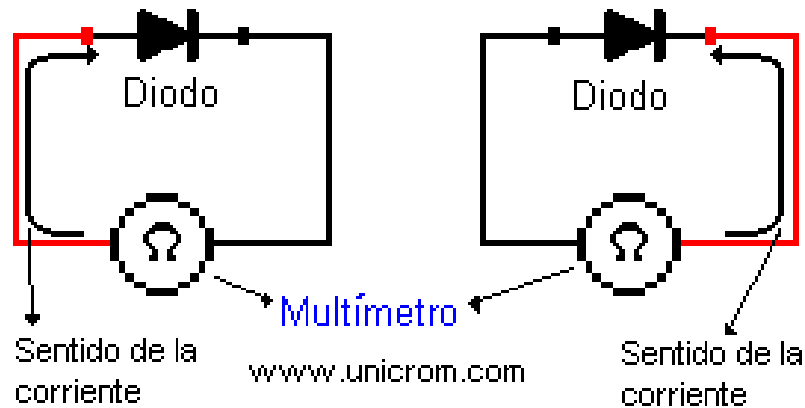


Figura 3.1.4.4 Probando un diodo.

2 – Se coloca el cable de color rojo en el cátodo y el cable negro en el ánodo del diodo. En este caso como en anterior el propósito es hacer circular corriente a través del diodo, pero ahora en sentido opuesto a la flecha de éste:

- Si la resistencia leída es muy alta, esto nos indica que el diodo se comporta como se esperaba, pues un diodo polarizado en inverso casi no conduce corriente.
- Si esta resistencia es muy baja puede ser una indicación de que el diodo está en “corto” y deba ser reemplazado.

Nota: – El cable rojo debe ir conectado al terminal del mismo color en el multímetro
– El cable negro debe ir conectado al terminal del mismo color en el multímetro (el común / common)

Como probar un transistor.

Como se mencionó al principio de este artículo, los transistores son usados básicamente para casi todos los proyectos de electrónica en general, existen varias razones por las cuales un transistor se puede dañar, por ejemplo el calor excesivo puede afectar la vida útil de un transistor, un corto circuito también puede repercutir en este, la humedad, el polvo, etc.

Los pasos para comprobar el buen estado de un transistor con un multímetro digital son los siguientes:

- Coloca la perilla selectora del multímetro en la opción de “probar diodo”. Configura sus unidades análogas a una resistencia a baja frecuencia.
- Un transistor posee 3 terminales o pines de conexión, antes de comenzar el procedimiento se debe identificar cual es la terminal base, la emisora y la colectora, esto se puede saber acudiendo al Datasheet del transistor.
- Coloca el cable rojo de tu multímetro en la terminal base. Utiliza el cable negro para tocar el terminal emisor y el colector. Busca las mismas lecturas para visualizar ambas terminales que usan el cable negro.

- Cambia el orden de los cables. Coloca el cable negro en la terminal base. Deja que tu cable rojo toque las terminales emisora y colectora. Las lecturas que verás deben ser opuestas a las del paso 3.
- Coloca ambos cables en el emisor. Luego cambia ambos cables. Estas lecturas deberían mostrar un nivel de resistencia alto. Es importante recalcar que, aunque este método es confiable en el 99% de los casos, hay algunos que por las características del diodo o el transistor, esto no se cumple.

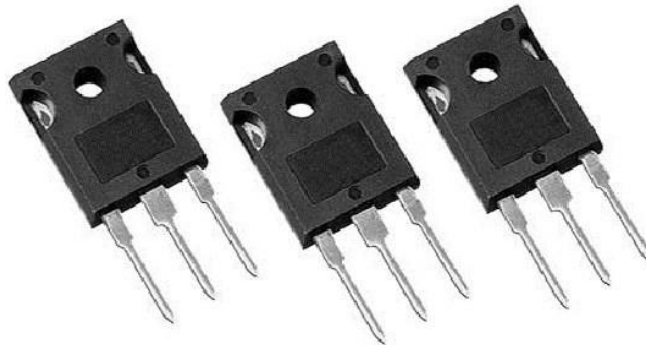


Figura 3.1.4.5 Forma física de transistores.

Para probar transistores bipolares hay que analizar un circuito equivalente de éste, en el que se puede utilizar lo aprendido al probar diodos. Ver la figura.

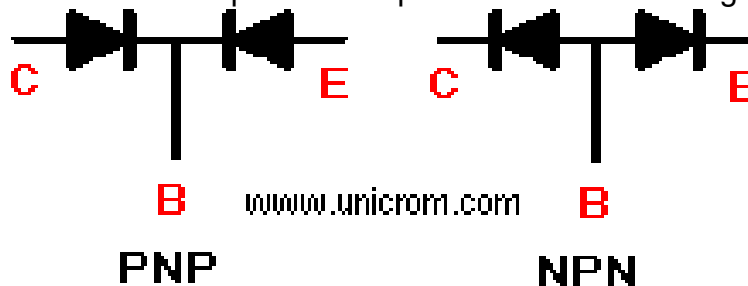


Figura 3.1.4.6 Circuitos equivalentes del Transistor.

Se ve que los circuitos equivalentes de los transistores bipolares NPN y PNP están compuestos por diodos y se sigue la misma técnica que probar diodos comunes. La prueba se realiza entre el terminal de la base (B) y el terminal E y C. Los métodos a seguir en el transistor NPN y PNP son opuestos.

Al igual que con el diodo, si uno de estos “diodos del equivalente del transistor” no funcionan como se espera hay que cambiar el transistor. Nota: Aunque este método es muy confiable (99% de los casos), hay casos en que, por las características del diodo o el transistor, esto no se cumple. Para efectos prácticos se sugiere tomarlo como confiable en un 100%.

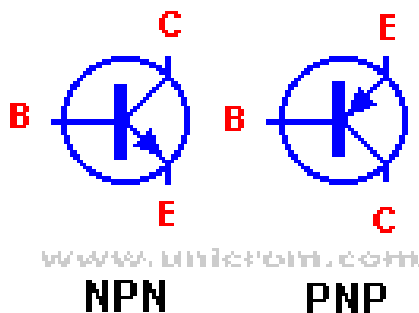


Figura 3.1.4.7 Símbolos del transistor Bipolar.

3.2 Medición de potencia y energía.

La medición de potencia y energía es muy importante ya que a partir de estas se puede establecer un rango de funcionamiento estable en un proyecto o en cualquier aplicación que involucre estas magnitudes, por tal en este artículo te daremos un breve repaso de lo que es potencia y energía, además te mostraremos como pueden ser medidas y posteriormente en futuros artículos hablaremos un poco más de estas magnitudes en Corriente directa (o continua) y alterna.

Medición: Este concepto aplicado tanto para potencia como energía se refiere a la acción de establecer un valor numérico en base a múltiples pruebas realizadas con medidores diseñados en específico para estas magnitudes, estos medidores pueden ser tanto analógicos como digitales.

Medición de la Potencia eléctrica

Hay cientos de definiciones que intentan explicar el significado de potencia y aun que todas poseen validez científica la verdad es que este significado se puede resumir en que **Potencia es la velocidad en que la energía eléctrica es consumida o desarrollada en una unidad de tiempo.**

La energía que se utiliza para realizar un trabajo se mide en Joule (J) y en base al concepto anterior la potencia se mide en **Joule/segundo** (J/Seg) y esto es equivalente a **1 Watt** (W).

Para medir o determinar la potencia eléctrica, están los métodos más convencionales los cuales son el cálculo matemático y la utilización de un medidor de potencia.

Cálculo matemático

Si lo único que se requiere es potencia y tenemos otras magnitudes entonces podemos utilizar una simple fórmula para determinar el valor de la potencia. La fórmula es la siguiente:

$$W = (V)(I)$$

En donde W es la potencia (potencia también puede ser representada con la letra P), V es el voltaje e I es la intensidad. Al realizar esta sencilla operación se puede determinar el valor de la potencia en Watt.

3.2.1 Potencia y energía en c.d.

La **Corriente continua** (CC) o también llamada **Corriente directa** (DC) se puede explicar cómo la **intensidad constante en el movimiento de las cargas**, para que una corriente pueda ser clasificada como continua primero debe cumplir con la siguiente regla: “El movimiento de las cargas debe ser constante y dicho movimiento siempre será en el mismo sentido”.



Figura 3.2.1.1 Gráfica de la corriente continua.

La forma más sencilla de explicar lo anterior es al dirigirnos al **polo positivo y negativo de una fuente de poder de corriente continua**, en dichos polos el positivo siempre será positivo y el negativo siempre será negativo, si intentamos realizar la misma comparación con una fuente de Corriente Alterna (Que veremos en el siguiente tema) como por ejemplo los tomacorrientes de una casa, nos podemos dar cuenta que si conectamos algo al tomacorrientes, el dispositivo o electrodoméstico funcionara aun si rotamos la orientación de la clavija una y otra vez.

Potencia en Corriente Continua

Cuando hablamos de corriente continua (CC) la potencia eléctrica que se desarrollada en un cierto lapso de tiempo a consecuencia de 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. Debido a esto **la potencia es proporcional a la corriente y a la tensión**. Esto se puede representar de la siguiente forma:

$$P = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = V \cdot I$$

En donde P es la potencia medida en watts, V es el voltaje medido en Volts e I es la corriente medida en Amperios. Esto hace referencia a la Ley de Ohm.

Ejemplo del cálculo de Potencia en corriente continua

Los dueños de un negocio decidieron poner un timbre para que los clientes puedan avisar que esperan el servicio en caso de que no haya nadie disponible para atenderlos, dicho timbre debe ser alimentado con una tensión de 24V y por el debe circular una intensidad de 2mA. Calcula la potencia que el timbre necesita para funcionar.

Identificación de datos:

$$P = ? \quad V = 24 \text{ V} \quad I = 2\text{mA}$$

Conversión:

En los datos podemos observar que tenemos todos los datos necesarios para resolver el problema, sin embargo, la intensidad o corriente nos la dan en miliamperios (recordemos que un miliamperio se establece como 1×10^{-3} , si poseemos una calculadora científica podemos ingresar el voltaje y la corriente tal y como están, sin embargo siempre viene bien convertir para evitar cometer errores. Para convertir únicamente **dividimos 2/1000 Amperios y obtendremos 0.002A**.

Formula y Calculo y resultado:

La fórmula para resolver el problema es $P = V \cdot I$, si sustituimos los valores obtendremos que

$$P = 24\text{V} \cdot 0.002\text{A} \quad P = 0.048 \text{ W}$$

De esta sencilla manera podemos encontrar la potencia en corriente Continua, sin embargo habrá casos en que el circuito sea mucho más complejo y la potencia solo podrá ser obtenida al encontrar datos finales, por ejemplo si nos pidieran encontrar la potencia que se consume por un grupo de leds conectados de manera mixta primero deberíamos encontrar el voltaje total del circuito y la corriente total (Posteriormente en la materia de Circuitos eléctricos se darán más detalles de estos procedimientos).

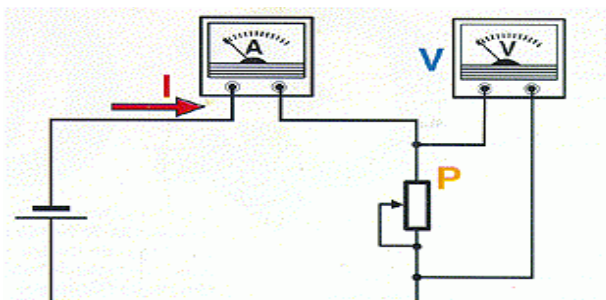


Figura 3.2.1.2 Medición de Potencia en C.C.

El Vatímetro es un medidor diseñado en específico para medir la potencia, tal y como otros medidores estos pueden encontrarse en versiones analógicas y digitales, los vatímetros modernos por lo general son capaces de determinar la

potencia en corriente directa y corriente alterna, sin embargo hay que leer las especificaciones de este para no errar en el procedimiento, además de analógicos y digitales hay algunos que solo son capaces de medir ciertas potencias o solo permiten ciertas conexiones.



Figura 3.2.1.3 Medidores de potencia.

Medición de la Energía

En esta ocasión la Energía eléctrica puede ser interpretada como la **potencia por unidad de tiempo**.

Tal y como la potencia, la energía eléctrica también puede ser encontrada en base a cálculos matemáticos.

La energía eléctrica utiliza la unidad de **Kilowatt-hora** (1 KWh), esto debido a que los watts y los segundos son unidades demasiado pequeñas para determinar la energía eléctrica.

Cálculo matemático

Para calcular la energía (E) se debe determinar la potencia en KW consumida en un hora, esto se demuestra a continuación:

$$1 \text{ KWh} = (1 \text{ KW}) (1 \text{ H})$$

Este cálculo es muy simple, pero a continuación te dejamos un video para que puedas ver un poco más desarrollado el procedimiento:

3.2.2 Potencia y energía en c.a.

A diferencia de la corriente directa, la corriente alterna puede ser encontrada en el tomacorriente de cualquier casa, esto se debe a que este de corriente tiene la capacidad de ser transformada y amplificada una y otra vez, además el flujo de las cargas pueden cambiar de sentido.

Potencia en Corriente Alterna.

Para encontrar la potencia total (por así llamarla) en corriente alterna primero se debe considerar a la **Potencia activa**, **Potencia reactiva** y **Potencia aparente**,

cada una de estas potencias explican los diferentes fenómenos que suceden en un circuito y si no se tienen en cuenta esto podría traducirse

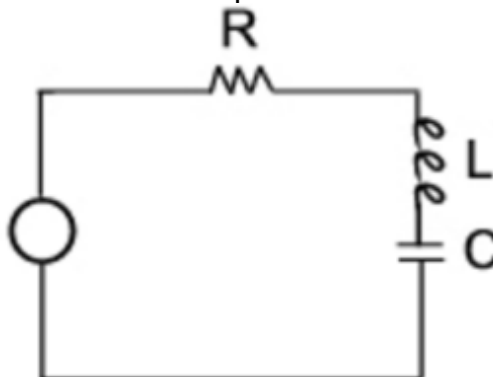


Figura 3.2.2.1 Diagrama de un circuito LCR.

en un mal cálculo de la potencia, por ejemplo, en el caso de un circuito que está formado por una fuente de corriente alterna, un capacitor, un inductor y un resistor tal y como se ve en la imagen de la derecha, se pueden presentar ciertos desfases debido a la carga y descarga del capacitor o en el caso del inductor con su autoinducción.

La fuente debe poder entregar más potencia para compensar los campos creados por los elementos que forman el circuito y si bien una parte de la potencia es utilizada para crear dichos campos estos realmente no consumen esa potencia ya que al final es devuelta al circuito, debido a estos cambios y variaciones se deben analizar las diversas potencias que se pueden encontrar en la corriente alterna.

Potencia activa

La Potencia activa básicamente es la que el circuito utiliza para funcionar y hacer funcionar los elementos que en este se conecten, ejemplos de esto podría ser la liberación de calor provocado por el funcionamiento de las resistencias o la activación de elementos conectados al circuito como por ejemplo un Motor.

En resumidas cuentas la potencia Activa es capaz de convertir la energía eléctrica en trabajo, lo cual se traduce en la conversión a energías Mecánicas, Caloríficas, Etc. La fórmula con la que se representa a esta potencia es la siguiente: **$P_{act} = I_{ef}^2 R$**

Potencia reactiva

Esta potencia es la que se necesita para crear campos eléctricos y magnéticos. Esta potencia a diferencia de la Activa es devuelta al circuito y continua presente en el. La fórmula utilizada para su cálculo es: **$P_{react} = I_{ef}^2 (X_L - X_C)$**

Potencia aparente

A la potencia aparente también se le conoce como **Potencia total** y es que esta es la suma geométrica entre la potencia activa y la potencia reactiva, a pesar de que la suma de ambas potencias puede dar como resultado a la potencia aparente, lo

real es que su resultado también puede variar dependiendo del ángulo de desfase. La fórmula para encontrarla y su gráfico se puede apreciar a continuación:

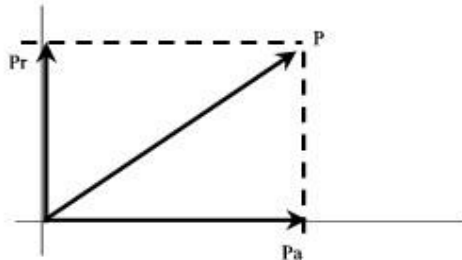


Figura 3.2.2.2 Grafica de la Potencia total.

La potencia aparente es la que suministra una planta eléctrica cuando dicha planta está funcionando sin ningún tipo de carga conectada, mientras tanto la potencia que es consumida por las cargas conectados a un circuito eléctrico es considerada potencia activa.

Energía eléctrica en C.A.

Para empezar podemos partir de la definición técnica de la energía, que podría definirse como la capacidad para poder realizar un trabajo. Así, hablamos de energía eólica cuando nos referimos a la energía contenida en una corriente de aire, y que es capaz de soplar la vela de un barco o de mover las aspas de un aerogenerador.

La unidad de medida básica de la energía es el Julio, que equivale a 0,24 calorías, siendo una caloría la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado la temperatura de un gramo de agua. Para expresar múltiplos de estas unidades se utilizan los prefijos **Kilo** (K), que equivale a 1000 unidades; **Mega** (M), que equivale a 1.000.000 de unidades y **Giga** (G), que equivale a 1.000.000.000 de unidades. Así un kilovatio son 1.000 vatios y una gigacaloría son 1.000.000.000 calorías. Por otra parte, y esto nos será muy útil cuando hablemos de energía eléctrica, un Julio también equivale a un vatio por segundo, como veremos más adelante.

Medición de la Energía eléctrica con un Medidor.

Estos medidores pueden ser encontrados en cualquier casa común, ya que son colocados por la CFE para determinar la energía consumida bimestralmente, hay 3 tipos de medidores, el de **tambor**, el de **agujas** y el **digital** (que se está implementando hace apenas unos años).



Figura 3.2.2.3 Tipos de medidores de Energía.

Los medidores de tambor (el más común) consta de una círculo disco en forma de círculo el cual da vueltas sobre su propio eje, en base a las vueltas dadas en una hora se puede determinar la energía consumida en dicha hora (los medidores de tambor no dan la medición de energía exacta, si no que esta debe ser calculada), estos medidores están volviéndose obsoletos debido a que son fácilmente manipulables y un simple arreglo puede volver más lento el giro del disco (estos arreglos son ilegales).

Debido a esto su medición depende del cálculo que se realice y que el medidor no haya sido alterado. Por esto se ha comenzado a implementar medidores digitales los cuales son inalterables ya que son capaces de guardar un registro completo de la energía consumida y algunos incluso pueden transmitir la información de manera inalámbrica.



Figura 3.2.2.4 Medidor Electrónico de Energía.

Las partes que componen un medidor de barril son las que se pueden ver en la siguiente ilustración:

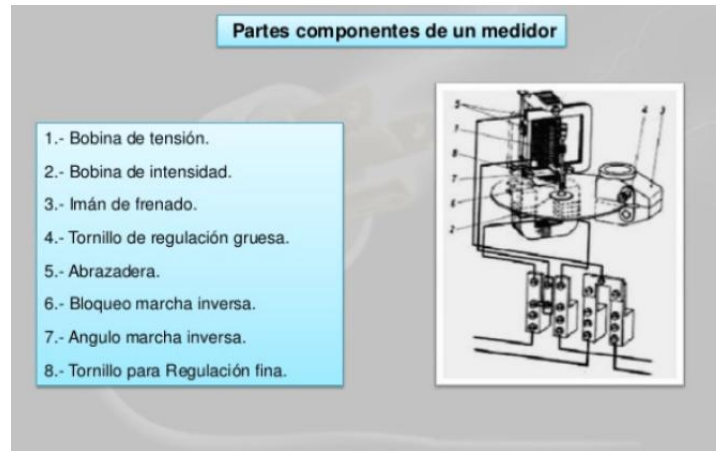


Figura 3.2.2.5 Partes de un medidor de barril.

3.3 Efectos de carga de los instrumentos en las mediciones.

El **efecto de carga** es también conocido como “regulación”, sin embargo este es un error que puede ocurrir en casi cualquier medición eléctrica, esto se debe a que cuando se realiza una medición con un instrumento este tiende a extraer una pequeña o gran cantidad de energía (dependiendo de las características del instrumento de medición) del circuito que se esté midiendo.

Dichos instrumentos poseen el llamado efecto de carga debido a los componentes internos que los componen, este efecto también puede verse influenciado por los componentes externos que conforman el circuito a medir, un ejemplo de esto son las **impedancias internas de los equipos electrónicos**, así como una resistencia en paralelo cuando se mide con un voltímetro.

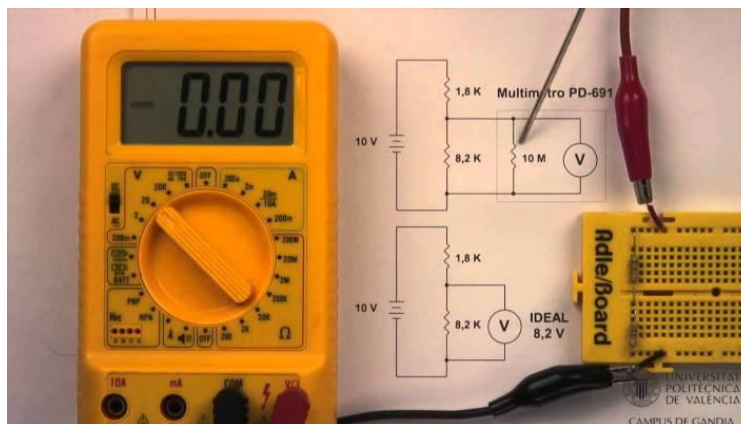


Figura 3.3.1 Efectos de carga de los instrumentos en las mediciones.

En los instrumentos de medición de alta gama por lo general este error es regulado automáticamente, en el caso de los medidores convencionales el error podría ser muy pequeño (dependiendo de sus características) por lo cual no es muy común hablar del **error en el efecto de carga**, sin embargo, este error puede calcularse y

el cálculo de este puede determinar cuáles son las mediciones correctas para así comparar que tan **preciso y exacto** es instrumento de medición.

Ejemplo:

En el siguiente circuito podremos observar como un instrumento de medición afecta la carga en las medidas de dicho circuito, para esto hay que considerar que la impedancia interna del dispositivo es de $1\text{ M}\Omega$.

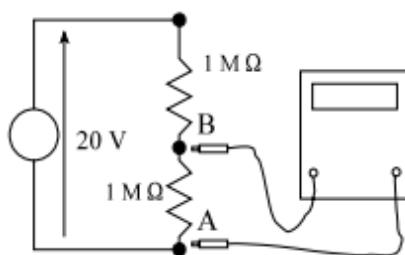


Figura 3.3.2 Error de carga ejemplo 1

En la figura 1 podemos apreciar un circuito en el cual la tensión real entre el punto A y el punto B es de 10 Volts, sin embargo, al realizar la medición el instrumento solo nos muestra 6.6 Volts, esta medición errónea es debido al error en el efecto de carga.

Para determinar cuál es el error simplemente se realiza el siguiente cálculo

$$\text{Error} = \frac{6.6 - 10}{10} \times 100 = 34\%$$

Un error del 34% puede desembocar en un daño completo en el circuito si es que intentamos asignarle 10 Volts sin tomar en cuenta la energía que se perdió al realizar la medición. Como ya se dijo en este artículo por lo general este error no suele ser tan elevado, sin embargo, si se planea elaborar un proyecto enfocado a la precisión siempre se debe tener en cuenta cualquier tipo de error.

Efecto de carga en medida de tensiones

Un **voltímetro** es un instrumento destinado a medir la diferencia de potencial (d.d.p.) entre dos puntos de un circuito, tal como se indica esquemáticamente en la figura 1. Observemos que el voltímetro se conecta en paralelo. Los voltímetros se suelen construir utilizando un microamperímetro (o galvanómetro) como aparato base al que se añade en serie una resistencia.

Esta resistencia, junto a las características del aparato base, define el margen de medida del voltímetro. Los voltímetros usuales disponen de varias escalas, lo que significa que el fabricante ha montado en su interior las resistencias adecuadas para cada una de ellas. Desde el punto de vista de una red eléctrica, el circuito equivalente de un voltímetro es su resistencia interna, r_V . Un **voltímetro ideal** sería aquel cuya conexión a cualquier red eléctrica no produjera modificación alguna de

las corrientes y potenciales existentes en la misma. De esta forma la diferencia de potencial medida correspondería efectivamente a la existente antes de la conexión. El voltímetro ideal presentaría una resistencia interna infinita. Sin embargo, los voltímetros reales presentan una resistencia interna finita y ello supone que una cierta corriente se desvíe por el aparato al conectarlo a un circuito dado, modificando las corrientes y potenciales preexistentes en el circuito. Este hecho se conoce como **efecto de carga del voltímetro**, y justifica la importancia de conocer las características del aparato que en su momento se utilice, y saber deducir de las mismas si su efecto de carga es o no despreciable.

Si el efecto de carga es despreciable, entonces podremos hacer uso del voltímetro como si se tratara de un voltímetro ideal, situación deseable desde el punto de vista práctico. Si por el contrario el efecto de carga no es despreciable, entonces todavía se puede hacer uso del voltímetro, pero teniendo presente que la diferencia de potencial medida es distinta de la preexistente antes de conectar el aparato, la cual puede calcularse en algunos casos a partir de la medida.

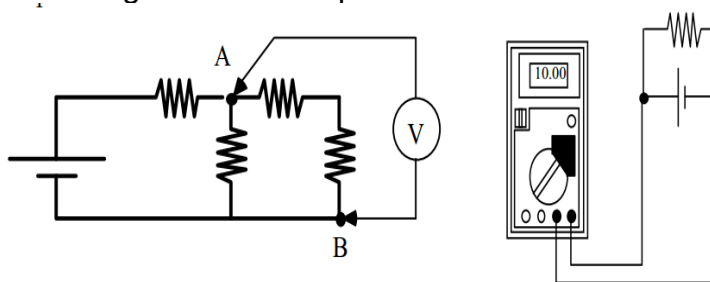


Figura 3.3.3 Efecto de carga del Voltímetro.

Un **amperímetro** es un instrumento destinado a medir la intensidad de la corriente eléctrica que recorre una rama dada de un circuito. Los amperímetros usuales requieren para ello interrumpir la rama en un punto e intercalar el aparato, de modo que la corriente a medir circule por el interior del mismo (figura 2): los amperímetros se conectan en serie. Los amperímetros analógicos se suelen construir utilizando un micro amperímetro como aparato base al que se conecta una resistencia en paralelo. Esta resistencia, junto a las características del aparato base, define el margen de medida del amperímetro. Los amperímetros usuales disponen de varias escalas, que el fabricante define montando en el interior del aparato las resistencias adecuadas para cada una de ellas. Desde el punto de vista de la red eléctrica en la que se utiliza el aparato, el circuito equivalente de un amperímetro es su resistencia interna, r_A . Un **amperímetro ideal** no modificaría las corrientes y potenciales de un circuito al conectarlo al mismo. De esta forma la corriente medida sería efectivamente la existente antes de conectar el aparato. El amperímetro ideal presentaría una resistencia interna nula.

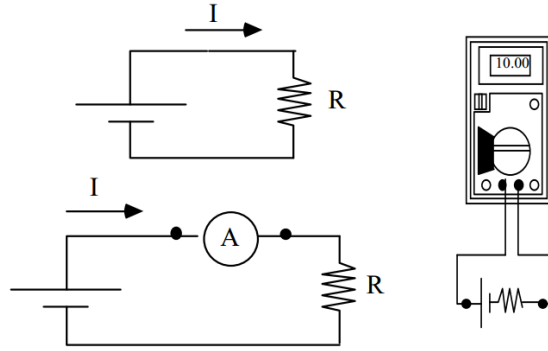


Figura 3.3.4 Efecto de carga del Amperímetro.

Sin embargo, los amperímetros reales presentan una resistencia no nula, y ello supone que al conectarlo se modifican las corrientes y potenciales del circuito. Este hecho se conoce como **efecto de carga del amperímetro**, y justifica la importancia de conocer las características del aparato que en su momento se utiliza, y saber deducir de las mismas si su efecto de carga es o no es despreciable. Si el efecto de carga es despreciable, entonces podremos hacer uso del amperímetro como si se tratara de un aparato ideal, situación deseable desde el punto de vista práctico. Si por el contrario el efecto de carga no es despreciable, entonces todavía se puede hacer uso del amperímetro, pero teniendo en cuenta que la corriente medida es distinta de la preexistente antes de conectar el aparato, la cual puede calcularse en algunos casos a partir de la medida. De manera similar al voltímetro, el efecto de carga de un amperímetro al medir la corriente que pasa por una rama de un circuito se define como:

$$\varepsilon_r(\%) = \frac{I - I'}{I} \times 100$$

Siendo I' la corriente que circula cuando se añade el aparato.

3.3.1 Impedancia de los instrumentos de medición.

La **impedancia** es una magnitud que lleva al límite el término que conocemos de la resistencia, ya que por definición: La impedancia se presenta en dispositivos o circuitos cuya principal característica es la de **oponerse totalmente al paso de corriente alterna en una determinada frecuencia**.

La impedancia es conocida en los cálculos matemáticos de circuitos con la letra “Z”, además esta puede ser representada como un número complejo y se puede representar gráficamente en un plano vectorial.

Un vector impedancia consta de la parte real (resistencia, R) y la parte imaginaria (reactancia, X). La impedancia se puede expresar utilizando las coordenadas rectangulares en la forma $R + jX$, o en la forma polar como una magnitud y ángulo de fase: $|Z| \angle \phi$.

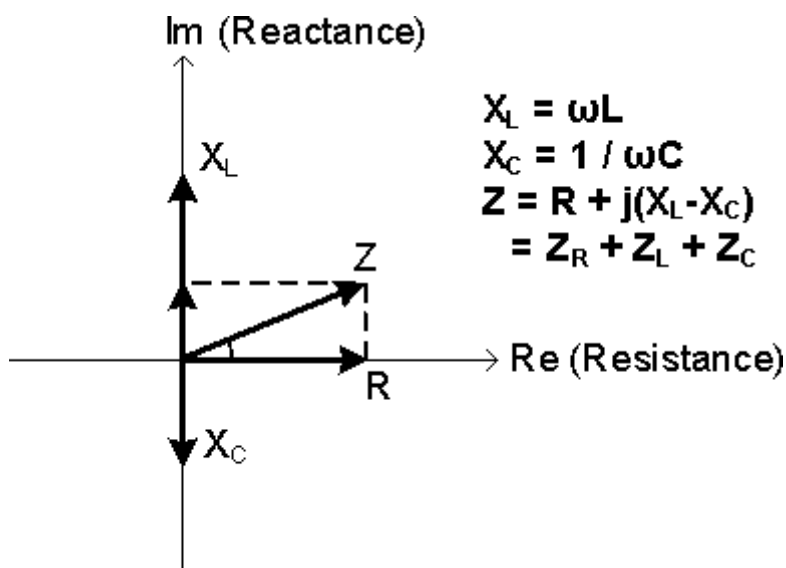


Figura 3.3.1.1 Vector de la Impedancia.

Existen varios métodos para medir o calcular la impedancia, sin embargo cada método tiene sus pros y contras, algunos de estos pueden ser: *Los medidores de impedancia* (Multímetros), el **analizador de impedancia** y los **medidores LCR**. El **Medidor de impedancia** es uno de los más conocidos y utilizados hasta la fecha, este posee la capacidad de entrega una lectura precisa y específica a la frecuencia. Sin embargo, este medidor no es muy eficaz si el circuito que se está midiendo no son un inductor (L), capacitor (C) o resistencia (R) puros, si alguno de los componentes mencionados no es puros el medidor se vuelve inadecuado para determinar su función.

Si este caso se llegara a dar, entonces se utiliza un **analizador de impedancia**, con este se puede medir y representar de manera gráfica la impedancia compleja del circuito o dispositivo que se esté examinando sobre un rango de frecuencias. El único problema de utilizar un analizador de impedancia es que el precio de estos dispositivos por lo general es muy elevado, esto da pie a que algunas personas deban utilizar **medidores LCR**, los cuales combinan el análisis de la impedancia con la instrumentación visual, estos medidores son mucho más baratos que los analizadores de impedancia. Los medidores LCR más comunes son: El LCR 3522 y el Tegram3550.



Figura 3.3.1.2 Medidor de impedancia LCR 3522.



Figura 3.3.1.3 Medidor de impedancia LCR 3550.

3.3.2 Sondas o puntas de prueba.

Seleccionar la sonda adecuada para su aplicación supone el primer paso para obtener medidas fiables con un osciloscopio. La oferta disponible en sondas de osciloscopios es amplia y variada; no obstante, pueden clasificarse en dos categorías principales: sondas pasivas y sondas activas. Existe una simple diferencia entre estos dos tipos: las sondas activas necesitan alimentación externa para activar los componentes activos de la sonda tales como transistores y amplificadores. Además, ofrecen una capacidad de ancho de banda superior al de las sondas pasivas, las cuales no necesitan alimentación externa. Cada categoría abarca numerosos tipos de sondas distintas y cada una posee una característica particularmente destacada.

Las puntas de prueba o también llamadas Sondas, son utilizadas en la toma de datos de circuitos eléctricos, la principal diferencia entre estas sondas y los medidores convencionales como el Multímetro, tiene que ver con el **Efecto de carga** (tema visto en un artículo pasado), este efecto es capaz de provocar un error en la medición debido a la carga que toman los medidores al realizar dicha medición en el circuito.

Las **Sondas o puntas de prueba** también poseen este error, sin embargo estas han sido diseñadas y construidas para que el efecto de carga no sea un factor de relevancia a la hora de tomar las mediciones del circuito, esto se logra gracias a que algunas sondas poseen un atenuador pasivo, generalmente de x10.

Las sondas o puntas de pruebas más conocidas son las que se utilizan en la toma de medidas con el **osciloscopio**, si bien estas sondas son utilizadas para un uso general en los circuitos, también existen otras que han sido desarrolladas para darles un uso específico, tal es el caso de las sondas de corriente o las activas.

Sondas pasivas

En la mayoría de casos, las sondas pasivas poseen un factor de atenuación de x10 ó x100. Debido a un convenio entre laboratorios se añade la letra X adelante para caracterizar el factor de atenuación. En contraste los factores de amplificación aparecen con el signo x detrás (10x ó 100x). **La sonda más común es la x10, esta posee la característica de reducir la amplitud de la señal en un factor de 10.**

Su utilización es recomendada a partir de la frecuencia de 5 KHz o superior y con niveles de señal superiores a 10 mV. La sonda x1 es similar a la anterior pero introduce más carga en el circuito de prueba, pero puede medir señales con menor nivel. Por comodidad de uso se han introducido sondas especiales con un conmutador que permite una utilización x1 ó x10. Cuando se utilicen este tipo de sondas hay que asegurarse de la posición de este conmutador antes de realizar una medida.

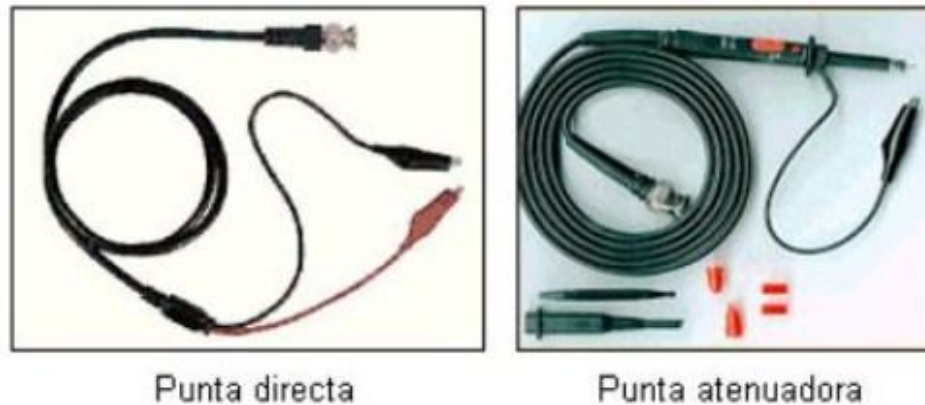


Figura 3.3.2.1 Tipos de Sondas.

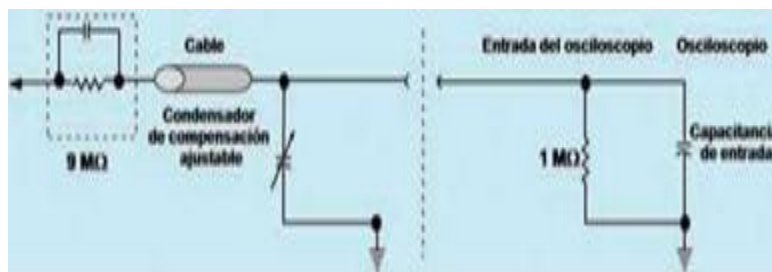


Figura 3.3.2.2 Diagrama eléctrico de una sonda.

Sondas activas

Están sondas se caracterizan por proporcionar una amplificación que se da antes de aplicar la señal a la entrada del osciloscopio que se esté utilizando. **Por lo general las sondas activas son utilizadas cuando el circuito a medir posee una potencia de salida muy baja.**

La principal diferencia entre las sondas activas y las pasivas, es que las activas requieren de una fuente externa para poder funcionar. Si cuenta con un osciloscopio con más de 500 MHz de ancho de banda, debería utilizar sondas activas y lo más probable es que ya las esté utilizando.

A pesar de su elevado precio, las sondas activas son la herramienta idónea en aquellas situaciones en las que se necesita un rendimiento de ancho de banda elevado. Por regla general, son más caras que las sondas pasivas y su tensión de

entrada suele estar limitada. No obstante, gracias a su reducidísima carga capacitiva, le proporcionan datos más precisos a la hora de analizar señales rápidas.

Por definición, las sondas activas necesitan alimentación. Numerosas sondas activas modernas utilizan interfaces de sondas inteligentes que proporcionan alimentación y actúan como enlaces de comunicaciones entre sondas compatibles y el osciloscopio.

La interfaz de la sonda suele identificar el tipo de sonda que tiene conectado y establece, según sea necesario, los valores correctos de impedancia de entrada, relación de atenuación, alimentación de sonda y rango de desviación.

Consideraciones sobre el ancho de banda.

El ancho de banda de las sondas activas es superior al de las sondas pasivas, lo cual supone una gran ventaja. Un aspecto que los usuarios de sondas suelen pasar por alto es el aspecto de la conexión con el objetivo conocido como “ancho de banda de conexión”. Aunque una determinada sonda activa posea una especificación de ancho de banda impresionante, es posible que el rendimiento especificado anunciado se haya obtenido en unas condiciones idóneas para efectuar mediciones con este tipo de sonda. En una situación real de mediciones con sondas, en la que podría incluirse la utilización de accesorios para sondas conectados a las puntas de estas, el rendimiento de la sonda activa puede ser bastante inferior al rendimiento especificado anunciado. El rendimiento de un sistema de sondas activas en una situación real depende fundamentalmente del sistema de “conexiones”. Los componentes parásitos situados a la izquierda del punto marcado como V_{Atn} .

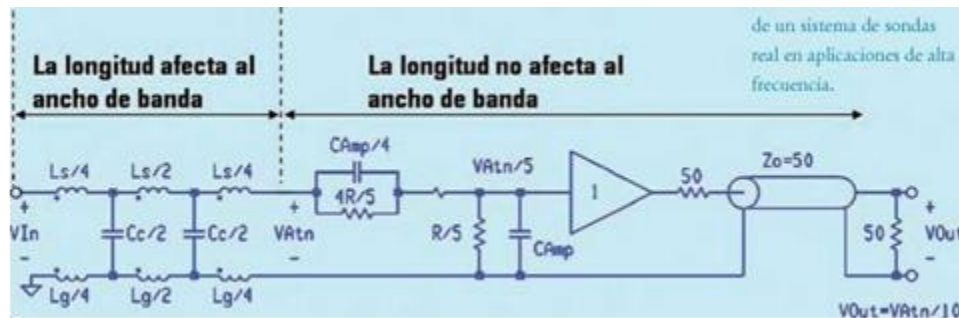


Figura 3.3.2.3. Componentes parásitos.

Los componentes parásitos situados a la izquierda del punto marcado como V_{Atn} suponen unos factores clave a la hora de determinar el rendimiento.

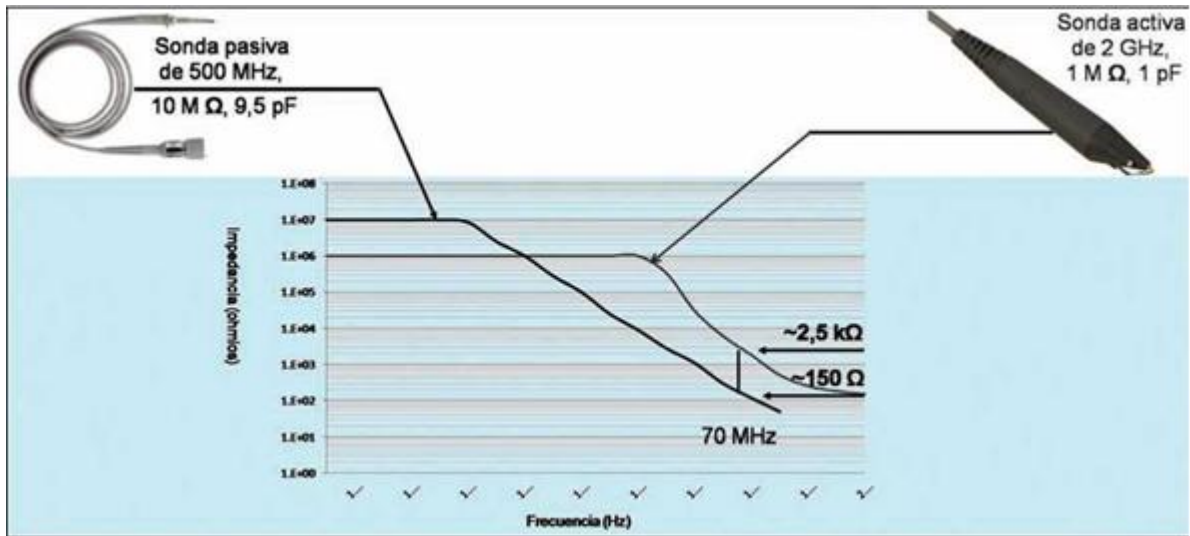


Figura 3.3.2.4 Grafica de respuesta en frecuencia de las sondas.

TEMA 4.- Instrumentos especiales y virtuales.

4.1 Analizador de estados lógicos.

A partir de los años 60 la tecnología comenzó su despegue en el mundo y desde entonces sus avances no dejan de sorprendernos, por ejemplo cuando apareció el primer **microprocesador** se fundaron muchas empresas reconocidas actualmente, que buscaban llevar al límite dicho microprocesador, esto trajo como consecuencia que los sistemas con buses fueran cada vez más comunes y por consiguiente los **analizadores de estados lógicos** aparecieron en la ecuación.

Estados lógicos

Para algunos la electrónica Digital llegó a revolucionar el mundo de la tecnología ya que a diferencia de la electrónica analógica, la digital solo posee 2 estados lógicos de relevancia, los cuales son el estado "0" (conocido también como nivel lógico bajo) y el estado "1" (Nivel lógico Alto), esto se puede apreciar en la siguiente tabla:

Nivel de tensión	TTL	CMOS	HC
Bajo (0)	0V - 0.8V	0V - 1.5V	0V - 1V
Alto (1)	2V - 5V	3.5V - 5V	3.5V - 5V

Figura 4.1.1 Niveles lógicos 0 y 1

Estos estados son lo que rigen a la electrónica moderna y si bien existen otras lógicas que aceptan otros valores, como la lógica borrosa, en la que se aceptan estados intermedios con probabilidades asociadas, estas son mucho más complejas y solo son utilizados en proyectos que requieran una precisión exacta.

Analizador de estados lógicos

Un **analizador lógico** o de **estados lógicos** es un instrumento de medición y análisis cuya principal característica es la de **permitir al observador comparar señales en múltiples canales**, esta característica también lo diferencia de los ya tan conocidos osciloscopios, los cuales no pueden registrar diversas señales en múltiples canales.



Figura 4.1.1.1 Analizador de estados lógicos.

Composición de un analizador lógico

El proceso que con lleva utilizar un analizador lógico puede describirse en 4 puntos importantes, los cuales son:

- **Adquisición de datos:** La forma correcta de capturar los datos desde un analizador lógico es conectando una punta lógica apropiada en el bus de datos a medir, esta punta o también llamada **Sonda**, debe ser la adecuada para evitar los errores por **efecto de carga**.
- **Almacenamiento de datos:** Una de las tantas ventajas que posee un analizador lógico es que puede guardar en su memoria una gran cantidad de datos, esto con el objetivo de que la medición o análisis no se vayan a ver afectados por los **rebotes** o "**glitches**" (los cuales son errores muy comunes cuando se miden señales en múltiples canales)
- **Control de funciones:** Dependiendo de la señal que se quiera analizar algunos analizadores lógicos poseen varias funciones para dar prioridad a diversas señales.
- **Presentación de datos:** La presentación de datos puede ser obtenida a través de la pantalla del analizador lógico, sin embargo, los instrumentos modernos pueden presentar una bitácora de datos con la ayuda de un software que comunica al analizador y a una computadora.

En la siguiente imagen se puede apreciar como se ve una medición realizada con un analizador de estados lógicos (en este caso el analizador es conectado a una computadora y a partir de software se pueden visualizar los datos de la medición):

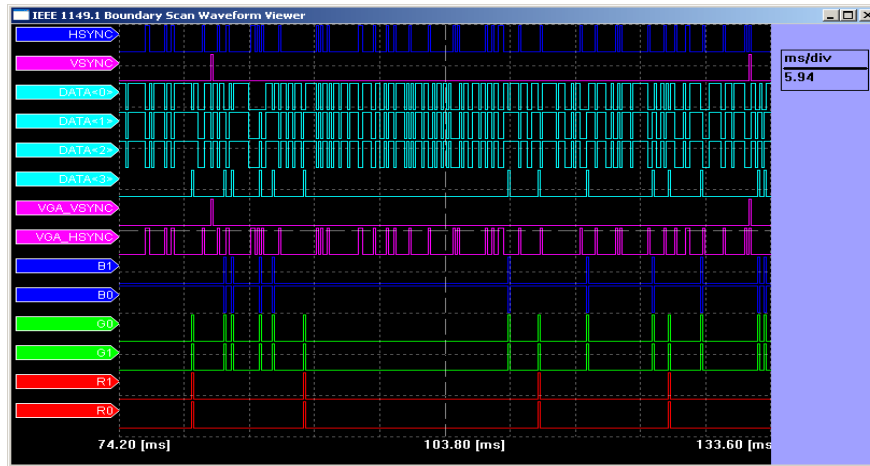


Figura 4.1.1.2 Visualización de un Analizador de estados lógicos.

El uso principal que se le da a un analizador lógico es el de detectar errores en diversos circuitos o prototipos comerciales, esto con el fin de evitar que un error pueda propagarse a toda la línea de producción, el analizador comprueba las entradas del prototipo y analiza el comportamiento de sus salidas.

Composición de un analizador lógico

Un analizador puede dividirse en cuatro bloques:

1. Adquisición de datos
2. Almacenamiento de datos
3. Control de funciones
4. Presentación de datos

Para la adquisición de datos se emplean, fundamentalmente, dos tipos de proceso: uno el síncrono y el otro el asíncrono, aunque para algunos casos determinados se utilizan otros medios conocidos bajo el nombre de almacenamiento, o "**latch**", y entrelazado.

El módulo de control tiene como misión principal la de disparo del sistema de adquisición de datos en el instante oportuno. El procesamiento que se emplea más habitualmente es el de identificación de una palabra determinada de información donde se comparan los datos recogidos por el analizador con una palabra de 16 bits escogida anteriormente por el usuario. En el instante en que se coinciden se produce el disparo.

El bloque encargado de la presentación en pantalla de los datos almacena estos, en primer lugar, en la memoria para, seguidamente, llevar a cabo la operación de visualización, existiendo dos posibilidades distintas:

1. Tabla de estados lógicos
2. Diagrama de tiempos

Controles de un analizador lógico

Cualquier analizador lógico que incorpora un microprocesador consta de cuatro funciones básicas que se controlan con las distintas teclas que incorporan dichos instrumentos. Estas son: la adquisición de datos, el almacenamiento de datos, la sección de control y la presentación en pantalla. Podemos destacar en la adquisición de datos que estos se reciben en paralelo.

Formato de visualización de datos

Cuando en nuestro analizador lógico pretendemos visualizar datos, comparando el estado de varias señales en un mismo instante, la representación de cada uno de ellos se puede realizar en diversos formatos tales como: **binario, hexadecimal, decimal, octal, ASCII**, etc. En el teclado de control de funciones del analizador lógico hay un número determinado de pulsadores que nos permitirá seleccionar dicho formato.

Adquisición de datos

Este método se utiliza básicamente para la representación de las formas de onda o diagramas de tiempos. La frecuencia a la que el analizador lógico forma los datos está determinada por el oscilador interno del reloj del instrumento de medida. El valor de frecuencia se hace importante cuando se desea capturar fenómenos transitorios o ruidos que causen alteraciones en el equipo.

Adquisición de datos sincrónicos

Se utiliza normalmente para efectuar el análisis de estados lógicos, representándose en sistema binario, octal o hexadecimal. En este caso, la secuencia de la adquisición de datos del analizador depende de la frecuencia de reloj del equipo de vamos a probar.

Dependiendo de las características del analizador, podremos tomar simultáneamente dos o más frecuencias diferentes. Se utiliza básicamente en sistemas con bus, donde es absolutamente necesario encontrar una señal que indique cuando son válidos, en el bus, los datos, direcciones y líneas de control.

Adquisición de datos mediante almacenamiento

Uno de los principales motivos de error en el diseño de circuitos digitales es la aparición de rebotes o "**glitches**". Hay pulsos estrechos, creados frecuentemente por influencia entre líneas de señal, que son más rápidos que la velocidad de muestreo. Para asegurar que estos picos de corta duración que causan bastantes problemas son también almacenados en la memoria del analizador se utiliza el modo conocido con el nombre de "latch".

Adquisición de datos entrelazado.

En los casos en que la velocidad máxima estándar asincrónica no es lo suficientemente "asincrónica", hay un método llamado entrelazado para duplicar la velocidad y ampliar la memoria de, normalmente, 16 canales del analizador. Podemos ver que las memorias A+B y C+D trabajan en paralelo para el dato de entrada y el reloj de registro de memoria se conmuta de un bloque a otro, una vez que una palabra de 16 bits ha sido grabada en una de las dos memorias.

4.2 Analizador de espectros.

Un **Analizador de espectros** es un instrumento de medición utilizado con regularidad por los laboratorios para realizar diversos análisis espectrales, los cuales ayudan a descubrir problemas que por lo general un osciloscopio no sería capaz de detectar. **La principal característica de un analizador de espectros** es que este permite analizar señales de cualquier tipo (siempre y cuando sean eléctricas), un ejemplo de esto pueden ser las señales acústicas u ópticas en dominio de la frecuencia. **Lo que hace diferente a un analizador de espectros y a un osciloscopio** es que el analizador permite obtener información de la señal que prácticamente no debería poder obtenerse en el dominio del tiempo.

La palabra analizar o analizador se refiere a tomar algo complejo (una señal) y descomponerlo hasta lograr obtener varias partes simples. A diferencia de un Osciloscopio, un Analizador de espectros es capaz de modelar la luz, el sonido e incluso las ondas de radio, las cuales pueden estar en superposición a diferentes frecuencias, a esto se le conoce como **análisis espectral**.

El análisis espectral está ligado Matemáticamente con la llamada **transformada de Fourier**. El análisis que se realiza puede llevarse a cabo con pequeños intervalos de tiempo, e incluso en algunas limitadas ocasiones puede ser utilizado para intervalos largos, además de lo ya mencionado también se puede realizar el análisis espectral de una función determinada.

Lo que hace indicada a la transformada de Fourier para ser utilizada en el análisis espectral es que esta da la posibilidad de realizar una **descomposición espectral de los formantes de una onda o señal oscilatoria y además gracias al espectro generado por el análisis de Fourier también se puede reconstruir o sintetizar la función original mediante la transformada inversa**. Para poder

hacer eso, la transformada no solamente contiene información sobre la intensidad de determina frecuencia, sino también su fase. Esta información se puede representar como un vector bidimensional o como un número complejo. En las representaciones gráficas, frecuentemente sólo se representa el módulo al cuadrado de ese número, y el gráfico resultante se conoce como espectro de potencia o densidad espectral de potencia.



Figura 4.2.1 Analizador de espectros.

Tipos de Analizadores de espectros

Analizador analógico de espectro, es un equipo electrónico que muestra la composición del espectro de ondas eléctricas, acústicas, ópticas, de radiofrecuencia, etc. Contrario a un osciloscopio un Analizador de Espectros muestra las ondas en el dominio de frecuencia en vez del dominio de tiempo. Puede ser considerado un voltímetro de frecuencia selectiva, que responde a picos calibrados en valores RMS de la onda. Los analizadores analógicos utilizan un filtro pasa banda de frecuencia variable cuya frecuencia central se afina automáticamente dentro de una gama de fija. También se puede emplear un banco de filtros o un receptor superheterodino donde el oscilador local barre una gama de frecuencias. Algunos otros analizadores como los Tektronix (de la serie RSA) utilizan un híbrido entre analógico y digital al que llaman **analizador de Espectros en tiempo real**. Las señales son convertidas a una frecuencia más baja para ser trabajadas con técnicas FFT o transformada rápida de Fourier.

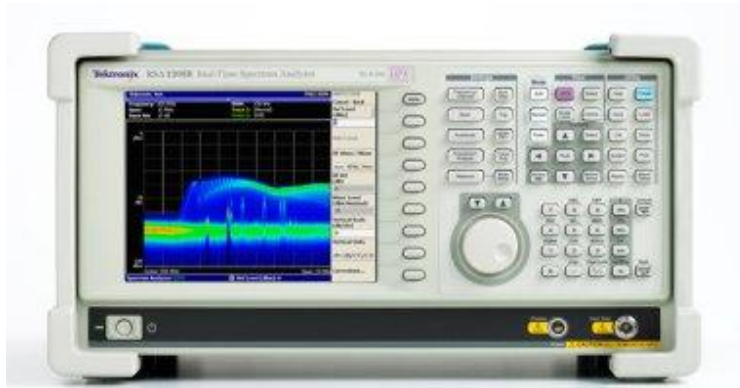


Figura 4.2.2 Analizador de Espectro Analógico.

Analizador digital de espectro, este analizador utiliza la “Fast Fourier Transformation” (FFT), un proceso matemático que transforma una señal en sus componentes espectrales. Algunas medidas requieren que se preserve la información completa de señal – frecuencia y fase, este tipo de análisis se llama vectorial.

Aplicación

- 1.- El analizador de espectros puede ser usando parámetros de señal como la distorsión de señal modulación pureza espectral estabilidad de la frecuencia y distorsión de la modulación de interferencial transversal.
- 2.- Los analizadores de Fourier son necesarios para la medición de señales de radio. Es también usado común mente en investigación, desarrollo, producción y examinación de productos electrónicos.
- 3.- El analizador de respuesta en frecuencia puede ser usada para la medición de señales de vibración, frecuencia intermedia, señales de circuito RF de señales transmitidas de teléfono móvil.

Características:

- 1.- Las piezas internas de estos instrumentos adoptan circuitos y microprocesador el cual tiene almacenamiento y función de cómputo.
- 2.- Está equipada con interfaz estándar el cual ayuda para formar un sistema de prueba automático.
- 3.- El analizador de espectro es la pantalla puede separar el intervalo de frecuencia entre las dos líneas espectrales adyacentes este es el índice técnico más importante de los analizadores de Fourier.

Ventajas:

- 1.- El analizador de aspectos tiene una ventaja buena, linealidad, alta resolución bajo ruido, frecuencia estable como también precisión y valor moderado confiable.
- 2.- El analizador de respuesta en frecuencia tiene función de tenencia de valor en punta el cual ayuda a capturar señales repentinas y obtener las características de las estadísticas de las señales.

3.- Los analizadores de Fourier pueden ser usadas en coordinación con el convertidor de impedancia para tener una prueba en el cable y el sistema inalámbrico como CATV y máquina de comunicación.

Utilización y medidas:

Antes de configurar el analizador de espectros debemos tener una idea clara de las características de la señal a medir, esto es, su potencia, ancho de banda, frecuencia central, etc. Además, tendremos que saber que parámetros de la señal quieren medirse, así, por ejemplo, se necesitara una ventana de frecuencia mayor si se desea medir sus armónicos o una menor si lo que se desea medir es su ruido de fase.

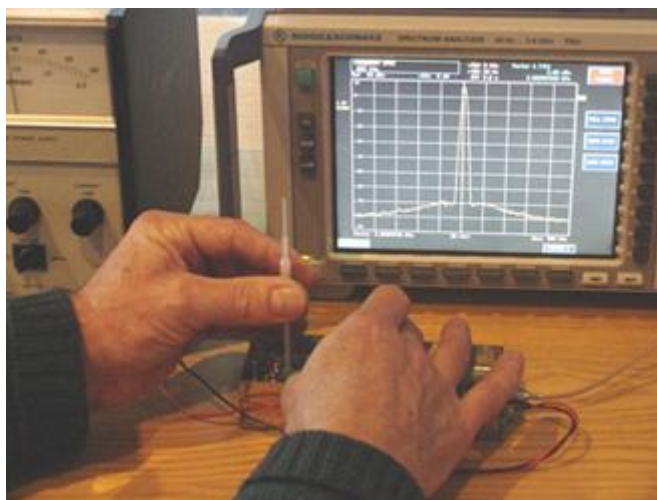


Figura 4.2.3 Funcionamiento del Analizador.

Una vez conocida la medida a realizar se fija la ventana de frecuencias, esta puede ser determinada de dos maneras distintas. La primera de ellas consiste en definir la frecuencia inicial de la ventana y la frecuencia final (START - STOP). O bien, definir una frecuencia central y una ventana de frecuencias alrededor de ella, también conocido como SPAN.

De esta manera sería equivalente definir una ventana con frecuencia inicial 150MHz y final 250MHz, que hacerlo a partir de una frecuencia central de 200 MHz y 100MHz de SPAN.

Una vez fijada la ventana de visualización es muy probable que seamos capaces de distinguir la señal a medir. Únicamente restaría ajustar la referencia de amplitud y la resolución en dBm/div para que la señal quede perfectamente representada en pantalla. Jugando con estos valores se podrán distinguir con mayor precisión ciertas características de la señal como rizado, modulaciones, etc.

Por último, y para obtener valores precisos en la medida de la señal, se podrán utilizar los markers del analizador. Estos markers pueden ser utilizados de forma absoluta (entregan la medida directa de la gráfica) o relativa (devuelven la diferencia

entre dos puntos de la gráfica). La utilización de unos u otros dependerá como siempre de la medida a realizar.

NOTA: Todos los analizadores de espectros tienen una potencia máxima de entrada que no se deberá sobrepasar, por norma general, +30dBm. No obstante, se debe siempre comprobar las recomendaciones del fabricante.

4.3 Equipos especiales de medición.

Los equipos de medición convencionales se encargan de medir algunas magnitudes como el voltaje, la corriente, la resistencia eléctrica, la impedancia, la potencia, etc. Sin embargo a medida que una medición se vuelve compleja el equipo utilizado debe cambiar a uno más sofisticado que sea capaz de realizar una medición correcta y precisa, algunos ejemplos de estos equipos especiales de medición son: Graficadores, Trazador de curvas, Luxómetro, Tacómetro, Medidores de campo magnético y Analizador de Fourier.

4.3.1 Graficadores.

Los graficadores se desarrollan en base a programas informáticos, estos programas permiten realizar gráficas en planos vectoriales de diversas ecuaciones matemáticas, para algunos una gráfica es mucho mejor que una simple ecuación matemática ya que la gráfica es más didáctica.

En la siguiente imagen se puede apreciar una gráfica realizada a partir de una función determinada.

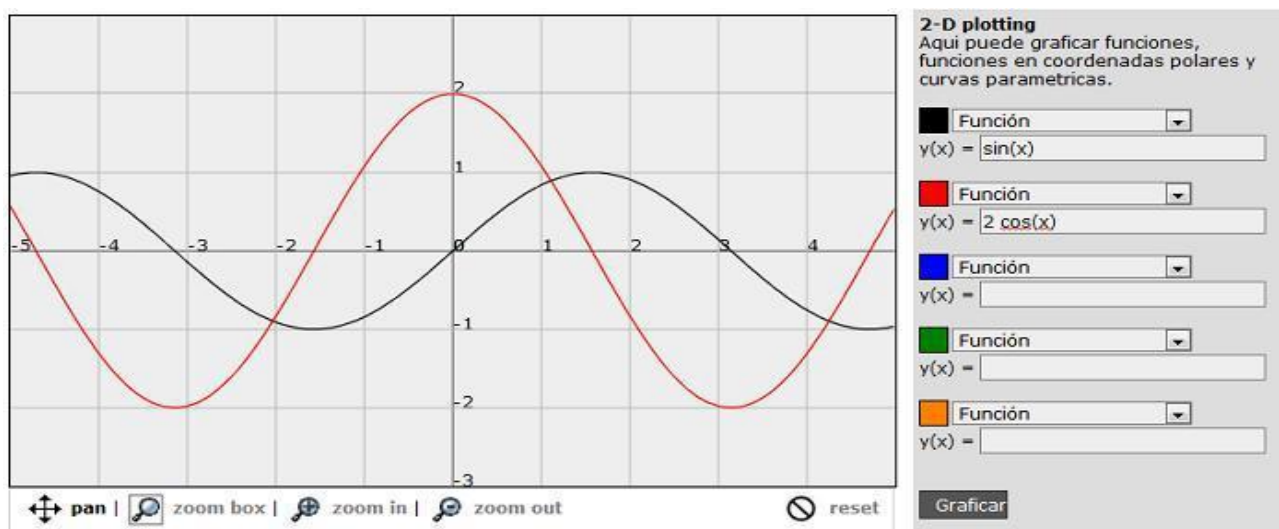


Figura 4.3.1.1 Graficador.

En estos tiempos modernos los graficadores de ecuaciones matemáticas se pueden encontrar incluso de manera online en Internet, uno de los más sencillos y prácticos que existen es el llamado FooPlot, el cual puedes encontrar en su página oficial de Internet: <http://fooplots.com/>.

En dicha página podrás graficar un sin número de funciones, es una excelente herramienta para diversos proyectos, ejemplos o ejercicios escolares.

4.3.2 Trazador de curvas.

Un trazador de curvas es un instrumento de medición el cual tiene por objetivo obtener las curvas características de elementos tales como los resistores, diodos, transistores, etc.



Figura 4.3.2.1 Trazador de curvas.

En la actualidad existen muchos trazadores de curvas, algunos se enfocan en solo determinar las curvas de un solo elemento, mientras que otros buscan poseer más características, por lo general estas funciones se ven beneficiadas u opacadas por el precio de dichos instrumentos.

El principio de funcionamiento de un Trazador de curvas se basa en que este aplicara una corriente constante en la base y una rampa de voltaje en el colector, esto provocará que el valor de “VCE varíe” y al mismo tiempo medirá el IC. Para funcionar el trazador de curvas requiere de 2 fuentes de voltaje, 2 medidores de voltaje y un medidor de corriente.

A continuación, te traemos una presentación que explica de manera más ilustrativa que es un trazador de curvas, cuál es su función, de que se compone, como se opera y más.

4.3.3 Luxómetro.

El Luxómetro o también conocido como Luxómetro o Light meter, es un instrumento de medición cuya principal característica es la medir de una manera rápida y sencilla la iluminancia real y no subjetiva que esté presente en un ambiente determinado.



Figura 4.3.3.1 Luxómetro.

La unidad de medida que utiliza el Luxómetro es el Lux (lx), estos instrumentos están conformados por una célula fotoeléctrica la cual se encarga de captar la luz (fotones que constituyen la “señal”, una energía de brillo) que se esté midiendo, posteriormente la célula transforma dicha luz en impulsos eléctricos y estos son procesados, comprendidos y representados en la pantalla del medidor.

El Luxómetro se utiliza especialmente porque posee un filtro el cual se encarga de evitar que las diferencias de espectro puedan provocar una falsa medición, las diferencias de espectro se pueden dar por los diversos colores que se pueden apreciar en el espectro visible, un ejemplo de esto es que la luz amarilla es mucho más eficaz que la luz azul, si tratáramos de medir los Lux generados por una luz azul y una amarilla a la misma potencia y sin un filtro, es muy probable que la luz amarilla presente una medición más elevada debido a la ausencia del filtro.

Precauciones en la medición: para utilizar un Luxómetro se deben seguir ciertos protocolos para una correcta medición, por ejemplo, un error muy común a la hora de realizar la medición de la Intensidad Luminosa es que muchos se acercan al sensor y su sombra provoca una disminución en la luz y por consiguiente un error en la medición. Otro error muy común a la hora de realizar una medición es el uso de ropa blanca, esto de igual manera puede provocar que la medición se vuelva errónea.

En el siguiente vídeo podrás ver un tutorial completo que muestra cómo utilizar un Luxómetro, como regular su escala de Lux y como realizar una correcta medición:

Tutorial Uso del luxómetro. Como último punto, si ya posees un luxómetro y quieres practicar, a continuación, te dejamos una imagen en la cual se muestra a cuantos lux deberían estar diversos lugares como casas, edificios, pasillos, escuelas, tiendas, etc.

Niveles Normales de Luz

Lux	Bujías Pie		Lux	Bujías Pie	
		Fábricas			Hogares
20-75	2-7	Escaleras de emergencia, Almacén	100-150	10-15	Lavandería
75-150	7-15	Pasillos entrada y salida	150-200	15-20	Actividades recreativas
150-300	15-30	Trabajo de empaque	200-300	20-30	Estudio, comedor
300-750	30-75	Trabajo visual: línea de producción	300-500	30-50	Maquillaje
750-1,500	75-150	Tipógrafo: Trabajo de inspección	500-1,500	50-150	Lectura, estudio
1,500-3,000	150-300	Ensamble electrónico, Dibujante	1,000-2,000	100-200	Costura
		Oficina			Restaurante
75-100	7-10	Indoor Emergency Stairs	75-150	7-15	Corridor Stairs
100-200	10-20	Corridor Stairs	150-300	15-30	Entrance, Wash Room
200-750	20-75	Conference, Reception Room	300-750	30-75	Cooking Room, Dining Table
750-1,500	75-150	Clerical Work	750-1,500	75-150	Show Window
1,500-2,000	150-2000	Typing, Drafting			
		Store			Hospital
75-150	7-15	Indoors	30-75	3-7	Emergency Stairs
150-200	15-20	Corridor/Stairs	75-100	7-10	Stairs
200-300	20-30	Reception	100-150	10-15	Sick Room, Warehouse
300-500	30-50	Display Stand	150-200	15-20	Waiting Room
500-750	50-75	Elevator	200-750	20-75	Medical Exam Room
750-1,500	75-150	Show Window, Packing Table	750-1,500	75-150	Operating Room
1,500-3,000	150-300	Storefront, Show Window	5,000-10,000	500-1000	Eye Inspection

Tabla 4.3.3.1 Niveles de Lux para oficinas, casa, edificios, etc.

4.3.4 Tacómetro.

Un tacómetro es un instrumento capaz de **medir la velocidad de giro de un eje**. A diferencia de los medidores e instrumentos vistos en este mismo tema, el tacómetro es probablemente el medidor más utilizado en todo el mundo, un claro ejemplo de esto es que los tacómetros digitales poseen la capacidad de medir la velocidad de giro de un motor, esta velocidad se mide en Revoluciones por minuto (RPM), gracias a este instrumento los conductores pueden saber a qué velocidad se desplaza su automóvil con una pequeña conversión a Km/h.



Figura 4.3.4.1 Tacómetro.

Un error que se comete a menudo es **confundir a los Tacómetros con los velocímetros convencionales**, los velocímetros utilizan un tacómetro para poder conocer y representar la velocidad a la que se desplaza un automóvil, por otro lado, un tacómetro por sí mismo solo es capaz medir las revoluciones por minuto en un eje.

Diferencias entre un tacómetro analógico y un tacómetro digital: Solo hay 2 diferencias destacables entre estas 2 clases de tacómetros, la primera y la más obvia es que los tacómetros analógicos poseen una aguja que rota sobre un eje, de esta manera puede presentar un resultado en base a una escala preestablecida. Un tacómetro digital reemplaza a aguja por una pantalla o display, en este se muestran los valores recopilados por el instrumento de medición.



Figura 4.3.4.2 Tacómetro digital y analógico

Como segundo punto en cuanto a sus diferencias, se ha demostrado que los tacómetros digitales son mucho más eficientes y precisos que los tacómetros analógicos.

Tacómetro Laser, este tipo de tacómetro es probablemente el más utilizado en los laboratorios para determinar la potencia de pequeños o grandes motores, su funcionamiento es sencillo, tal y como su nombre lo indica este medidor es capaz de emitir un pequeño láser el cual al chocar con un objeto que este rotando, puede determinar las RPM de dicho objeto y con una pequeña regla de conversión se puede saber la potencia del motor que se esté midiendo.



Figura 4.3.4.3 Tacómetro Láser

Un ejemplo de este instrumento puede ser visto en el siguiente vídeo, en el cual nos demuestran cómo se puede determinar la potencia de un motor con este tipo de Tacómetro.

4.3.5 Medidores de campo magnético.

Los medidores de campo magnético son los encargados de **medir la intensidad de la radiación electromagnética producida por un equipo de transmisión eléctrica**. En la actualidad los medidores de campo magnético fueron reemplazados por los medidores de campos electromagnéticos, esto se debe a que el electromagnetismo estudia y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría.

Una de las características principales que debe poseer un medidor de campos magnéticos es que este no perturbe los campos electromagnéticos que se estén midiendo, la perturbación ocurre generalmente por un **acoplamiento o reflexión del campo**.



Figura 4.3.5.1 Medidores de campo magnético.

Actualmente cualquier aparato electrónico posee un campo electromagnético, se sabe que los seres humanos y animales son sensibles a los campos magnéticos y electromagnéticos que existen, una exposición prolongada a estos campos puede generar un deterioro en la salud, debido a esto la mayoría de electrodomésticos e instrumentos eléctricos con los que convivimos están sujetos a una regulación y no pueden exceder un límite de radiación magnética.

Las medidas de campos electromagnéticos se pueden clasificar en dos tipos:

Medida de banda ancha (broadband), se utilizan equipos de medida de banda ancha capaces de relevar cada señal dentro de una amplia gama de frecuencia. Se utiliza una sonda isotrópica.

- **Medidas selectivas en frecuencia**, para este sistema de medición se utiliza analizadores de espectro o receptores de banda ancha selectivos en frecuencia.

-

4.3.6 Analizador de Fourier.

INTRODUCCION

La explicación de análisis espectral comprende la manipulación de la señal por analizarse mediante un filtrado paso-banda, filtrados estrechos, traslación de frecuencia y varias combinaciones de estas técnicas. Hay métodos matemáticos para calcular el espectro de una señal si la señal se reduce a una ecuación matemática o a un conjunto de puntos dado. El método matemático más directo es la transformada de Fourier. Una señal se puede representar como una ecuación, una gráfica o un conjunto de puntos datos donde la variable independiente es el tiempo, puede ser transformada en otra ecuación, grafica o conjunto de puntos, dato donde la variable independiente es la frecuencia.

Según la teoría de Fourier, toda señal está compuesta por una serie de señales senoidales de amplitud, frecuencia y fase apropiadas. Dicho conjunto de señales componentes se llama espectro.

El osciloscopio nos permite visualizar señales en función del tiempo, pero NO nos da una idea clara de las componentes que forman la misma.

El analizador de espectro es el instrumento que nos permite visualizar las componentes que conforman la señal de interés.

ANALIZADOR DE FOURIER

El método matemático más directo es la transformada de Fourier. Una señal que se pueda representar como una ecuación, una gráfica o un conjunto de puntos, datos donde la variable independiente es el tiempo; puede ser transformada en otra ecuación, grafica o conjunto de puntos de datos donde la variable independiente es la frecuencia. La transformación produce el espectro de la forma de onda. Si una señal se transforma en un conjunto de puntos datos matemáticos mediante la digitalización de una señal analógica, se puede programar una computadora digital para obtener la transformada de Fourier, con la cual se calcularía el espectro de la forma de onda. El método para calcular el espectro se llama algoritmo, y el más eficaz para la una computadora digital es la transformada de Fourier rápida TFR.

Ilustración 1 Ejemplo de un analizador de espectro

Una muestra de la señal por analizarse se digitaliza mediante cualquier método apropiado de conversión analógica-digital. El resultado de esta conversión es un

conjunto de números digitales que representan la amplitud de la onda de entrada como una función de tiempo, sobre un tiempo específico se almacena en memoria y el espectro se calcula a partir de un conjunto de datos. El conjunto de números que representa la entrada digitalizada se llama “registro de tiempo” de la entrada. Se le da otros nombres como “analizador digital de espectro” y “analizador de Fourier.

Ilustración 2 Analizador de espectro utilizando el mezclado de armónica mostrando todos los circuitos correspondientes.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

VENTAJAS

El analizador de espectro TFR puede ser una herramienta muy potente sin llegar a ser muy cara, ya que el poder del analizador proviene de logaritmos de computadora que se pueden mejorar sin aumentar grandes cantidades de circuitos al analizador. Por supuesto, el analizador no es mejor que su convertidor analógico-digital o a la cantidad de memoria.

Se aprovecha para mejorar el poder del analizador TFR ya que la señal de entrada se captura y “congela” en el tiempo. Entonces se pueden efectuar operaciones matemáticas grandes y complejas sobre la señal de entrada.

DESVENTAJAS

La transformada de Fourier rápida no es una transformada continua verdadera sino que produce una transformada de resolución finita. Esto significa que el espectro solo se encuentra en intervalos específicos.

La naturaleza del espectro solo es inferible entre los intervalos.

RESOLUCIÓN, RANGO DE FRECUENCIA Y RANGO DINÁMICO

El analizador TFR muestrea la señal de entrada de un periodo específico, esto se conoce como ventana. La señal por analizarse se considera como señal periódica, donde la señal digitalizada dentro de la ventana se repite indefinidamente.

La resolución más estrecha posible de una señal muestreada es:

$$f_r = 1/T$$

Serie de Fourier

Una serie de Fourier es una serie infinita que converge puntualmente a una función periódica y continua a trozos (o por partes). Las series de Fourier constituyen la herramienta matemática básica del análisis de Fourier empleado para analizar funciones periódicas a través de la descomposición de dicha función en una suma infinita de funciones senoidales mucho más simples (como combinación de senos y cosenos con frecuencias enteras). El nombre se debe al matemático francés Jean-Baptiste Joseph Fourier que desarrolló la teoría cuando estudiaba la ecuación del calor. Fue el primero que estudió tales series sistemáticamente, y publicando sus resultados iniciales en 1807 y 1811. Esta área de investigación se llama algunas veces Análisis armónico.

Es una aplicación usada en muchas ramas de la ingeniería, además de ser una herramienta sumamente útil en la teoría matemática abstracta. Áreas de aplicación incluyen análisis vibratorio, acústica, óptica, procesamiento de imágenes y señales, y compresión de datos. En ingeniería, para el caso de los sistemas de telecomunicaciones, y a través del uso de los componentes espectrales de frecuencia de una señal dada, se puede optimizar el diseño de un sistema para la señal portadora del mismo. Refiérase al uso de un analizador de espectros.

UN ANALIZADOR DE ESPECTRO

Es un equipo que se encarga de ejecutar la Transformada de Fourier y mostrar en la pantalla las componentes espectrales individuales que constituyen la señal en el dominio del tiempo.

Estos equipos se utilizan entonces para observar y medir el nivel de potencia así como la frecuencia de una porción del espectro electromagnético. Los cuales son fabricados para mostrar señales que pueden estar entre los 5Hz hasta 40GHz, según el modelo. Con interfaces que permiten conectar a una PC y descargar mediciones.

Ciertos sistemas están orientados al dominio de la frecuencia, como el caso de receptores y estaciones de radio, sistemas FDM. La medida de la señal a estudiar es tan sencilla de hacer como conectar el analizador a la fuente que genera dicha señal. Si la fuente de señal es el propio ambiente, o el espacio libre, basta con conectar a la entrada del analizador una antena que reciba las distintas señales que existen en el entorno en ese momento. Evidentemente, hay que tener en cuenta todas las posibles interferencias que se pueden inducir en la medida de la señal real de que se dispone (o que se está buscando). Una vez ajustados los parámetros necesarios en el instrumento de análisis, únicamente tendremos que visualizar la representación de la señal en el display del analizador y extraer nuestras conclusiones.

La medida realizada sobre la señal puede ser, en un caso simple, la amplitud, y frecuencia de una determinada línea espectral. En general, el contenido espectral de la señal nos ofrece información sobre los armónicos, bandas de modulación,

respuestas espurias, niveles de ruido y todo esto se puede estudiar a partir del analizador de espectros.

ANALIZADOR

En esta sección, se realizará el análisis en el dominio de la frecuencia de una de las señales adquiridas a través de la tarjeta DAQ. La/el usuario/a podrá escoger con qué canal trabajar. Se **calculará el espectro de potencia y el FFT** de la señal y se facilitará el análisis mediante dos gráficos.

En esta sección, para mostrar el funcionamiento y la configuración de subVIs, los cálculos del espectro de potencia y de la FFT de la señal adquirida se realizan en otra VI a la que se llama desde la aplicación.

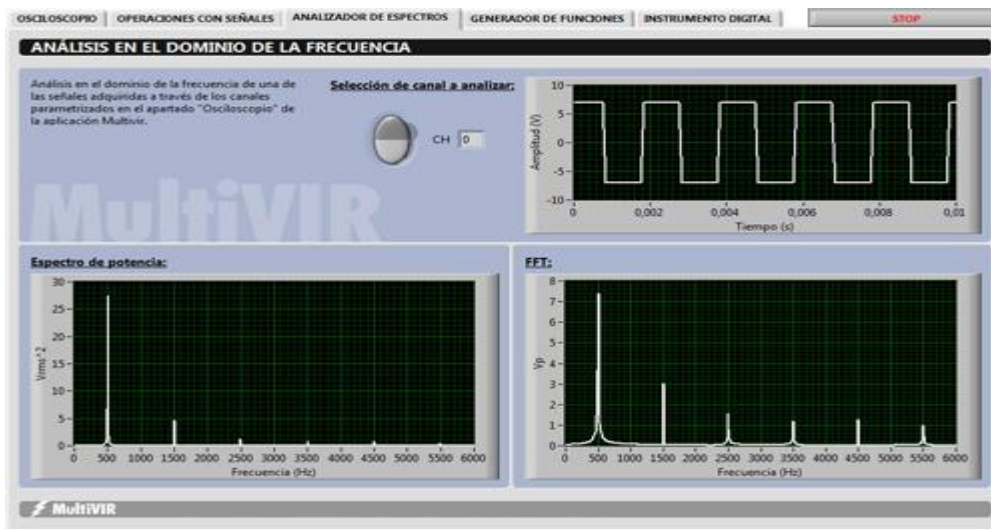


Figura 4.3.6.1 analizador de Fourier.

Lo primero que hay que hacer es la selección de la señal. Se ha utilizado el mismo método que en la sección Osciloscopio para ello. Clicando un botón, se podrá elegir uno u otro canal visualizándose siempre en la pantalla cuál es la elección.

4.4 Introducción al manejo de instrumentos virtuales.

¿Qué es la Instrumentación Virtual?

El concepto de instrumentación virtual nace a partir del uso del computador personal como “instrumento” de medición de señales tales como temperatura, presión, caudal, entre otras. Es decir, el PC comienza a ser utilizado para realizar mediciones de fenómenos físicos representados en señales de corriente (como 4...20mA) y/o voltaje (por ejemplo, 0-5Vdc) normalmente con una gran precisión y número de muestras por segundo.



Figura 4.4.1 Tarjetas de instrumentación virtual

La instrumentación virtual nace a partir del uso de la computadora como forma de reemplazar equipos físicos por software y así manejar la computadora como si realmente fuese un instrumento real. El usuario opera un instrumento que no es real, realiza mediciones con él, se ejecuta en una computadora, pero realiza las mismas funciones que un instrumento real.

El concepto de la instrumentación virtual es de reemplazar elementos hardware por software obteniendo sus mejores ventajas e incluso mejorándolas. De esta manera el usuario final del sistema solo ve la representación gráfica de las variables manipuladas en el sistema y botones de control virtuales en la pantalla del ordenador. el concepto de instrumentación virtual implica adquisición de señales, el procesamiento, análisis, almacenamiento, distribución y despliegue de los datos e información relacionados con la medición de una o varias señales, interfaz hombre máquina, visualización, monitoreo y supervisión remota del proceso, la comunicación con otros equipos, etc.

Un sistema de instrumentación virtual está enfocado a los instrumentos encargados de medir señales, registrar datos y decidir las acciones de control, evidentemente, se requiere de una etapa de actuación, que conforma la interfaz entre la computadora y el sistema a controlar, por tanto, esta etapa implica drivers de potencia o transductores de señal especiales. Además, existen otras etapas auxiliares que no intervienen en el proceso de medida, como es el caso del subsistema de alimentación.

En los últimos 20 años, el auge en el uso de las computadoras generó un cambio en la instrumentación de ensayos, mediciones y automatización. Un importante resultado de la ubicuidad de la computadora es la instrumentación virtual, la cual ofrece varias ventajas a científicos e ingenieros que requieran mayor calidad, rendimiento y eficiencia. Un instrumento virtual consiste básicamente de una computadora tradicional o una estación de trabajo, software de instrumentación, hardware que suele ser económico y los drivers que actualmente existen para prácticamente cualquier sistema operativo.

Sin embargo, el concepto de "instrumentación virtual" va más allá de la simple medición de corriente o voltaje. También involucra el procesamiento, análisis, almacenamiento, distribución y despliegue de los datos e información relacionados con la medición de una o varias señales específicas. Con éstas, mediante software que permitan la implementación de algoritmos de control, es factible integrar y controlar complicados procesos. Es decir, el instrumento virtual no se conforma con la adquisición de la señal, sino que también involucra la interfaz hombre-máquina, las funciones de análisis y procesamiento de señales.

Evolución de la tecnología

En sus orígenes, estos equipos, compuestos de una tarjeta de adquisición de datos con acondicionamiento de señales (PCMCIA, ISA, XT, PCI, etc.) y el software apropiado estaban orientados a laboratorios, donde sus prestaciones eran muy requeridas por la gran precisión y capacidad de adecuar sus capacidades y cálculos acorde al proceso que se estaba analizando. Con el tiempo, éstas cada vez más robustas soluciones y prestaciones de PC industriales permiten encontrar aplicaciones en la industria, en sistemas de robótica y otras tantas aplicaciones donde la capacidad de cálculo hace que una instrumentación tradicional no sea capaz de responder al requerimiento del proceso.

La flexibilidad, el bajo costo de mantenimiento, la reusabilidad, la personalización de cada instrumento, la rápida incorporación de nuevas tecnologías, el bajo costo por función y por canal son algunos de los beneficios que ofrece la instrumentación virtual.

La instrumentación virtual puede también ser implementada en equipos móviles (laptops), equipos distribuidos en campo (RS-485), equipos a distancia (conectados vía radio, Internet, etc.) o equipos industriales (NEMA 4X, etc.). Existe una tarjeta de adquisición de datos para casi cualquier bus o canal de comunicación en PC (ISA, PCI, USB, serial RS-232/485, paralelo EPP, PCMCIA, CompactPCI, PCI, etc.) y un driver para casi cualquier sistema operativo (WIN 3.1/95/NT, DOS, Unix, MAC OS, etc.)

Un instrumento virtual puede realizar las tres funciones básicas de un instrumento convencional: adquisición, análisis y presentación de datos. Sin embargo, el instrumento virtual permite personalizar el instrumento y agregarle mucha más funcionalidad sin incurrir en costos adicionales ¿Quiere conectividad de su instrumento con Ethernet? ¿Quiere almacenar sus datos en una tabla o archivo compatible con MS Excel? ¿Quiere agregarle a su instrumento un nuevo algoritmo o función que necesita en su experimento? La respuesta a todas estas preguntas está en sus manos, ya que todo ello puede hacerse y, mejor aún, puede hacerlo usted mismo.

¿Cómo construir un instrumento virtual? Para construir un instrumento virtual, sólo requerimos de un PC, una tarjeta de adquisición de datos con acondicionamiento de señales y el software apropiado, los tres (3) elementos clave en la conformación

de un instrumento virtual, teniendo un chasis de acondicionamiento de señales como elemento opcional. Decimos que el "acondicionamiento de señales" es opcional, porque dependiendo de cada señal y/o aplicación, se puede o no requerir amplificación, atenuación, filtraje, aislamiento, etc. de cada señal. Si la señal está en el rango de los $\pm 5\text{Vdc}$ y no se requiere de aislamiento o filtraje, la misma puede ser conectada directamente a la tarjeta de adquisición de datos.

LabVIEW

¿Qué es LabVIEW? LabVIEW de National Instrument, es una herramienta de programación gráfica, altamente productiva, para la construcción de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. LabVIEW nos da la capacidad de crear rápidamente una interfaz de usuario que nos proporciona la interactividad con el sistema. La programación G es el corazón de LabVIEW, y difiere de otros lenguajes de programación como C o Basic, en que éstos están basados en texto, mientras que G es una programación gráfica. Los programas en G, o VIs ("Virtual Instruments") constan de una interfaz interactiva de usuario y un diagrama de flujo de datos que hace las funciones de código fuente.



Figura 4.4.2 Sistema de adquisición de datos.

La instrumentación virtual es un concepto introducido por la compañía nacional Instruments (2001). En el año de 1983, Truchard y Kodosky, de National Instruments, decidieron enfrentar el problema de crear un software que permitiera utilizar la computadora personal como un instrumento para realizar mediciones. Tres años fueron necesarios para crear la primera versión del software que permitió, de una manera gráfica y sencilla, diseñar un instrumento en la computadora. De esta manera surge el concepto de instrumento virtual, definido como, "un instrumento que no es real se ejecuta en una computadora y tiene sus funciones definidas por software." (National Instruments, 2001).

A este software le dieron el nombre de **laboratory virtual instrument engineering workbench**, más comúnmente conocido por las siglas **labview**. A partir del concepto de instrumento virtual, se define la instrumentación virtual como un sistema de medición, análisis y control de señales físicas con un PC por medio de instrumentos virtuales. Labview, el primer software empleado para diseñar instrumentos en la PC, es un software que emplea una metodología de

programación gráfica, a diferencia de los lenguajes de programación tradicionales. su código no se realiza mediante secuencias de texto, sino en forma gráfica, similar a un diagrama de flujo.

Es decir, el PC comienza a ser utilizado para realizar mediciones de fenómenos físicos representados en señales de corriente (ej. 4-20ma) y/o voltaje (ej. (0-5vdc). sin embargo, el concepto de “instrumentación virtual” va más allá de la simple medición de corriente o voltaje, sino que también involucra el procesamiento, análisis, almacenamiento, distribución y despliegue de los datos e información relacionados con la medición de una o varias señales específicas. es decir, el instrumento virtual no se conforma con la adquisición de la señal, sino que también involucra la interfaz hombre máquina, las funciones de análisis y procesamiento de señales, las rutinas de almacenamiento de datos y la comunicación con otros equipos.

Como un ejemplo; el osciloscopio tradicional viene con parámetros de diseño y funcionalidad predefinidos por el fabricante. Es decir, la funcionalidad de este equipo está dada por el fabricante y no por el usuario, quien sólo se limita a utilizar sus características. El concepto virtual surge del hecho de que cuando se utiliza la computadora es el usuario mismo quien define los parámetros de funcionalidad y apariencia de dicho dispositivo, por esto se dice que el instrumento es virtualizado, ya que sus parámetros pueden ser modificados a gusto del usuario y no del fabricante, según sea preciso. En la figura 4.4.3 se muestra un ejemplo de un instrumento virtual hecho con labview:

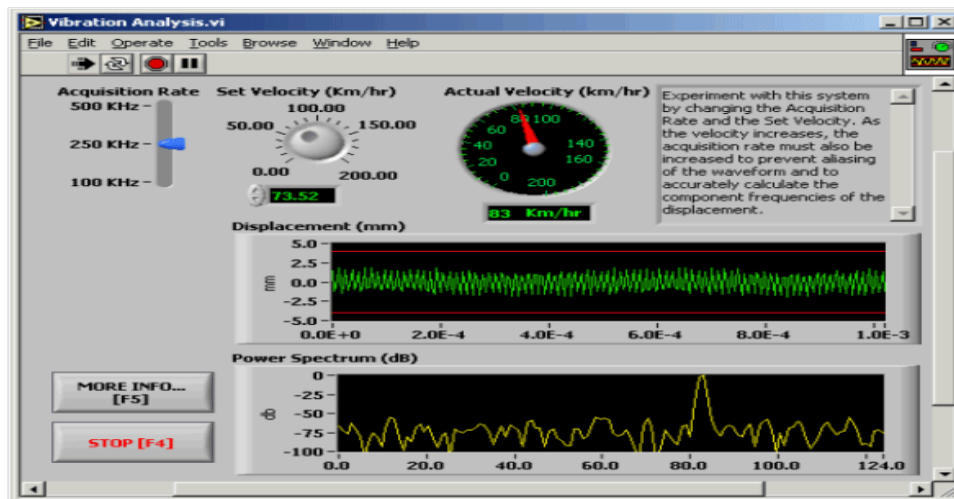


Figura 4.4.3 Instrumento virtual hecho con labview.

Instrumento Tradicional	Instrumento Virtual
Definido por el fabricante	Definido por el usuario
Funcionalidad específica, con conectividad limitada.	Funcionalidad ilimitada, orientado a aplicaciones, conectividad amplia.
Hardware es la clave.	Software es la clave
Alto costo/función	Bajo costo/función, variedad de funciones, reusable.
Arquitectura "cerrada"	Arquitectura "abierta".
Lenta incorporación de nuevas tecnologías.	Rápida incorporación de nuevas tecnologías, gracias a la plataforma PC.
Bajas economías de escala, alto costo de mantenimiento.	Altas economías de escala, bajos costos de mantenimiento

Tabla 4.4.1 Principales diferencias entre el instrumento convencional y el instrumento virtual.

Algunos beneficios de la instrumentación virtual son:

Flexibilidad

4. Bajo costo de mantenimiento
5. Reusabilidad
6. Personalización de cada instrumento
7. Rápida incorporación de nuevas tecnologías
8. Bajo costo por función

TEMA 5.- Diseño y elaboración de tarjetas de circuitos impresos.

5.1 Introducción a los circuitos impresos.

El estudiante de la carrera en Electrónica, a través de su formación se encuentra comúnmente con la elaboración de prototipos armados probados en "PROTOBOARD" y termina desarmándolos ya sea porque él prototipo no tiene una aplicación real competitiva con los que ya existen en el mercado, o bien porque no dominan las técnicas para desarrollar el circuito impreso.

Normas y estándares.

En la fabricación de dispositivos electrónicos se utilizan las normas DIN para la separación de sus terminales y la unidad usada es una décima de pulgada.

En la actualidad se vende papel cuadriculado con esta norma y se utiliza en los casos en los que no se tenga el apoyo una Microcomputadora y software que ya trae o utiliza esta norma para el diseño de impresos.

Distancia entre pistas.

La norma de U D E 110 (ver tabla 5.1.1) establece que la distancia entre pistas va de 0.5 a 0.6 mm. siguiendo esta norma podemos evitar entre otras cosas las Capacitancias parásitas debido a las corrientes que circulan sobre las pistas.

Efecto de la temperatura en las pistas conductoras.

De la relación corriente y ancho de las pistas conductoras se obtuvieron los siguientes datos experimentales. Incremento de la temperatura; de la cual extrae la conclusión de que a menor ancho de pista e incremento de corriente la temperatura llega a límites críticos y peligrosos.

I	.1 mm	.25 mm	.5 mm	1 mm	2.5 mm	5 mm
.25 A	10°C					
.5 A	30°C	10°C				
1 A	100°C	30°C	8°C			
2.5 A		100°C	50°C	15°C	8°C	
5 A			140°C	45°C	25°C	8°C
10 A				140°C	65°C	30°C

Tabla 5.1.1 Ancho de pistas en mm.

Resistencia eléctrica de las pistas conductoras.

En el diseño con sistemas digitales donde las pequeñas señales (milivolts, microampers), son críticos es necesario tomar en cuenta la resistencia de las pistas, (ver tabla 5.1.2) para esto se toman a una temperatura menor de 50° C. en la tarjeta del impreso y por unidad un metro lineal.

Para una pista de 35 micras y temperatura en grados C° la resistencia es medida en ohmios por metro lineal.

Temp. °C	.1 mm	.25 mm	.5 mm	1 mm	2.5 mm	5 mm
20°C	5	2	1	.5	.2	.1
50°C	6.3	2.51	1.26	.63	.25	.126
80°C	3	3	1.52	.76	.3	.15

Tabla 5.1.2. Ancho de la banda conductora en mm.

Normas DIN e IEC para fabricación y empleo de placas de circuitos impresos.

- DIN 40601 parte 1 Circuitos impresos, fundamentos, retículos
- DIN 40601 parte 2 Circuitos impresos, fundamentos, orificios y espesores nominales.
- DIN 40603 parte 1 Circuitos impresos, placas de circuito impreso, requisitos generales y comprobaciones, tablas de tolerancias.
- DIN 40603 parte 2 Circuitos impresos, placas de circuito impreso, documentación.
- DIN 40904 Circuitos impresos, conceptos.
- DIN 41494 Formas de construcción para dispositivos electrónicos; placas de circuitos impresos medidas.
- DIN 52480 Normas - VDE para comprobaciones eléctricas
- VDE 0303 parte 1 de materiales aislantes, resistencia a corrientes superficiales.
- DIN 53481 Normas - VDE para comprobaciones eléctricas
- VD~ 0303 parte 2 de materiales aislantes, tensión de perforación, asistencia de perforación.
- DIN 53485 parte 1 Normas - VDE para comprobaciones eléctricas VDE 0303 parte 7 de materiales aislantes, comportamiento bajo la acción de descargas en superficies de mica.
- DIN 53486 Normas VDE para comprobaciones, eléctricas VDE 0303 parte 8 de materiales aislantes, crítica del comportamiento electrostático.
- DIN 7735 parte 1 Normas - VDE para los productos prensados con VDE 0316 parte 1 un papel duro, tejido y esterilla endurecidos, método de comprobación.
- VDE 0110 Normas para dimensionar proyectos aéreos y superficiales de recursos eléctricos.
- EIEC 52-103 Circuitos impresos, requisitos de las placas con circuitos en una o ambas Caras sin orificios metalizados.
- EIEC 52-103 Como IEC 52-102 con orificios metalizados.
- EIEC 52-104 Circuitos impresos, requisitos para multiplacas.
- EIEC 52(CO) 115 Procedimiento de comprobación de circuitos impresos.
- EIEC 52-134 Modificación de la resistencia de orificio, metalizados ante cambios de temperatura.
- EIEC 52-135 Procedimiento de envejecimiento acelerado para comprobar la soldabilidad.
- EIEC 52-136 Comprobación 10c: Fuerza de despegamiento para placas flexibles en condiciones climáticas normales.
- EIEC 52-141 Publicación 326, parte 3: Diseño y aplicación de placas de circuitos impresos.

La sección de normas anteriormente expuestas se limita a aquellas que se refieren a placas vacías. Las normas que afectan a los componentes no se mencionan. En los últimos años se han adaptado, diseñado o modificado muchos de los componentes para ser utilizados en tarjetas de circuitos impresos, tales como

capacitores electrolíticos de tantalio, resistencia en circuitos integrados o en bases, potenciómetros, relevadores y bases de conectores, todos ellos cumpliendo la norma DIN para la generación de sus terminales.

Composición física.

La mayoría de los circuitos impresos están compuestos por entre una a dieciséis capas conductoras, separadas y soportadas por capas de material aislante (sustrato) laminadas (pegadas) entre sí. Las capas pueden conectarse a través de orificios, llamados vías. Los orificios pueden ser electrorecubiertos, o se pueden utilizar pequeños remaches. Los circuitos impresos de alta densidad pueden tener vías ciegas, que son visibles en sólo un lado de la tarjeta, o vías enterradas, que no son visibles en el exterior de la tarjeta.

Tipos de circuitos impresos.

El llamado circuito impreso, placa de circuito impreso o simplemente placa (en inglés: PCB -*Printed Circuit Board*-) es, básicamente, un soporte para un circuito electrónico. Consta de un material base, aislante, sobre el que se disponen pistas conductoras, generalmente de cobre, que conforman el conexionado entre los distintos componentes.

En general, el PCB, consta de dos caras en una de ellas, la llamada cara de componentes (*component side*), se colocan los componentes mediante la inserción de sus patillas en agujeros pasantes, llamados taladros o *drill* (también se pueden colocar sin necesidad de agujeros pasantes: son los llamados componentes de montaje superficial); la otra cara llamada cara de soldadura (*solder side*), incorpora las pistas de cobre (*track*) que unen las distintas patillas de los componentes; es en esta cara donde se realiza la unión o soldadura de la patilla con la pista de cobre- Son los llamados PCB monocapa (Figura 5.1.3).

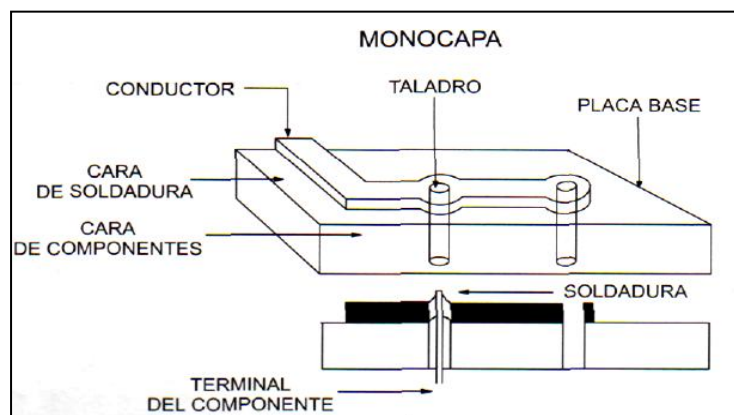


Figura 5.1.3 PCB monocapa.

Conforme aumenta la complejidad del circuito, puede ser necesario trazar pistas tanto por la cara de componentes como en la de soldadura. En este caso los agujeros pasantes deben ser metalizados, es decir recubiertos de cobre para

permitir la unión eléctrica entre las pistas de la cara de soldadura y la de componentes; además estos agujeros no solo sirven para la inserción de componentes, sino que pueden servir simplemente para realizar la conexión entre las dos caras, entonces se llaman vías. Son los llamados PCB bicapa (Figura 5.1.4).

Con la incorporación de la tecnología de montaje superficial (SMT: *Superficial Mount Technology*) la colocación de componentes no se ciñe solo a la cara de componentes sino que se colocan también en la de soldadura, aumentando así la densidad de componentes en la misma área de placa.

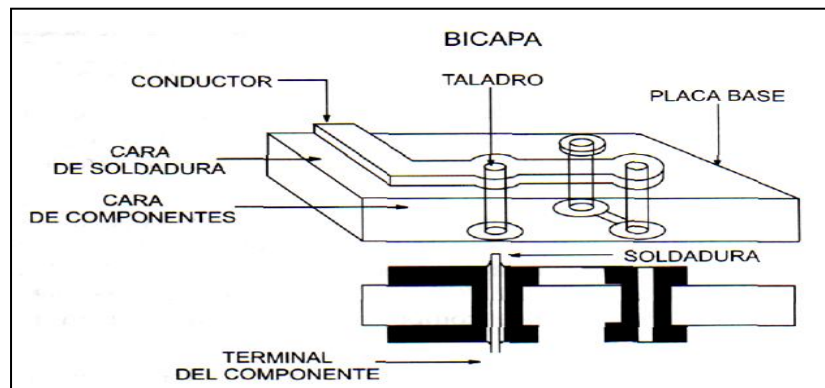


Figura 5.1.4 PCB bicapa.

Conforme aumenta el número de componentes a colocar, también aumenta el número de pistas a realizar, siendo insuficientes las dos caras de trabajo. Para evitar tener que aumentar el área de trabajo se desarrolla la tecnología **multicapa** en la cual se generan pares de caras que se van superponiendo en forma de "sandwich" y que se conectan mediante vías. El resultado es una placa, aparentemente a dos caras, con una densidad muy alta de pistas. Obviamente, los componentes se siguen disponiendo por las caras externas (Figura 5.1.5)

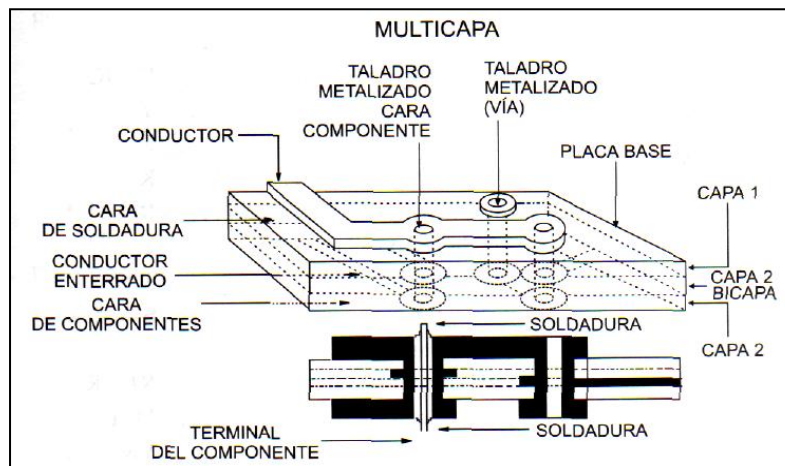


Figura 5.1.5 PCB multicapa.

- **MULTICAPA:** Es lo más habitual en productos comerciales. Suele tener entre 8 y 10 capas, de las cuales algunas están enterradas en el sustrato.
- **2-SIDED PLATED HOLES:** Es un diseño complicado de bajo coste con taladros metalizados que nos permite hacer pasos de cara.
- **SINGLE-SIDED NON-PLATED HOLES:** Es un PCB con agujeros sin metalizar. Se usa en diseños de bajo coste y sencillos.
- **2-SIDED NON-PLATED HOLES:** Diseño sencillo con taladros sin metalizar. Sustrato de fibras de vidrio y resina. Hay que soldar por los dos lados para que haya continuidad.

Sustratos.

Los sustratos de los circuitos impresos utilizados en la electrónica de consumo de bajo costo se hacen de papel impregnados de resina fenólica, a menudo llamados por su nombre comercial Pétinax. Usan designaciones como XXXP, XXXPC y FR-2. El material es de bajo costo, fácil de mecanizar y causa menos desgaste de las herramientas que los sustratos de fibra de vidrio reforzados. Las letras "FR" en la designación del material indican Resistencia a las Llamas (Flame Resistance en inglés).

Los sustratos para los circuitos impresos utilizados en la electrónica industrial y de consumo de alto costo, están hechos típicamente de un material designado FR-4. Éstos consisten en un material de fibra de vidrio, impregnados con una resina epóxica resistente a las llamas. Pueden ser mecanizados, pero debido al contenido de vidrio abrasivo, requiere de herramientas hechas de carburo de tungsteno en la producción de altos volúmenes. Debido al reforzamiento de la fibra de vidrio, exhibe una resistencia a la flexión y a las trizaduras, alrededor de 5 veces más alta que el Pétinax, aunque a un costo más alto.

Los sustratos para los circuitos impresos de circuitos de radio frecuencia de alta potencia usan plásticos con una constante dieléctrica (**permitividad**) baja, tales como Rogers® 4000, Rogers® Duroid, **DuPont® Teflón®** (tipos GT y GX), **poliamida**, **poliestireno** y poliestireno entrecruzado. Típicamente tienen propiedades mecánicas más pobres, pero se considera que es un compromiso de ingeniería aceptable, en vista de su desempeño eléctrico superior.

Los circuitos impresos utilizados en el vacío o en gravedad cero, como en una nave espacial, al ser incapaces de contar con el enfriamiento por convección, a menudo tienen un núcleo grueso de cobre o aluminio para disipar el calor de los componentes electrónicos.

No todas las tarjetas usan materiales rígidos. Algunas son diseñadas para ser muy o ligeramente flexibles, usando **DuPont's® Kapton®** film de poliamida y otros. Esta clase de tarjetas, a veces llamadas circuitos flexibles, o circuitos rígido-flexibles, respectivamente, son difíciles de crear, pero tienen muchas aplicaciones. A veces son flexibles para ahorrar espacio (los circuitos impresos dentro de las cámaras y audífonos son casi siempre circuitos flexibles, de tal forma que puedan doblarse en

el espacio disponible limitado. En ocasiones, la parte flexible del circuito impreso se utiliza como cable o conexión móvil hacia otra tarjeta o dispositivo. Un ejemplo de ésta última aplicación es el cable que conecta el cabezal en una impresora de inyección de tinta.

Diseño.

Usualmente un ingeniero eléctrico o electrónico diseña el circuito y un especialista diseña el circuito impreso. El diseñador debe obedecer numerosas normas para diseñar un circuito impreso que funcione correctamente y que al mismo tiempo sea barato de fabricar.

Patrones.

La gran mayoría de las tarjetas para circuitos impresos se hacen adhiriendo una capa de cobre sobre todo el sustrato, a veces en ambos lados (creando un circuito impreso virgen), y luego removiendo el cobre no deseado después de aplicar una máscara temporal (por ejemplo, grabándola con percloruro férrico), dejando sólo las pistas de cobre deseado. Algunos pocos circuitos impresos son fabricados al agregar las pistas al sustrato, a través de un proceso complejo de electro recubrimiento múltiple. Algunos circuitos impresos tienen capas con pistas en el interior de éste, y son llamados circuitos impresos multicapas. Éstos son formados al aglomerar tarjetas delgadas que son procesadas en forma separada. Después de que la tarjeta ha sido fabricada, los componentes electrónicos se sueldan a la tarjeta.

En **electrónica**, un circuito impreso o PCB (del inglés Printed Circuit Board), es un medio para sostener mecánicamente y conectar eléctricamente componentes electrónicos, a través de rutas o pistas de material conductor, grabados desde hojas de cobre laminadas sobre un sustrato no conductor.

Los circuitos impresos son robustos, baratos, y habitualmente de una fiabilidad elevada. Requieren de un esfuerzo mayor para el posicionamiento de los componentes, y tienen un coste inicial más alto que otras alternativas de montaje, como el montaje punto a punto (o wire-wrap), pero son mucho más baratos, rápidos y consistentes en producción en volúmenes.

Historia

El inventor del circuito impreso es probablemente el ingeniero austriaco Paul Eisler (1907-1995) quien, mientras trabajaba en Inglaterra, hizo uno alrededor de 1936, como parte de una radio. Alrededor de 1943, los Estados Unidos comenzaron a usar esta tecnología en gran escala para fabricar radios que fuesen robustas, para la Segunda Guerra Mundial. Después de la guerra, en 1948, EE.UU. liberó la invención para el uso comercial. Los circuitos impresos no se volvieron populares en la electrónica de consumo hasta mediados de 1950, cuando el proceso de Autoensamblaje fue desarrollado por la Armada de los Estados Unidos. Antes que los circuitos impresos (y por un tiempo después de su invención), la conexión punto a punto era la más usada. Para prototipos, o producción de pequeñas cantidades,

el método 'wire wrap' puede ser más eficiente. Originalmente, cada componente electrónico tenía patas de alambre, y el circuito impreso tenía orificios taladrados para cada pata del componente. Las patas de los componentes atravesaban los orificios y eran soldadas a las pistas del circuito impreso. Este método de ensamblaje es llamado through-hole ("a través del orificio" , por su nombre en inglés). En 1949, Moe Abramson y Stanilus F. Danko, de la United States Army Signal Corps desarrollaron el proceso de Autoensamblaje, en donde las patas de los componentes eran insertadas en una lámina de cobre con el patrón de interconexión, y luego eran soldadas. Con el desarrollo de la laminación de tarjetas y técnicas de grabados, este concepto evolucionó en el proceso estándar de fabricación de circuitos impresos usado en la actualidad. La soldadura se puede hacer automáticamente pasando la tarjeta sobre un flujo de soldadura derretida, en una máquina de soldadura por ola.

Sin embargo, las patas y orificios son un desperdicio. Es costoso perforar los orificios, y el largo adicional de las patas es eliminado. En vez de utilizar partes through-hole, a menudo se utilizan dispositivo de montaje superficial.

Hay varios métodos típicos para la producción de circuitos impresos:

1.-La impresión serigráfica utiliza tintas resistentes al grabado para proteger la capa de cobre. Los grabados posteriores remueven el cobre no deseado. Alternativamente, la tinta puede ser conductiva, y se imprime en una tarjeta virgen no conductiva. Esta última técnica también se utiliza en la fabricación de circuitos híbridos.

2.-El fotograbado utiliza una **fotomecánica** y grabado químico para eliminar la capa de cobre del sustrato. La fotomecánica usualmente se prepara con un fotoplotter, a partir de los datos producidos por un programa para el diseño de circuitos impresos. Algunas veces se utilizan transparencias impresas en una impresora Láser como ftoherramientas de baja resolución.

3.-El fresado de circuitos impresos utiliza una fresa mecánica de 2 o 3 ejes para quitar el cobre del sustrato. Una fresa para circuitos impresos funciona en forma similar a un plotter, recibiendo comandos desde un programa que controla el cabezal de la fresa los ejes x, y y z. Los datos para controlar la máquina son generados por el programa de diseño, y son almacenados en un archivo en formato HPGL o Gerber.

4.-La impresión en material termosensible para transferir a través de calor a la placa de cobre. En algunos sitios comentan de uso de papel glossy (fotográfico), y en otros de uso de papel con cera como los papeles en los que vienen los autoadhesivos.

Tanto el recubrimiento con tinta, como el fotograbado requieren de un proceso de atacado químico, en el cual el cobre excedente es eliminado, quedando únicamente el patrón deseado.

Atacado.

El atacado de la placa virgen se puede realizar de diferentes maneras. La mayoría de los procesos utilizan ácidos o corrosivos para eliminar el cobre excedente. Existen métodos de galvanoplastia que funcionan de manera rápida, pero con el inconveniente de que es necesario atacar al ácido la placa después del galvanizado, ya que no se elimina todo el cobre.

Los químicos más utilizados son el Percloruro Férrico, el Sulfuro de Amonio, el **Ácido clorhídrico** mezclado con Agua y **Peróxido de hidrógeno**. Existen formulaciones de ataque de tipo alcalino y de tipo ácido. Según el tipo de circuito a fabricar, se considera más conveniente un tipo de formulación u otro.

Para la fabricación industrial de circuitos impresos es conveniente utilizar máquinas con transporte de rodillos y cámaras de aspersión de los líquidos de ataque, que cuentan con control de temperatura, de presión y de velocidad de transporte. También es necesario que cuenten con extracción y lavado de gases.

Perforado.

Las perforaciones, o vías, del circuito impreso se taladran con pequeñas brocas hechas de carburo tungsteno. El perforado es realizado por maquinaria automatizada, controlada por una cinta de perforaciones o archivo de perforaciones. Estos archivos generados por computador son también llamados taladros controlados por computador (NCD por sus siglas en inglés) o archivos Excellon. El archivo de perforaciones describe la posición y tamaño de cada perforación taladrada.

Cuando se requieren vías muy pequeñas, taladrar con brocas es costoso, debido a la alta tasa de uso y fragilidad de éstas. En estos casos, las vías pueden ser evaporadas por un **láser**. Las vías perforadas de esta forma usualmente tienen una terminación de menor calidad al interior del orificio. Estas perforaciones se llaman micro vías.

También es posible, a través de taladrado con control de profundidad, perforado láser, o pre-taladrando las láminas individuales antes de la laminación, producir perforaciones que conectan sólo algunas de las capas de cobre, en vez de atravesar la tarjeta completa. Estas perforaciones se llaman vías ciegas cuando conectan una capa interna con una de las capas exteriores, o vías enterradas cuando conectan dos capas internas.

Las paredes de los orificios, para tarjetas con dos o más capas, son metalizadas con cobre para formar, orificios metalizados, que conectan eléctricamente las capas conductoras del circuito impreso.

5.2 Diseño de PCB mediante software.

Identificación de las opciones existentes en el software seleccionado: menús, ventanas, comandos, herramientas y librerías.

Creación de redes de conexiones a partir de un diagrama esquemático de orcad capture.

Los diagramas esquemáticos generados en **OrCAD CAPTURE** pueden ser utilizados para generar archivos de red de conexiones. Estos archivos, con extensión **MNL**, se generan en el administrador de proyectos de **OrCAD CAPTURE**, si el esquemático no tiene ninguna violación a las reglas de diseño, contenidas en la matriz de reglas de diseño, el archivo de red de conexiones es creado o modificado. Para crear la red de conexiones se requiere ejecutar los siguientes pasos:

- 1.- Abrir un proyecto de **OrCAD CAPTURE**,
- 2.- Seleccionar el diseño en el administrador del proyecto y ejecutar el comando **"CREATE NETLIST"** del menú **"TOOLS"**. Este comando abre una ventana de configuración para la creación de la red de conexiones.
- 3.- Seleccionar la ceja **"LAYOUT"** de la ventana de configuración.
- 4.- En el campo **"PCB FOOTPRINT"**, asegurarse de que la cadena **"{PCB Footprint}"** esté en el recuadro.
- 5.- En el campo **"NETLIST FILE"**, asegurarse de que la ruta del archivo de red de conexiones sea la correcta. La red de conexiones toma el nombre del proyecto de **OrCAD CAPTURE** y le agrega la extensión **MNL**.
- 6.- Presionar el botón **"OK"**. **OrCAD CAPTURE** procesa la red de conexiones y la guarda en el archivo especificado en el paso 5.

En caso de existir alguna violación en las reglas de diseño, estas violaciones aparecerán listadas en la bitácora de sesión. Para ejemplificar este proceso, crearemos un proyecto para simulación en PSPICE AD llamado "ejemplo.pcb", el circuito generado es el filtro pasa bajas mostrado en la figura 5.2.1. El circuito tal como se muestra en la figura, puede ser utilizado para realizar análisis de barrido en CA o análisis transitorio. Las partes "JUMP2" de la librería "EVAL" que se conectan en paralelo con las fuentes V3, VCC, y VEE son para proporcionar puntos de conexión en el circuito impreso.

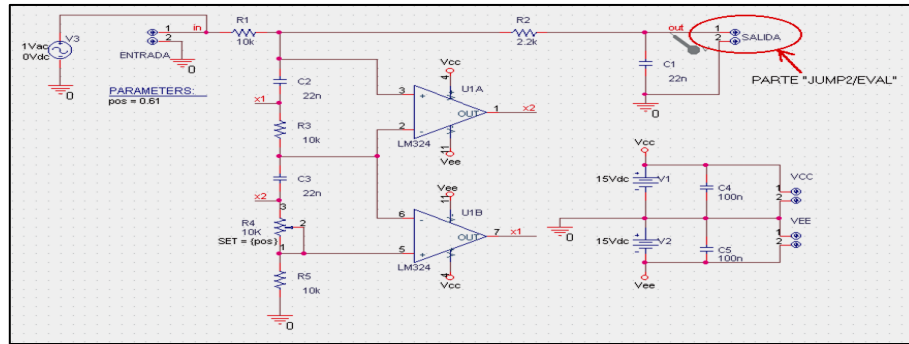


Figura 5.2.1 Ejemplo pcb.

Para acceder al administrador de proyectos, en el menú **“WINDOW”** seleccionamos **“2 ejemplo.pcb”**, o presionamos el botón **“PROJECT MANAGER”** de la barra de herramientas, figura 5.2.2 La ventana del administrador de proyectos para **“ejemplo.pcb”** se muestra en la figura 5.2.3.

Para crear la red de conexiones ejecutamos el comando **“CREATE NETLIST”** o presionamos el botón **“CREATE NETLIST”** de la barra de herramientas, figura 5.2.4, esto abre la ventana de creación de red de conexiones, figura 5.2.5, seleccionamos la ceja **“LAYOUT”** tal como se indica en el punto 3, y nos aseguramos que los campos **“PCB FOOTPRINT”** y **“NETLIST FILE”** contengan el texto correcto, además, para asegurar que cada vez que se actualice la red de conexiones se envíe la información al programa **OrCAD LAYOUT**, activamos el campo **“RUN ECO TO LAYOUT”** y seleccionamos **“USER PROPERTIES ARE IN INCHES”** para que las dimensiones de los dispositivos se



Figura 5.2.2 Comandos para acceder al administrador de proyectos.

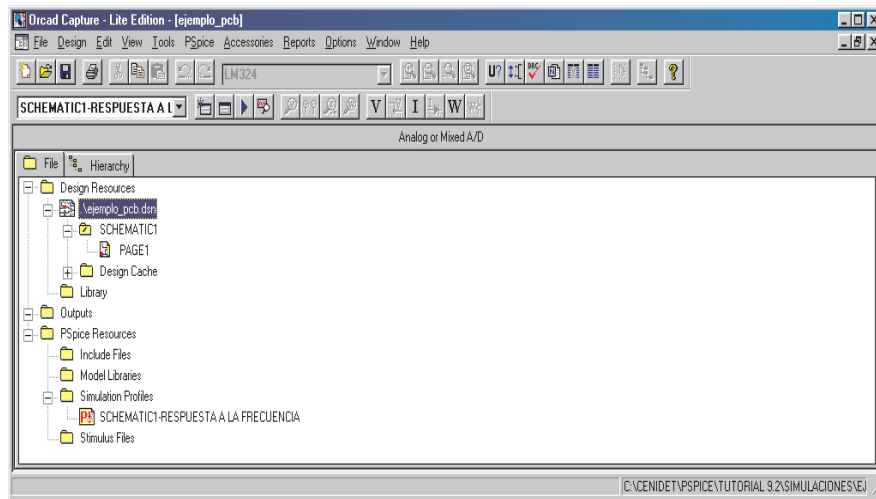


Figura 5.2.3 Ventana del administrador de proyectos para “ejemplo.pcb”.

Expresen en pulgadas, figura 5.2.6. Una vez realizada esta configuración, presionamos el botón “OK”. En la ventana del administrador de proyectos aparece el nombre del nuevo archivo agregado al proyecto, figura 5.2.7.

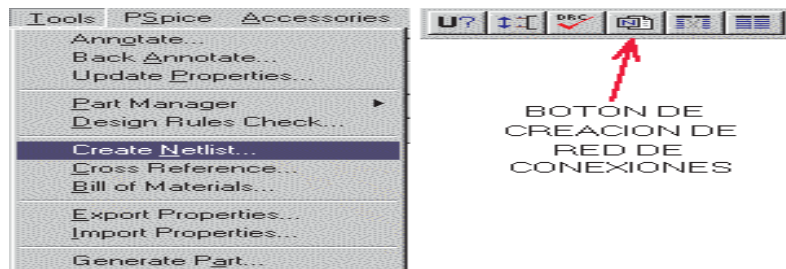


Figura 5.2.4 Comandos para crear la red de conexiones.

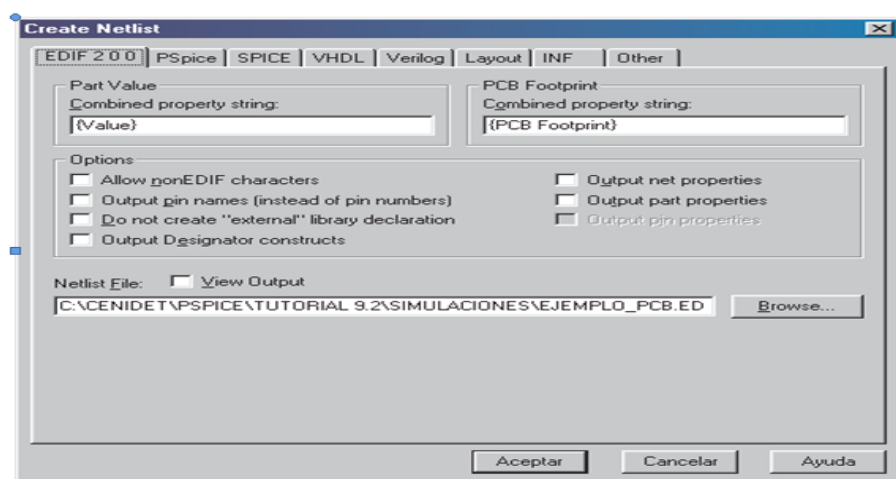


Figura 5.2.5 Ventana de configuración para crear la red de conexiones.

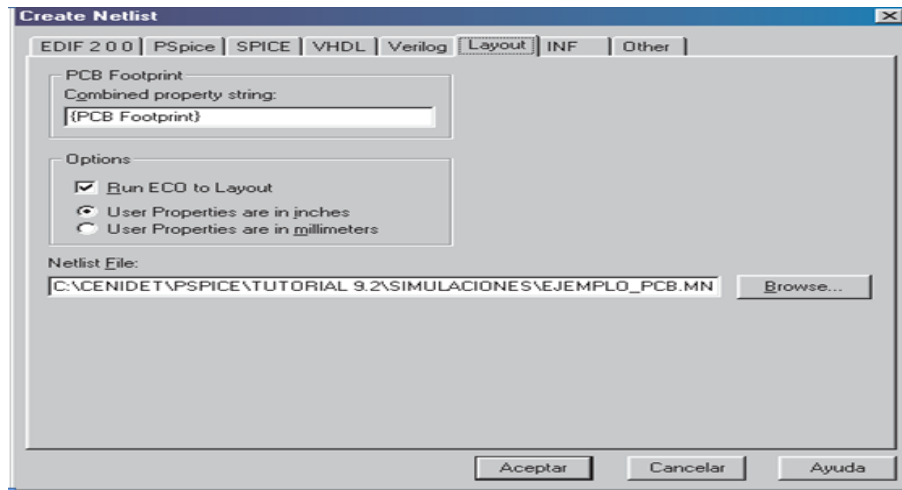


Figura 5.2.6 Ventana de configuración la red de conexiones.

Layout

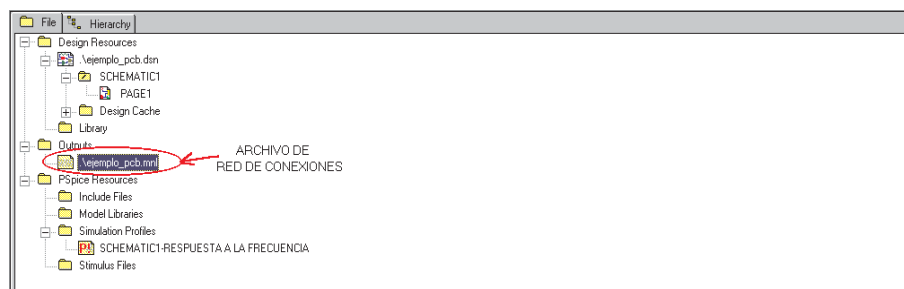


Figura 5.2.7 Ventana del administrador de proyectos para “ejemplo.pcb” con el archivo de red de conexiones creado.

Creación de circuito impreso

Ya con el archivo de red de conexiones creado, se puede crear el archivo de circuito impreso (**MAX**) en **OrCAD LAYOUT**, al abrir el programa aparece tal como se muestra en la figura 5.2.8. Para crear un nuevo archivo de circuito impreso se ejecuta el comando “**NEW**” del menú “**FILE**” o se presiona el botón “**OPEN NEW BOARD**” de la barra de herramientas, figura 5.2.9.

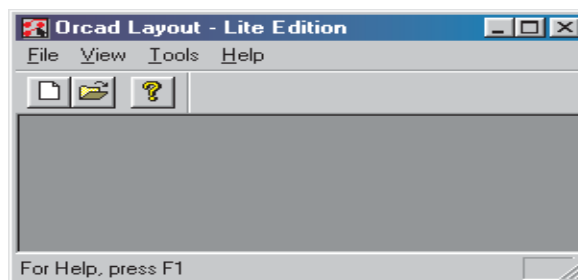


Figura 5.2.8 Programa OrCAD LAYOUT.



Figura 5.2.9 Comandos de creación de un nuevo archivo de circuito impreso.

Al crear el nuevo archivo de circuito impreso, se abre una ventana de selección de plantilla de tecnología, figura 5.2.10. Estas plantillas contienen información relacionada a las cuadrículas, vías de conexión entre capas, número de capas, características de los trazos de conexión, entre otros atributos.

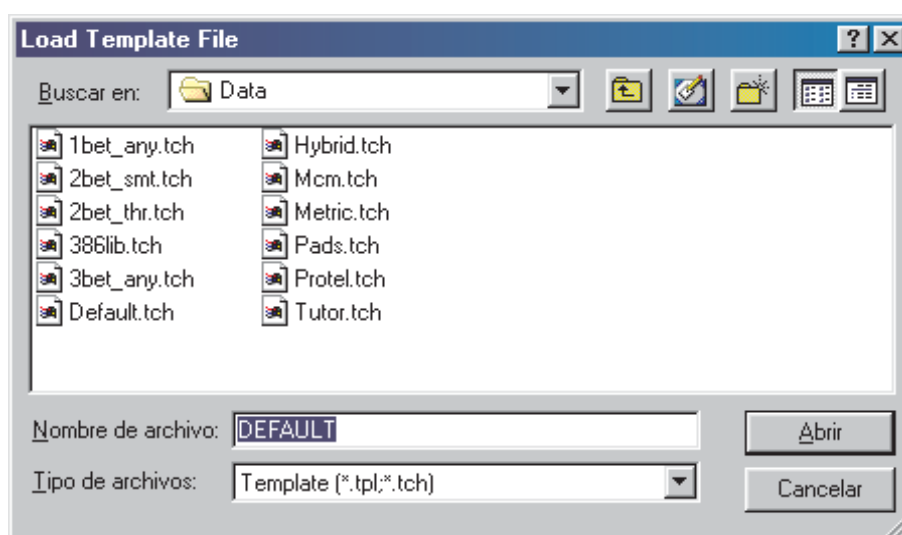


Figura 5.2.10 Ventana de selección de plantilla de tecnología.

OrCAD LAYOUT LITE EDITION cuenta con doce plantillas disponibles:

- 1.- **"1BET_ANY.TCH"**, utilizada para circuitos impresos de montaje superficial o de perforación, solo se permite una pista entre las terminales de un circuito integrado.
- 2.- **"2BET_SMT.TCH"**, utilizada para circuitos impresos de montaje superficial o de tecnología mixta, se permite tener dos pistas entre las terminales de un circuito integrado.
- 3.- **"2BET_THR.TCH"**, utilizada para circuito impresos de perforación, se permiten dos pistas entre las terminales de un circuito integrado.
- 4.- **"3BET_ANY.TCH"**, utilizada para circuito impresos de montaje superficial o de perforación, se permite tener tres pistas entre las terminales de un circuito integrado.

5.- “**DEFAULT.TCH**”, utilizada como la plantilla por omisión para la traducción de programas de diseño de circuito impresos.

6.- “**386LIB.TCH**”, utilizada para realizar la importación de archivos generados en **PCB386**.

7.- “**HYBRID.TCH**”, utilizada para circuito integrados híbridos.

8.- “**MCM.TCH**”, utilizada para módulos de circuitos integrados múltiples.

9.- “**METRIC.TCH**”, utilizada para circuitos impresos en sistema métrico.

10.- “**PADS.TCH**”, utilizada para realizar la importación de archivos generados en el programa **PADS**.

11.- “**PROTEL.TCH**”, utilizada para realizar la importación de archivos generados en el programa **PROTEL**.

12.- “**TUTOR.TCH**”, utilizada por el programa tutorial de **OrCAD LAYOUT LITE**.

Para nuestro ejemplo, seleccionamos la plantilla “**1BET_ANY.TCH**” y presionamos el botón “**ABRIR**”. Esto abre la ventana de selección del archivo de red de conexiones, para nuestro ejemplo, buscamos la carpeta en la cual se encuentra el archivo “*ejemplo_pcb.mnl*”, lo seleccionamos, figura 5.2.11, y presionamos el botón “**ABRIR**”.

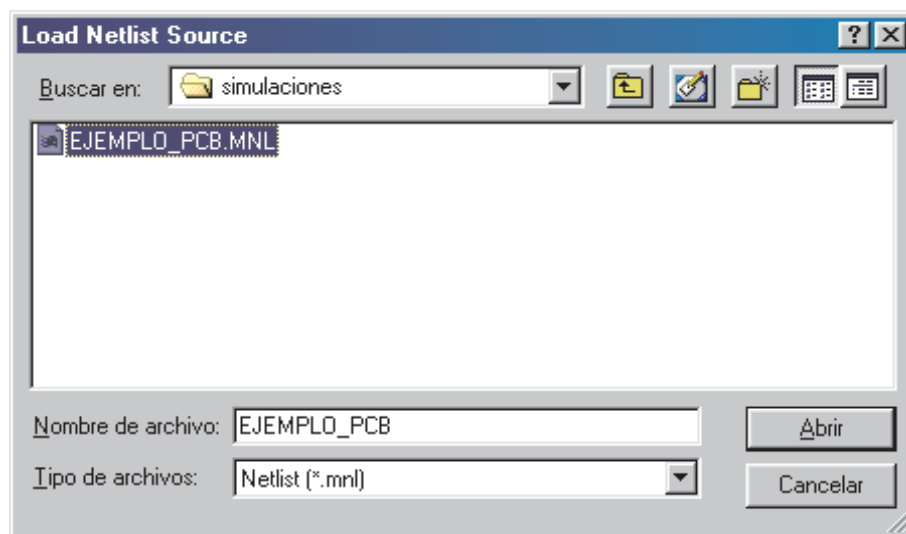


Figura 5.2.11 Ventana de selección del archivo de red de conexiones.

La ventana que aparece a continuación, figura 5.2.12, permite definir en qué carpeta y con cual nombre se guardará el archivo de circuito impreso generado por **OrCAD LAYOUT**. Presionar el botón “**GUARDAR**”, y dado que se seleccionó la opción “**RUN ECO TO LAYOUT**” en la configuración de creación de red de conexiones, se abre una ventana que procesa la red de conexiones y trata de asignarle una “*huella*” para

circuito impreso, en caso de no encontrar en sus librerías las “*huellas*” asignadas a los dispositivos, figura 5.2.13, despliega una ventana que permite agregar librerías a la lista de **LAYOUT**, crear nuevas librerías de “*huellas*” o simplemente diferir el momento de asignación de “*huellas*”. En nuestro ejemplo agregamos la librería “*curso.lib*” al directorio “*c:\..lorcadlite\layout_plus\library*”.

Para utilizar las “*huellas*” disponibles en esta librería presionamos el botón “**LINK EXISTING FOOTPRINT TO COMPONENT**”, esto abre la ventana de asignación de “*huellas*”, figura 5.2.14, para agregar la librería “*curso.lib*” se presiona el botón “**ADD**” que se encuentra en el campo “**LIBRARIES**”. Esto abre la ventana de selección de librerías mostrada en la figura 5.2.15. Una vez seleccionada la librería, sus componentes quedan disponibles en el campo “**FOOTPRINT**”, seleccionamos la “*huella*” “**DIP.100/14/W.300/L.800**”, esta terminología define la “*huella*” como de circuito integrado de montaje tipo perforación, con separación entre terminales de 100 mils.

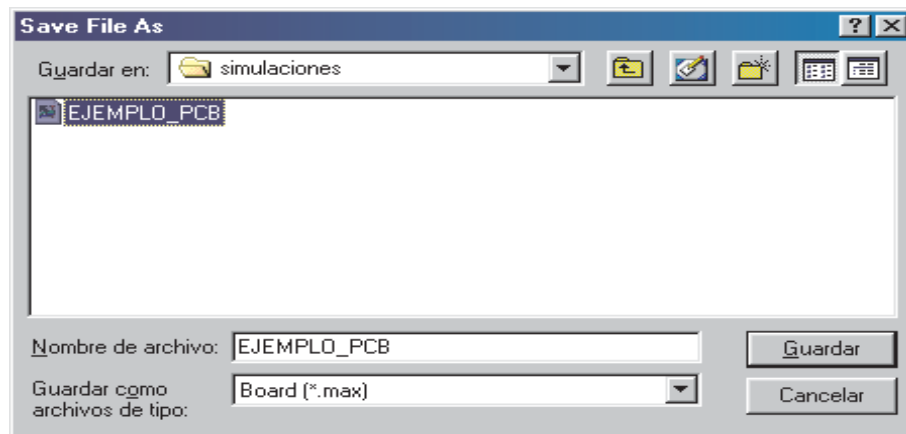


Figura 5.2.12 Ventana de asignación de carpeta y nombre del archivo de circuito impreso.

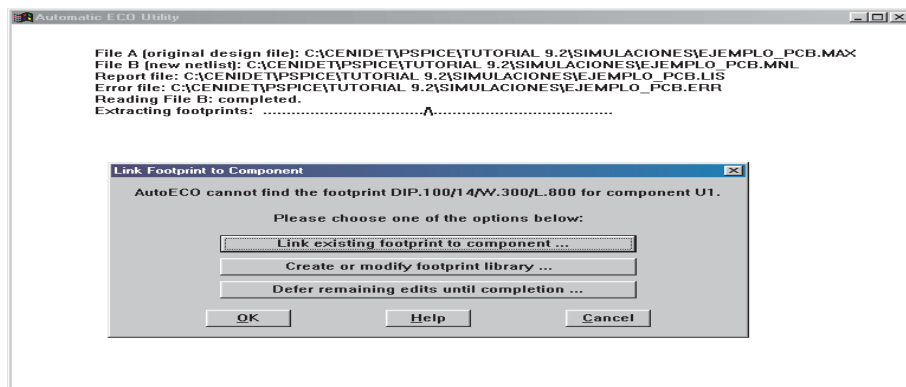


Figura 5.2.13 Ventana de ejecución de la función ECO de asignación de “*huellas*”.

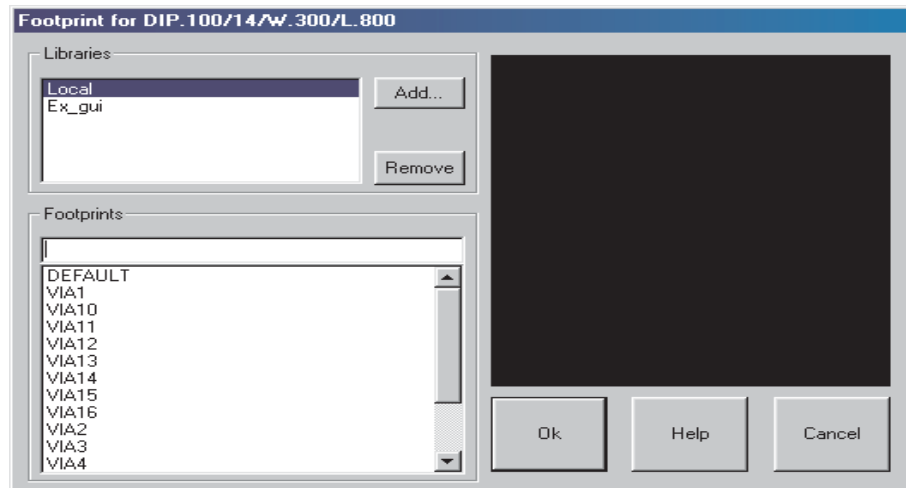


Figura 5.2.14 Ventana de asignación de “huellas”.

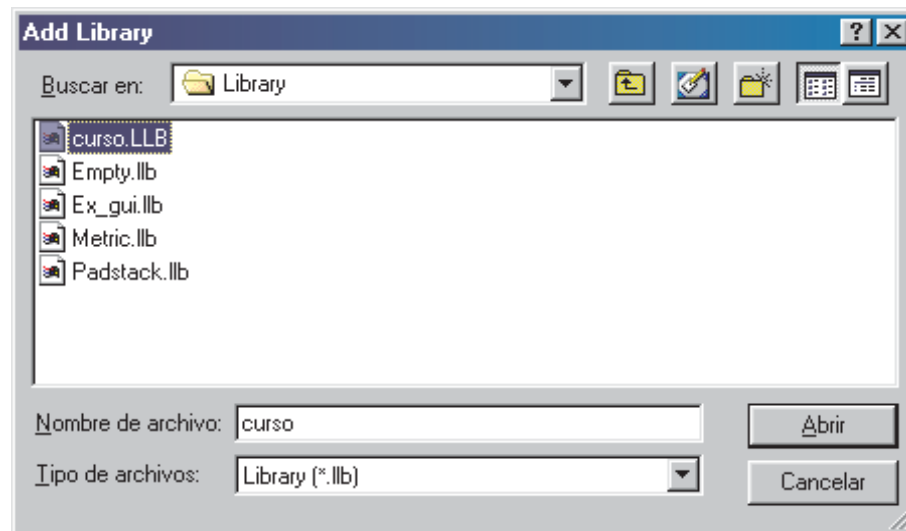


Figura 5.2.15 Ventana de selección de librerías de “huellas”.

Para utilizar las “*huellas*” disponibles en esta librería presionamos el botón **“LINK EXISTING FOOTPRINT TO COMPONENT”**, esto abre la ventana de asignación de “*huellas*”, figura 5.2.16, para agregar la librería “*curso.lib*” se presiona el botón **“ADD”** que se encuentra en el campo **“LIBRARIES”**. Esto abre la ventana de selección de librerías mostrada en la figura 5.2.17. Una vez seleccionada la librería, sus componentes quedan disponibles en el campo

“FOOTPRINT”, seleccionamos la “*huella*” **“DIP.100/14/W.300/L.800”**, esta terminología define la “*huella*” como de circuito integrado de montaje tipo perforación, con separación entre terminales de 100 mils, distancia entre filas de terminales de 300 mils y largo del circuito integrado de 800 mils, presionamos el botón **“OK”** para que la función **ECO** siga asignando “*huellas*” a los dispositivos restantes del circuito.

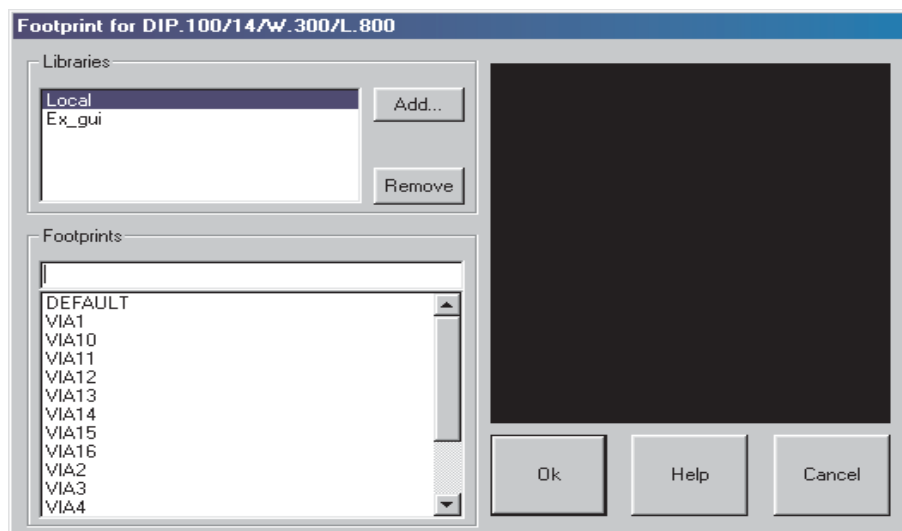


Figura 5.2.16 Ventana de asignación de “huellas”.

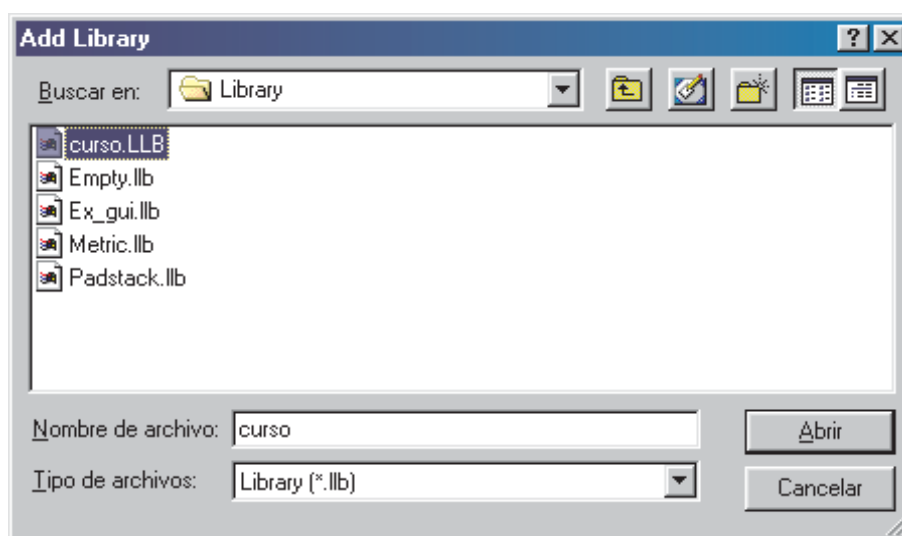


Figura 5.2.17 Ventana de selección de librerías de “huellas”.

Para utilizar las “*huellas*” disponibles en esta librería presionamos el botón **“LINK EXISTING FOOTPRINT TO COMPONENT”**, esto abre la ventana de asignación de “*huellas*”, figura 5.2.18, para agregar la librería “*curso.lib*” se presiona el botón **“ADD”** que se encuentra en el campo **“LIBRARIES”**. Esto abre la ventana de selección de librerías mostrada en la figura 5.2.19.

Una vez seleccionada la librería, sus componentes quedan disponibles en el campo **“FOOTPRINT”**, seleccionamos la “*huella*” **“DIP.100/14/W.300/L.800”**, esta terminología define la “*huella*” como de circuito integrado de montaje tipo perforación, con separación entre terminales de 100 mils, distancia entre filas de terminales de 300 mils y largo del circuito integrado de 800 mils, presionamos el botón **“OK”** para que la función **ECO** siga asignando “*huellas*” a los dispositivos restantes del circuito.

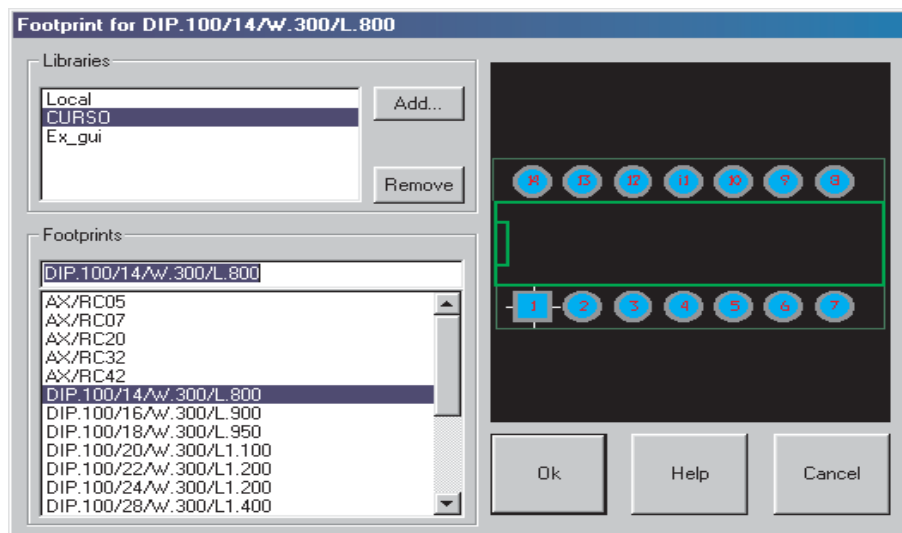


Figura 5.2.18 Asignación de la “huella” “DIP.100/14/W.300/L.800” al circuito integrado U1.

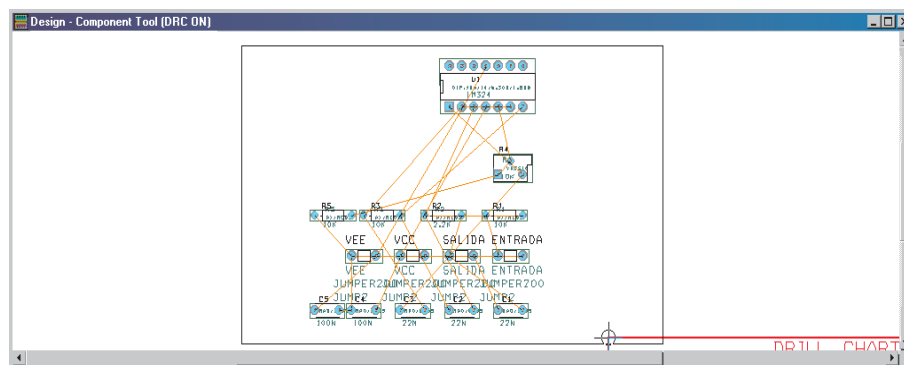


Figura 5.2.19 Distribución inicial de los dispositivos en el circuito impreso.

Al terminar la asignación de “**huellas**” a los dispositivos que forman el circuito impreso, estos aparecen en el área de trabajo agrupados por tipo de dispositivo, tal como se muestra en la figura 5.2.20.

Distribución de componentes en el circuito impreso

La distribución de los componentes en el área del circuito impreso es muy importante, tiene influencia sobre la longitud de las pistas, los elementos parásitos y el tamaño en general del circuito impreso. La distribución óptima de dispositivos es indispensable para reducir los atributos anteriores, y solo es posible aproximarse a esta distribución por medio de experiencia, guía de otra persona con mayor experiencia y en algunos casos buena suerte. Para poder realizar la distribución de los componentes en el circuito impreso, es necesario definir primero cual es el área máxima que se quiere para el circuito impreso.

Para definir el área ocupada por el circuito impreso, en **OrCAD LAYOUT** se utiliza la definición de un “*obstáculo*”, este obstáculo se genera por medio de la

opción **“NEW”** del comando **“OBSTACLE”** del menú **“TOOLS”** o presionado el botón **“OBSTACLE TOOL”** que se encuentra en la barra de herramientas, figura 5.2.21, una vez seleccionada esta herramienta, para empezar a definir el área del circuito impreso se presiona el botón izquierdo de mouse, esto hace que unido al apuntador del mouse aparezca una línea gruesa de color amarillo, para iniciar un nuevo lado para la definición del área se presiona el botón izquierdo del mouse, figura 5.2.22.

Una vez terminado de definir el área del circuito impreso, se presiona la tecla **“ESC”** o se selecciona la opción **“END COMMAND”** de la ventana que aparece al presionar el botón derecho del mouse, figura 5.2.23.

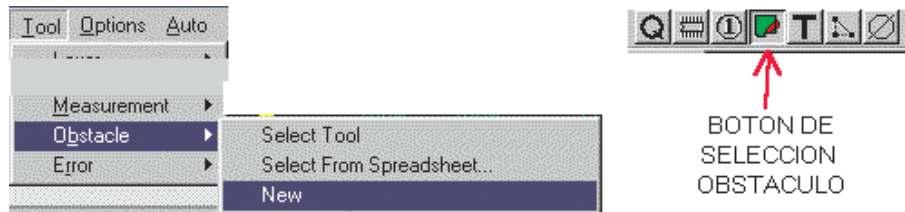


Figura 5.2.20 Comandos de selección de la herramienta de obstáculos.

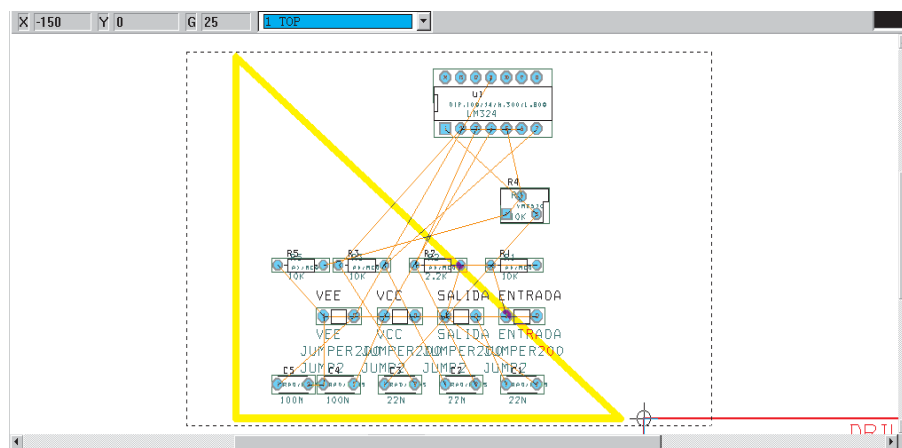


Figura 5.2.21 Línea de definición de obstáculos.

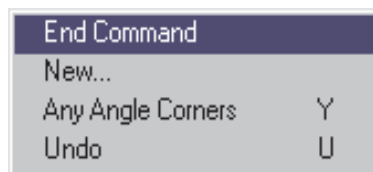


Figura 5.2.22 Ventana de selección de comandos, opción terminar comando.

OrCAD LAYOUT cuenta con un comando de distribución automática de componentes, para utilizar este comando es necesario que se encuentre definido el obstáculo que define el área del circuito impreso. Este comando, **“PLACE”**, se encuentra en el menú **“AUTO”**, figura 5.2.24. Este comando busca la distribución que considera óptima dado el tipo de huellas de los dispositivos y el área disponible en el circuito impreso.

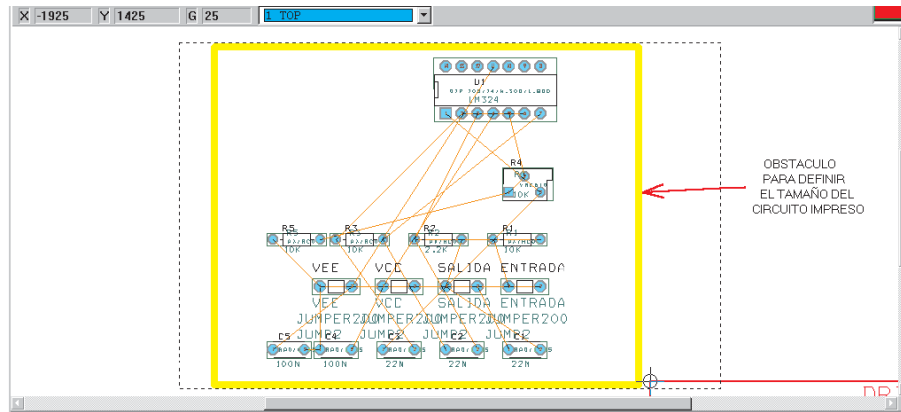


Figura 5.2.23 Obstáculo de definición de área del circuito impreso.

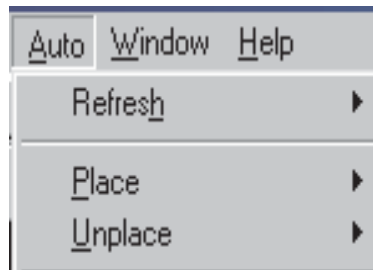


Figura 5.2.24 Menú "AUTO", seleccionando comando "PLACE".

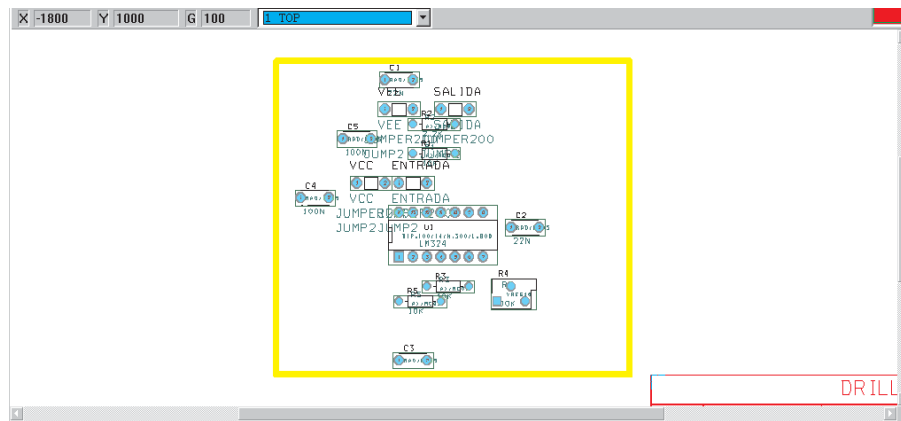


Figura 5.2.25 Circuito impreso con los dispositivos distribuidos automáticamente por OrCAD LAYOUT.

Los dispositivos de la figura 5.2.25 no muestran las líneas de conexión entre dispositivos que se tenían en la figura 5.2.23. Para hacer que las líneas de conexión entre dispositivos generada por la red de conexiones sean de nuevo visible se presiona el botón **"RECONNECT MODE"**, figura 5.2.26, con esto las líneas guía se vuelven a desplegar en pantalla, figura 5.2.27.



Figura 5.2.26 Botón “RECONNECT MODE” de la barra de herramientas.

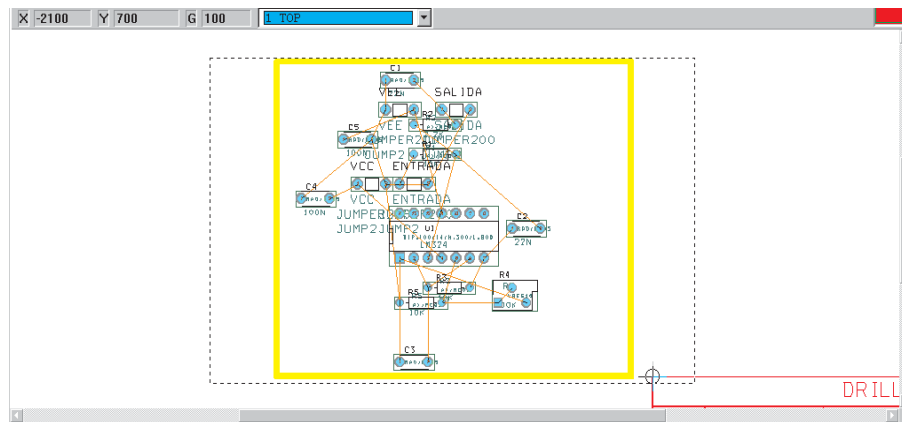


Figura 5.2.27 Circuito impreso con los dispositivos distribuidos automáticamente y mostrando las líneas guía de conexión.

En muchas ocasiones esta distribución no es adecuada desde el punto de vista del usuario, y es necesario mover manualmente la posición de algunos dispositivos. Para seleccionar y mover los dispositivos del circuito impreso se selecciona la opción **“SELECT TOOL”** del comando **“COMPONENT”**, o se presiona el botón **“COMPONENT TOOL”**, figura 5.2.28.

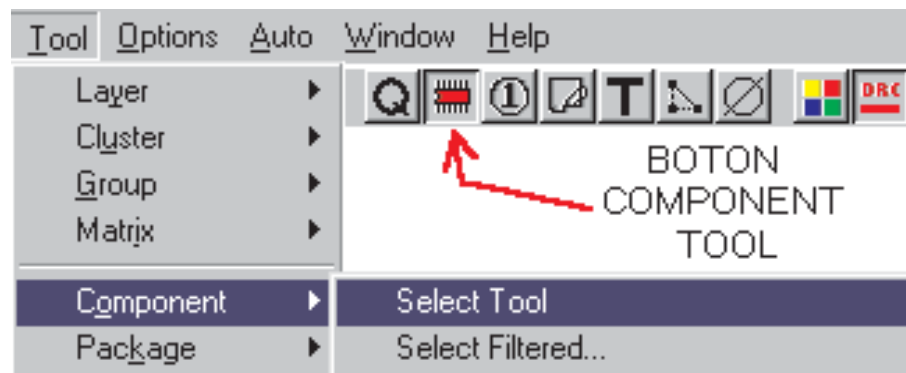


Figura 5.2.28 Selección de la opción “COMPONENT TOOL”.

Para seleccionar un dispositivo que se quiere mover se requiere posicionar el cursor en el dispositivo y presionar el botón izquierdo del mouse, figura 5.2.29, una vez seleccionado el dispositivo puede ser girado presionando la tecla **“r”** o **“R”**, para posicionar el dispositivo en el área del circuito impreso se presiona el botón izquierdo del mouse. Para nuestro ejemplo moveremos todos los dispositivos a las posiciones que se muestran en la figura 5.2.30.

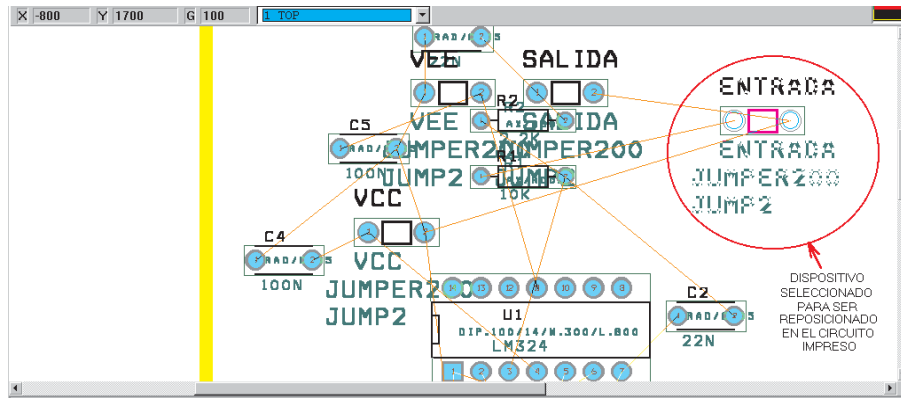


Figura 5.2.29 Dispositivos seleccionados para ser reposicionado en el área del circuito impreso.

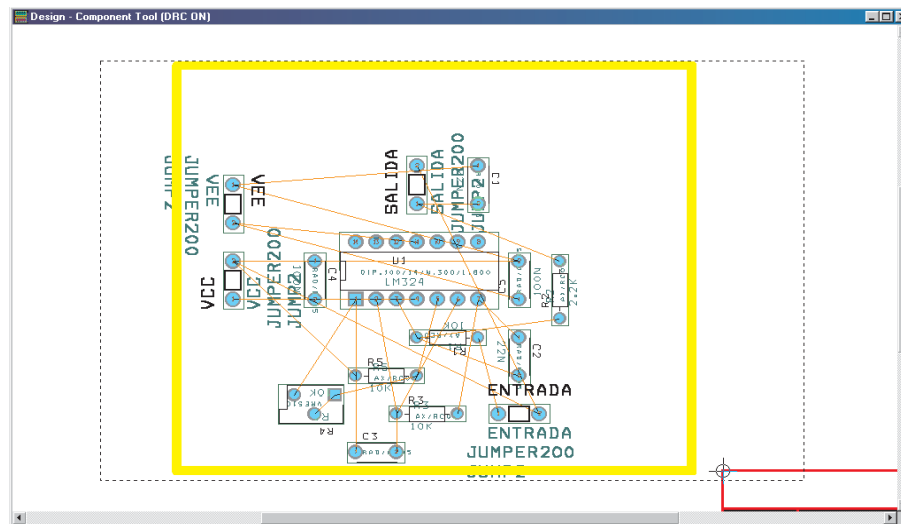
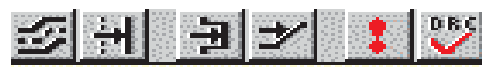


Figura 5.2.30 Nueva distribución de los dispositivos en el área del circuito impreso.

Para redibujar las líneas de la red de conexiones, de manera que se muestren en pantalla las trayectorias más cortas que unen las terminales de los dispositivos en el circuito, se presiona el botón **"REFRESH ALL"** que se encuentra en la barra de herramientas, figura 5.2.31, el resultado de la ejecución de este comando se muestra en la figura 5.2.32.



BOTON
REFRESH
ALL

Figura 5.2.31 Botón de ejecución del comando "REFRESH ALL".

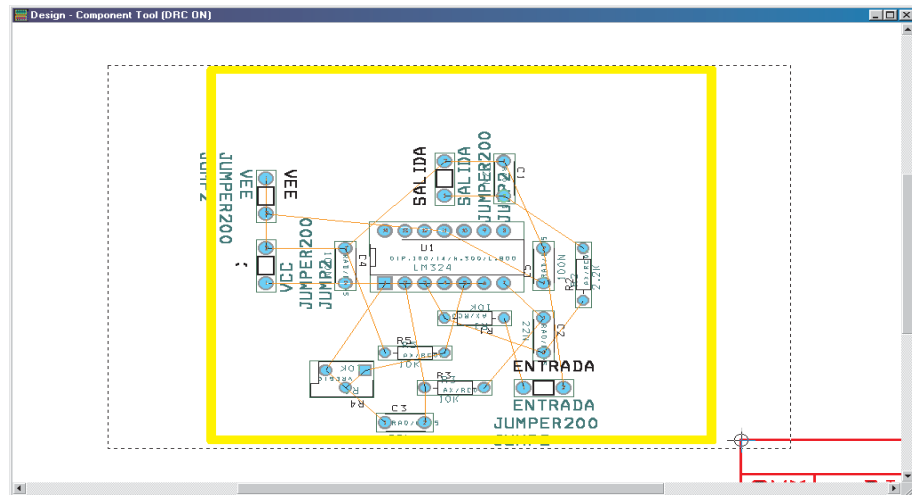


Figura 5.2.32 Líneas de la red de conexiones actualizadas.

Cambios en las formas de las huellas asignadas a los dispositivos

Antes de generar las pistas que unirán las terminales de los dispositivos en el circuito impreso, es una buena estrategia cambiar la forma y/o tamaño que tienen algunas huellas de las terminales de los dispositivos.

Para cambiar estas huellas se requiere cambiar las propiedades que se encuentra en la tabla de huellas de terminales, el acceso a esta tabla se realiza por medio la opción **"PADSTACK"** que se encuentra en la ventana que abre el botón **"VIEW SPREADSHEET"**, figura 5.2.33.

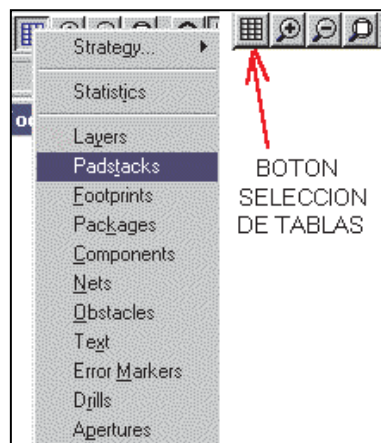
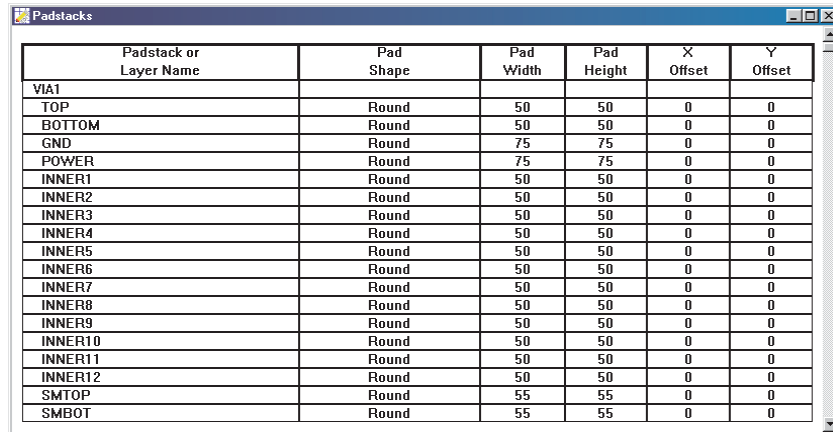


Figura 5.2.33 Selección de la tabla de huellas de terminales.



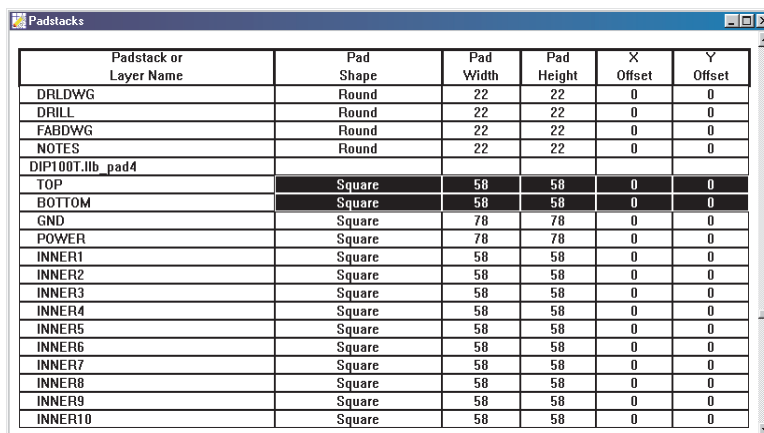
Padstack or Layer Name	Pad Shape	Pad Width	Pad Height	X Offset	Y Offset
VIA1					
TOP	Round	50	50	0	0
BOTTOM	Round	50	50	0	0
GND	Round	75	75	0	0
POWER	Round	75	75	0	0
INNER1	Round	50	50	0	0
INNER2	Round	50	50	0	0
INNER3	Round	50	50	0	0
INNER4	Round	50	50	0	0
INNER5	Round	50	50	0	0
INNER6	Round	50	50	0	0
INNER7	Round	50	50	0	0
INNER8	Round	50	50	0	0
INNER9	Round	50	50	0	0
INNER10	Round	50	50	0	0
INNER11	Round	50	50	0	0
INNER12	Round	50	50	0	0
SMTOP	Round	55	55	0	0
SMBOT	Round	55	55	0	0

Figura 5.2.34 Tabla de huellas de terminales de los dispositivos utilizados en el circuito impreso.

Para nuestro circuito, cambiaremos el tamaño y forma de las huellas de las terminales del circuito integrado y de las resistencias y capacitores, las huellas que se quieren modificar son las siguientes:

1. Para el circuito integrado: “DIP100T.Ilb_pad4”, “DIP100T.Ilb_pad3” y “DIP100T.Ilb_pad5”,
2. Para las resistencias: “TM_AXIAL.Ilb_pad2”,
3. Para el potenciómetro: “VRES.Ilb_pad24_1” y “VRES.Ilb_pad17_1”,
4. Para los capacitores: “TM_RAD.Ilb_pad1”, y
5. Para los conectores: “J1”.

Para encontrar estas huellas, se utiliza la barra de desplazamiento que se encuentra en la parte derecha de la ventana de desplegado de la tabla 5.2.34. Una vez encontrada, por ejemplo la primera huella, se seleccionan los renglones que corresponden a las capas donde se quiere modificar la forma y tamaño de las huellas. Para seleccionar las capas donde se realizarán las modificaciones se presiona la tecla “**SHIFT**” de manera simultánea al botón izquierdo del mouse cuando el cursor se encuentra sobre el cuadro que contiene el nombre de la capa a seleccionar, para nuestro ejemplo, modificaremos la forma y tamaño de las huellas de las terminales en las capas **TOP** (superior) y **BOTTOM** (inferior), tabla.



Padstack or Layer Name	Pad Shape	Pad Width	Pad Height	X Offset	Y Offset
DRILDWG	Round	22	22	0	0
DRILL	Round	22	22	0	0
FABDWG	Round	22	22	0	0
NOTES	Round	22	22	0	0
DIP100T.Ilb_pad4					
TOP	Square	50	50	0	0
BOTTOM	Square	50	50	0	0
GND	Square	78	78	0	0
POWER	Square	78	78	0	0
INNER1	Square	50	50	0	0
INNER2	Square	50	50	0	0
INNER3	Square	50	50	0	0
INNER4	Square	50	50	0	0
INNER5	Square	50	50	0	0
INNER6	Square	50	50	0	0
INNER7	Square	50	50	0	0
INNER8	Square	50	50	0	0
INNER9	Square	50	50	0	0
INNER10	Square	50	50	0	0

Figura 5.2.35 Capas superior e inferior seleccionadas para modificar la huella “DIP100T.Ilb_pad4”.

Una vez seleccionadas las capas a modificar, se presiona “**CTRL E**” para abrir la ventana de edición de huellas de terminales, figura 5.2.36. El campo “**PAD SHAPE**” permite definir la forma de la huella de la terminal, las opciones disponibles son:

1. “**ROUND**”, huella de forma redonda,
2. “**SQUARE**”, huella de forma cuadrada,
3. “**OVAL**”, huella de forma ovalada,
4. “**ANNULAR**”, huella de forma de anillo,
5. “**OBLONG**”, huella en forma de cuadrilátero con las esquinas redondeadas,
6. “**RECTANGLE**”, huella en forma de rectángulo,
7. “**THERMAL RELIEF**”, huella en forma redonda, con una mayor cantidad de área para servir como disipador de calor, y
8. “**UNDEFINED**”, cuando se tienen dispositivos de montaje superficial, las capas donde no se encuentre conectado el dispositivo no deben tener definida una huella.

En los campos “**PAD WIDTH**” y “**PAD HEIGHT**” se define el ancho y largo de la huella en mils. Para la huella que se tiene seleccionada, correspondiente a la terminal 1 del circuito impreso, se quiere una forma rectangular de 110 por 70 mils, figura 5.2.37, el resultado de este cambio se muestra en la figura 5.2.38.

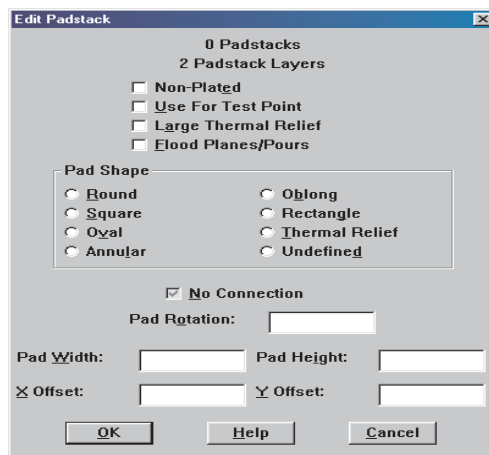


Figura 5.2.36 Ventana de modificación de propiedades de las huellas de terminales.

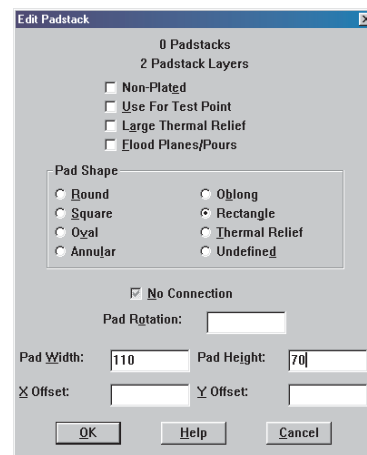


Figura 5.2.37 Ventana con las modificaciones de forma y tamaño para la huella “DIP100T.lib_pad4”.

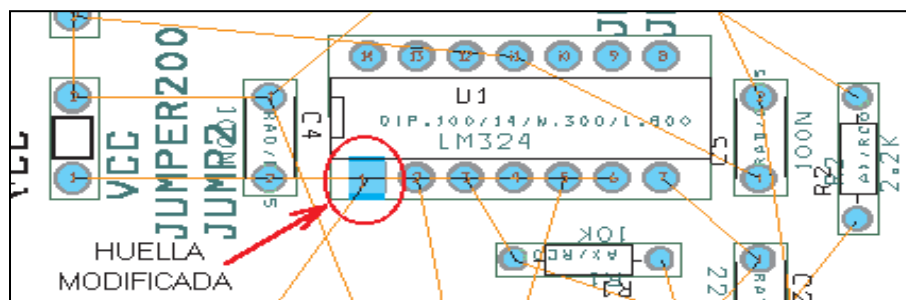


Figura 5.2.38 Acercamiento del área del circuito impreso donde se ve la modificación efectuada a la huella.

Para las otras huellas que se quieren modificar, las formas y los tamaños seleccionados son:

1. "DIP100T.Ilb_pad3", "PADSTACK" tipo "OBLONG", de 110 por 70 mils,
2. "DIP100T.Ilb_pad5", "PADSTACK" tipo "OBLONG", de 110 por 70 mils,
3. "TM_AXIAL.Ilb_pad2", "PADSTACK" tipo "ROUND", de 80 por 80mils,
4. "VRES.Ilb_pad24_1", "PADSTACK" tipo "RECTANGLE", de 110 por 70 mils,
5. "VRES.Ilb_pad17_1", "PADSTACK" tipo "OBLONG", de 70 por 110 mils,
6. "TM_RAD.Ilb_pad1", "PADSTACK" tipo "ROUND", de 80 por 80 mils.
7. "J1", "PADSTACK" tipo "ROUND", de 80 por 80 mils.

Una vez realizados los cambios, cerramos la ventana de desplegado de la tabla de huellas de terminales, y guardamos los cambios realizados al circuito presionando las teclas "**CTRL S**". El circuito con las modificaciones a las huellas de sus terminales se muestra en la figura 5.2.39.

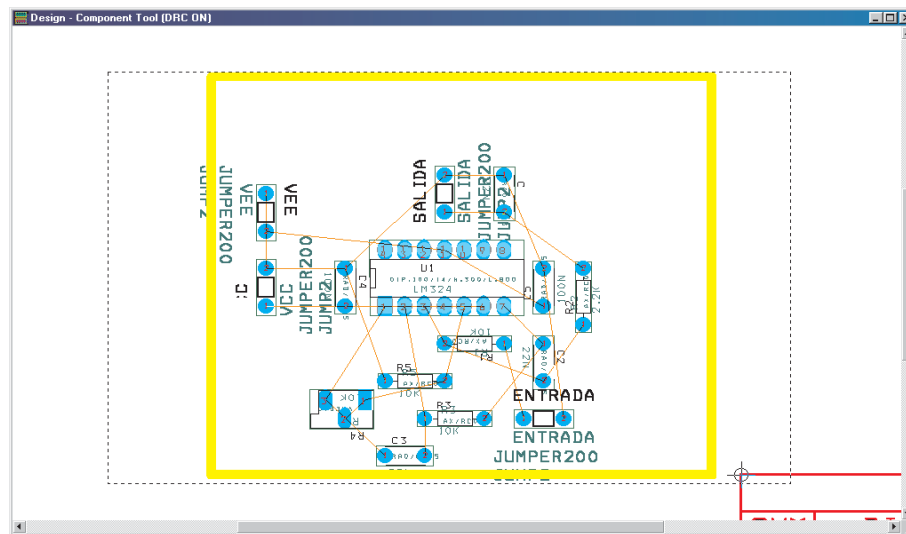


Figura 5.2.39 Dispositivos con las huellas de sus terminales modificadas.

Generación de las pistas de conexión

Una vez que ya se tiene la distribución de los dispositivos en el circuito impreso y que se han modificado las huellas de las terminales es tiempo de trazar las pistas que unen a estas terminales. Antes de empezar a trazar las pistas en el circuito impreso, asignaremos características de anchura específicas a cada uno de los grupos de pistas. Para modificar estas características es necesario abrir la tabla de características de red, seleccionando la opción "**NETS**" que se encuentra en la ventana que abre el botón "**VIEW SPREADSHEET**", figura 5.2.40.

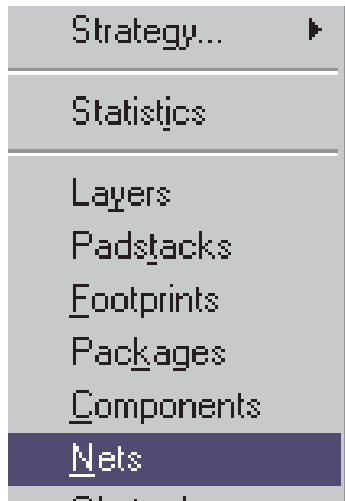


Figura 5.2.40 Selección de la tabla de características de red.

Net Name	Color	Width Min Con Max	Routing Enabled	Share	Weight	Reconn Rule
0		12	Yes	Yes	50	Std
IN		12	Yes	Yes	50	Std
N00397		12	Yes	Yes	50	Std
N00451		12	Yes	Yes	50	Std
N00505		12	Yes	Yes	50	Std
OUT		12	Yes	Yes	50	Std
VCC		12	Yes	Yes	50	Std
VEE		12	Yes	Yes	50	Std
X1		12	Yes	Yes	50	Std
X2		12	Yes	Yes	50	Std

Figura 5.2.41 Tabla de características de red.

Para nuestro circuito, cambiaremos el ancho de las pistas que llevan alimentación y de señal. Para seleccionar las capas donde se realizarán las modificaciones se presiona la tecla “**SHIFT**” de manera simultánea al botón izquierdo del mouse cuando el cursor se encuentra sobre el cuadro que contiene el nombre de la conexión de red que se quiere modificar, para nuestro ejemplo empezaremos con las redes “0”, “VCC” y “VEE” que son las conexiones de red de alimentación, figura 5.2.42.

Net Name	Color	Width Min Con Max	Routing Enabled	Share	Weight	Reconn Rule
0		12	Yes	Yes	50	Std
IN		12	Yes	Yes	50	Std
N00397		12	Yes	Yes	50	Std
N00451		12	Yes	Yes	50	Std
N00505		12	Yes	Yes	50	Std
OUT		12	Yes	Yes	50	Std
VCC		12	Yes	Yes	50	Std
VEE		12	Yes	Yes	50	Std
X1		12	Yes	Yes	50	Std
X2		12	Yes	Yes	50	Std

Figura 5.2.42 Tabla de características de red con las conexiones de red de alimentación seleccionadas.

Una vez seleccionadas las redes a modificar, se presiona “**CTRL E**” para abrir la ventana de edición de características o propiedades de red, figura 5.2.43. El campo “**MIN WIDTH**” permite definir la anchura mínima que se puede asignar a una pista; el campo “**CONN WIDTH**” define la anchura que normalmente será utilizada al trazar pistas, y por último el campo “**MAX WIDTH**” define la anchura máxima que se puede asignar a una pista.

Para nuestro ejemplo, asignaremos anchuras de 20, 40 y 80 mils a estos tres campos. Para las redes “**IN**”, “**N00397**”, “**N00451**”, “**N00505**”, “**OUT**”, “**X1**” y “**X2**” asignaremos anchuras de 12, 20 y 80 mils. La tabla de características de red con los nuevos valores de anchura asignados se muestra en la figura 5.2.44.

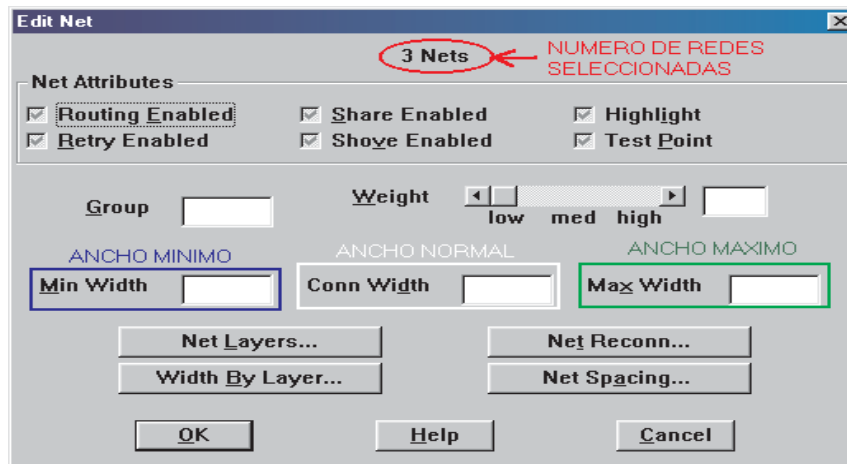
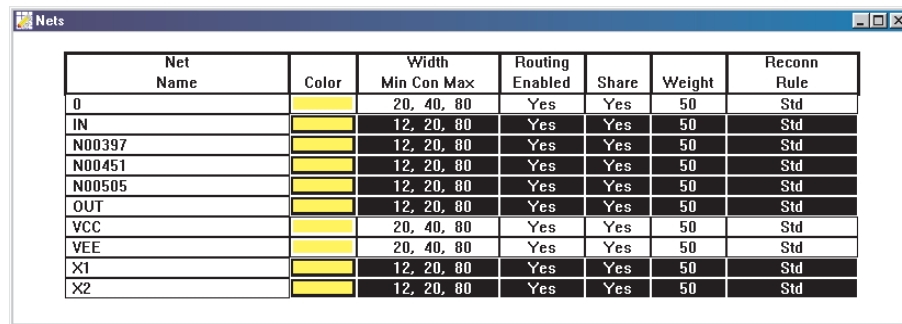


Figura 5.2.43 Ventana de edición de características de las redes de conexión.

Net Name	Color	Width Min Con Max	Routing Enabled	Share	Weight	Reconn Rule
0		20, 40, 80	Yes	Yes	50	Std
IN		12	Yes	Yes	50	Std
N00397		12	Yes	Yes	50	Std
N00451		12	Yes	Yes	50	Std
N00505		12	Yes	Yes	50	Std
OUT		12	Yes	Yes	50	Std
VCC		20, 40, 80	Yes	Yes	50	Std
VEE		20, 40, 80	Yes	Yes	50	Std
X1		12	Yes	Yes	50	Std
X2		12	Yes	Yes	50	Std

Figura 5.2.44 Tabla de características de red con los valores de anchura de pistas de alimentación modificados.



Net Name	Color	Width Min Con Max	Routing Enabled	Share	Weight	Reconn Rule
0	Yellow	20, 40, 80	Yes	Yes	50	Std
IN	Yellow	12, 20, 80	Yes	Yes	50	Std
N00397	Yellow	12, 20, 80	Yes	Yes	50	Std
N00451	Yellow	12, 20, 80	Yes	Yes	50	Std
N00505	Yellow	12, 20, 80	Yes	Yes	50	Std
OUT	Yellow	12, 20, 80	Yes	Yes	50	Std
VCC	Yellow	20, 40, 80	Yes	Yes	50	Std
VEE	Yellow	20, 40, 80	Yes	Yes	50	Std
X1	Yellow	12, 20, 80	Yes	Yes	50	Std
X2	Yellow	12, 20, 80	Yes	Yes	50	Std

Figura 5.2.45 Tabla de características de red con todos los valores de anchura de pista modificados.

OrCAD LAYOUT permite quitar parte de la tarea de trazar las pistas que unen a las terminales de los dispositivos por medio de la función **"AUTOROUTE"** (trazado automático de pistas) del menú **"AUTO"**, figura 5.2.46. Esta función puede ser aplicada a todo el circuito impreso, al cuadro que delimita la sección **DRC** o a un componente en particular.

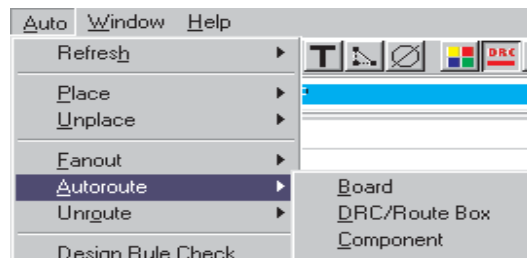


Figura 5.2.46 Menú de selección función "AUTOROUTE".

El resultado de aplicar la función **"AUTOROUTE"** con la opción **"BOARD"** en nuestro circuito impreso se muestra en la figura 5.2.47. Los trazos de las pistas que aparecen en la figura están agrupados por caras o capas en el circuito impreso, cada capa tiene asignado un color específico. La figura 5.2.48 muestra trazos de cuatro colores diferentes, de manera que la función **"AUTOROUTE"** genere trazos de pistas en cuatro capas diferentes del circuito impreso.

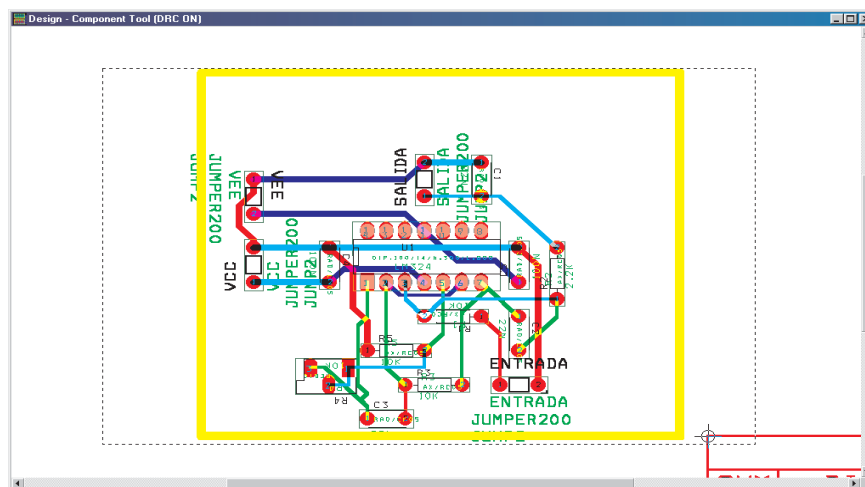


Figura 5.2.47 Circuito impreso con las pistas generadas con la función "AUTOROUTE".

Este número de capas puede ser ampliado o reducido según sean las necesidades particulares de un diseño de circuito impreso. Para nuestro ejemplo, limitaremos el número de capas disponibles a dos: una capa superior (**TOP**) y otra inferior (**BOTTOM**). Para establecer este límite, modificaremos la tabla de capas, para esto es necesario seleccionar la opción “**LAYERS**” que se encuentra en la ventana que abre el botón “**VIEW SPREADSHEET**”, figuras 5.2.49 y 5.2.50. La figura 5.2.50 muestra la tabla con todas las capas que reconoce **OrCAD LAYOUT**, para nuestro ejemplo debemos cambiar el tipo de capa que tienen asignadas las capas “**INNER1**” e “**INNER2**” de “**ROUTING**” a “**UNUSED**”, de manera que solo las capas “**TOP**” y “**BOTTOM**” puedan ser utilizadas para el trazado de pistas.

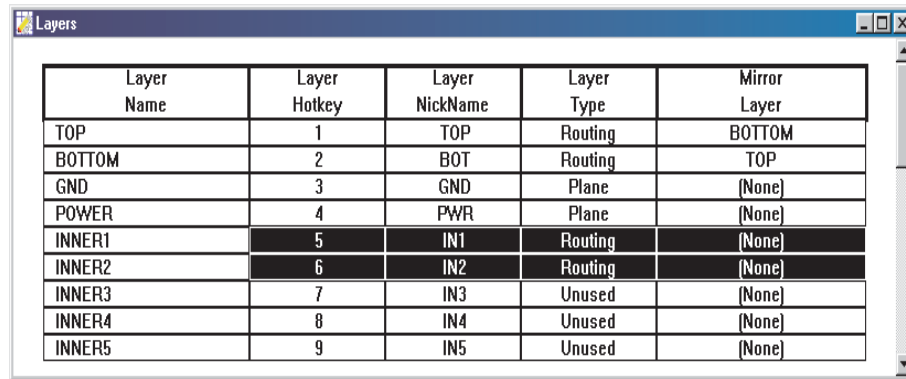


Figura 5.2.48 Ventana de selección de la opción. “**LAYERS**”.

Layer Name	Layer Hotkey	Layer NickName	Layer Type	Mirror Layer
TOP	1	TOP	Routing	BOTTOM
BOTTOM	2	BOT	Routing	TOP
GND	3	GND	Plane	[None]
POWER	4	PWR	Plane	[None]
INNER1	5	IN1	Routing	[None]
INNER2	6	IN2	Routing	[None]
INNER3	7	IN3	Unused	[None]
INNER4	8	IN4	Unused	[None]
INNER5	9	IN5	Unused	[None]
INNER6	Ctrl + 0	IN6	Unused	[None]
INNER7	Ctrl + 1	IN7	Unused	[None]
INNER8	Ctrl + 2	IN8	Unused	[None]
INNER9	Ctrl + 3	IN9	Unused	[None]
INNER10	Ctrl + 4	IN10	Unused	[None]
INNER11	Ctrl + 5	IN11	Unused	[None]
INNER12	Ctrl + 6	IN12	Unused	[None]
SMTOP	Ctrl + 7	SMT	Doc	SMBOT
SMBOT	Ctrl + 8	SMB	Doc	SMTOP
SPTOP	Ctrl + 9	SPT	Doc	SPBOT
SPBOT	Shift + 0	SPB	Doc	SPTOP
SSTOP	Shift + 1	SST	Doc	SSBOT
SSBOT	Shift + 2	SSB	Doc	SSTOP
ASYTOP	Shift + 3	AST	Doc	ASYBOT
ASYBOT	Shift + 4	ASB	Doc	ASYTOP
DRLDWG	Shift + 5	DRD	Doc	[None]
DRILL	Shift + 6	DRL	Drill	[None]
FABDWG	Shift + 7	FAB	Doc	[None]
NOTES	Shift + 8	NOT	Doc	[None]

Figura 5.2.49 Tabla de características de las capas utilizadas en OrCAD LAYOUT.

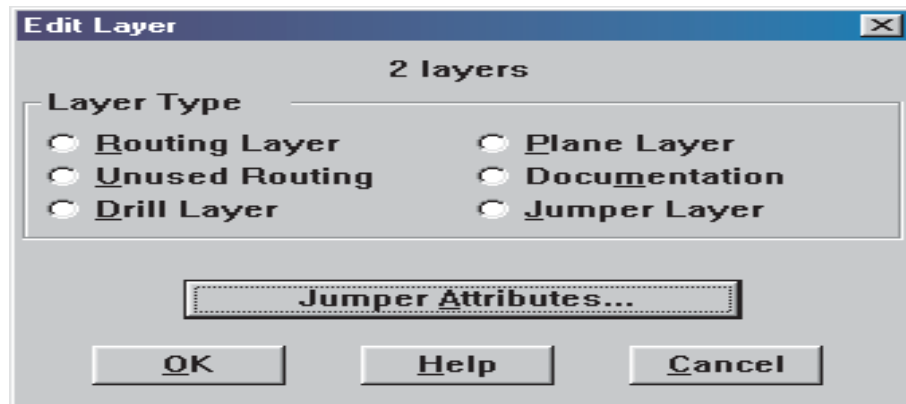
Para seleccionar las capas donde se realizarán las modificaciones se presiona la tecla “**SHIFT**” de manera simultánea al botón izquierdo del mouse cuando el cursor se encuentra sobre el cuadro que contiene el nombre de la capa que se quiere modificar, para nuestro seleccionaremos las capas “**INNER1**” y “**INNER2**”, figura 5.2.50.



Layer Name	Layer Hotkey	Layer NickName	Layer Type	Mirror Layer
TOP	1	TOP	Routing	BOTTOM
BOTTOM	2	BOT	Routing	TOP
GND	3	GND	Plane	(None)
POWER	4	PWR	Plane	(None)
INNER1	5	IN1	Routing	(None)
INNER2	6	IN2	Routing	(None)
INNER3	7	IN3	Unused	(None)
INNER4	8	IN4	Unused	(None)
INNER5	9	IN5	Unused	(None)

Figura 5.2.50 Tabla de capas con las capas a modificar seleccionadas.

Una vez seleccionadas las capas a modificar, se presiona “**CTRL E**” para abrir la ventana de edición de características o propiedades de las capas, figura 5.2.51. En el campo “**LAYER TYPE**” seleccionamos la opción “**UNUSED ROUTING**”. La tabla de capas con los nuevos valores asignados se muestra en la figura 5.2.52.



Edit Layer

2 layers

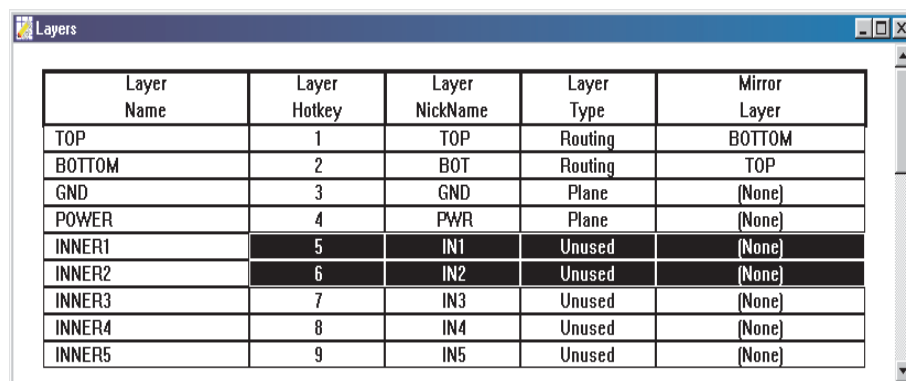
Layer Type

☐ Routing Layer
 ☐ Plane Layer
☒ Unused Routing
 ☐ Documentation
☐ Drill Layer
 ☐ Jumper Layer

Jumper Attributes...

OK Help Cancel

Figura 5.2.51 Ventana de edición de características de las capas.



Layer Name	Layer Hotkey	Layer NickName	Layer Type	Mirror Layer
TOP	1	TOP	Routing	BOTTOM
BOTTOM	2	BOT	Routing	TOP
GND	3	GND	Plane	(None)
POWER	4	PWR	Plane	(None)
INNER1	5	IN1	Unused	(None)
INNER2	6	IN2	Unused	(None)
INNER3	7	IN3	Unused	(None)
INNER4	8	IN4	Unused	(None)
INNER5	9	IN5	Unused	(None)

Figura 5.2.52 Tabla de capas con las características modificadas.

Una vez realizados los cambios, cerramos la ventana de despliegue de la tabla de huellas de terminales, y guardamos los cambios realizados al circuito presionando las teclas “**CTRL S**”.

De nuevo utilizamos la función **"AUTOROUTE"** en su opción **"BOARD"**, el circuito con las nuevas pistas generadas se muestra en la figura 5.2.53. La capa superior tiene ocho trazos, en caso de querer reducir el número de trazos que se encuentran en la capa superior, se requiere modificar el "costo" de las pistas que se generan en dicha cara. El "costo" define la prioridad que se le dará a cada capa para el trazo de pistas, en cuanto mayor sea el costo asociado a una capa en particular, **LAYOUT** tratará de reducir el número de pistas que genera en dicha capa. Para modificar el costo asociado a la capa superior se selecciona la opción **"ROUTE LAYERS"** del comando **"ROUTE STRATEGIES"** que se encuentra en el menú **"OPTIONS"**, figura 5.2.54.

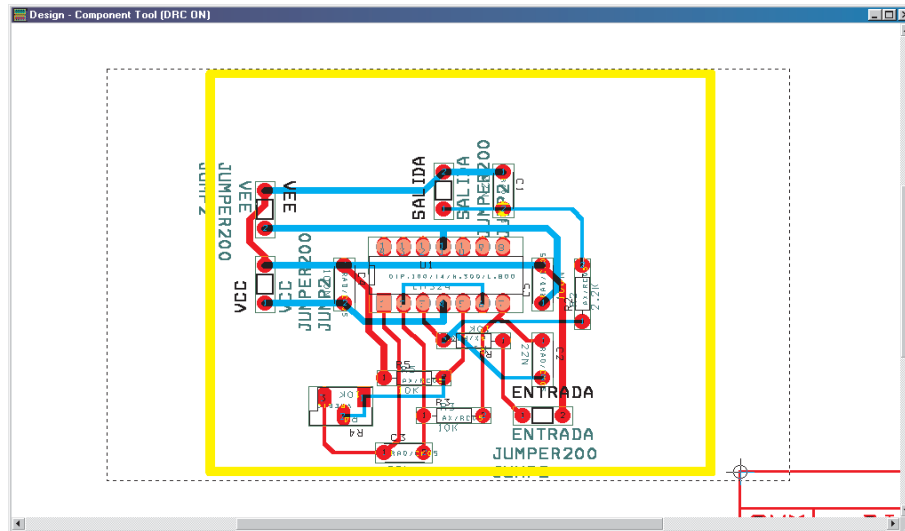


Figura 5.2.53 Circuito impreso con las pistas generadas solo en las capas superior e inferior.

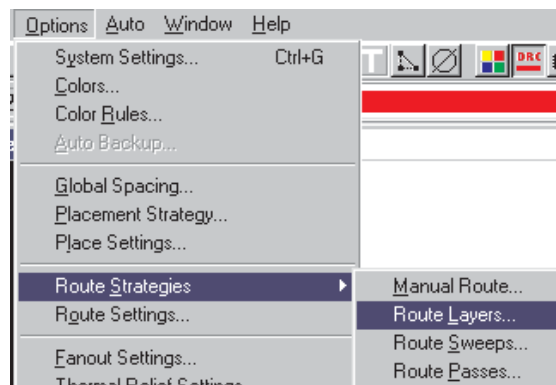
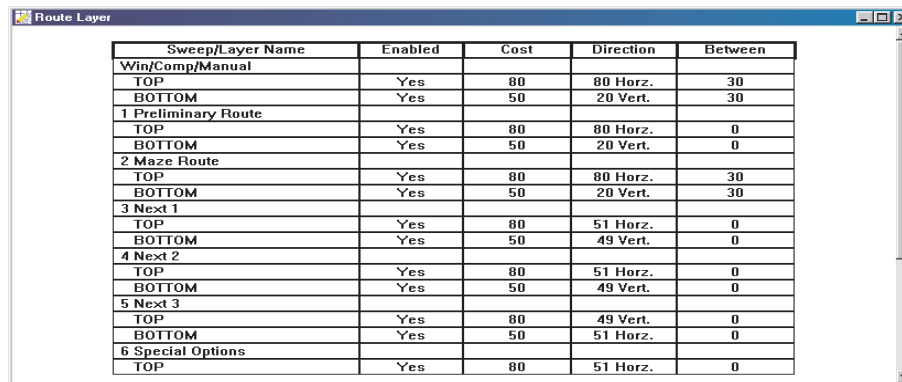


Figura 5.2.54 Menú de selección de la opción "ROUTE LAYERS".

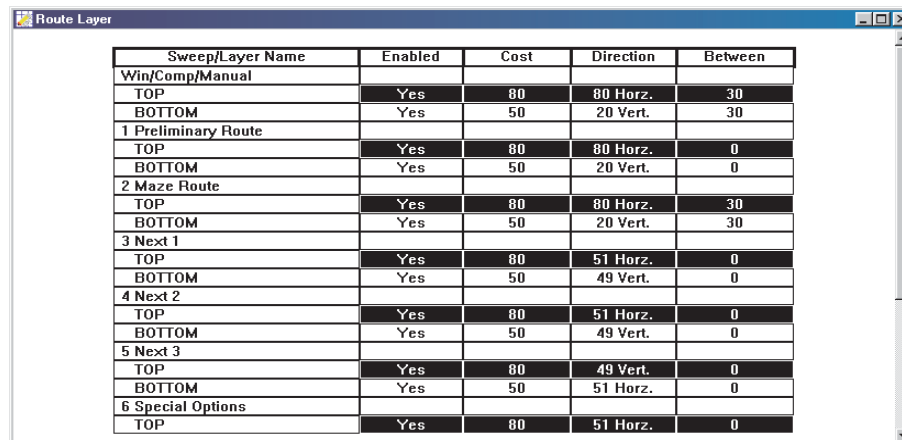
La opción **"ROUTE LAYERS"** abre la ventana mostrada en la figura 5.2.55. Para modificar el costo de trazar pistas en la cara superior (**TOP**), seleccionamos todas las capas **TOP** que aparecen en la figura 5.2.56 con el mismo procedimiento utilizado para las tablas de redes y capas, ver figura 5.2.57. Una vez seleccionadas las capas a modificar, se presiona **"CTRL E"** para abrir la ventana de edición costos de las capas, figura 5.2.59. La figura 5.2.59a muestra la ventana antes de las modificaciones. En el campo **"LAYER COST"** movemos el cursor de selección hasta que en el recuadro aparezca el valor de 100, por omisión el

valor asignado a la capa superior es de 50 al igual que a la inferior. Una vez asignado el nuevo costo presionamos el botón “OK” para cerrar la ventana de edición.



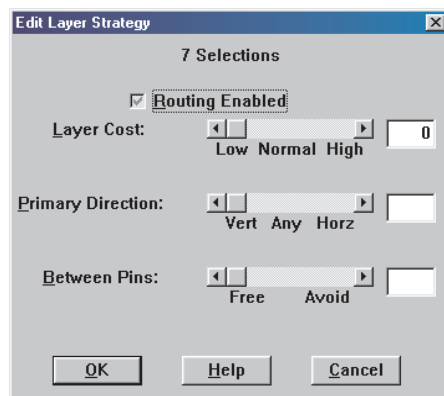
Sweep/Layer Name	Enabled	Cost	Direction	Between
Win/Comp/Manual				
TOP	Yes	80	80 Horz.	30
BOTTOM	Yes	50	20 Vert.	30
1 Preliminary Route				
TOP	Yes	80	80 Horz.	0
BOTTOM	Yes	50	20 Vert.	0
2 Maze Route				
TOP	Yes	80	80 Horz.	30
BOTTOM	Yes	50	20 Vert.	30
3 Next 1				
TOP	Yes	80	51 Horz.	0
BOTTOM	Yes	50	49 Vert.	0
4 Next 2				
TOP	Yes	80	51 Horz.	0
BOTTOM	Yes	50	49 Vert.	0
5 Next 3				
TOP	Yes	80	49 Vert.	0
BOTTOM	Yes	50	51 Horz.	0
6 Special Options				
TOP	Yes	80	51 Horz.	0

Figura 5.2.55 Tabla de estrategias de capas.



Sweep/Layer Name	Enabled	Cost	Direction	Between
Win/Comp/Manual				
TOP	Yes	80	80 Horz.	30
BOTTOM	Yes	50	20 Vert.	30
1 Preliminary Route				
TOP	Yes	80	80 Horz.	0
BOTTOM	Yes	50	20 Vert.	0
2 Maze Route				
TOP	Yes	80	80 Horz.	30
BOTTOM	Yes	50	20 Vert.	30
3 Next 1				
TOP	Yes	80	51 Horz.	0
BOTTOM	Yes	50	49 Vert.	0
4 Next 2				
TOP	Yes	80	51 Horz.	0
BOTTOM	Yes	50	49 Vert.	0
5 Next 3				
TOP	Yes	80	49 Vert.	0
BOTTOM	Yes	50	51 Horz.	0
6 Special Options				
TOP	Yes	80	51 Horz.	0

Figura 5.2.56 Tabla de estrategias con las capas a modificar seleccionadas.



7 Selections

☒ Routing Enabled

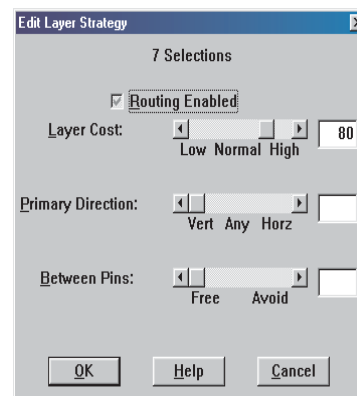
Layer Cost: Low Normal High

Primary Direction: Vert Any Horz

Between Pins: Free Avoid

OK Help Cancel

a)



7 Selections

☒ Routing Enabled

Layer Cost: Low Normal High

Primary Direction: Vert Any Horz

Between Pins: Free Avoid

OK Help Cancel

b)

Figura 5.2.57 Ventana de edición de costos.

Una vez realizados los cambios, cerramos la ventana de despliegado de la tabla de huellas de terminales, y guardamos los cambios realizados al circuito presionando las teclas “**CTRL S**”. Para poder aplicar estos cambios en los costos de trazado de pistas es necesario borrar las rutas antes generadas utilizando la opción “**BOARD**” de la función “**UNROUTE**” y volver a utilizar la función “**BOARD**” de la función “**AUTOROUTE**”, el resultado se muestra en la figura 5.2.60.

El número de trazos en la capa superior se redujo a seis; observando detenidamente se puede apreciar que algunas pistas de la capa inferior pueden ser trazadas de otra manera, esto sin embargo, deberá realizarse de manera manual.

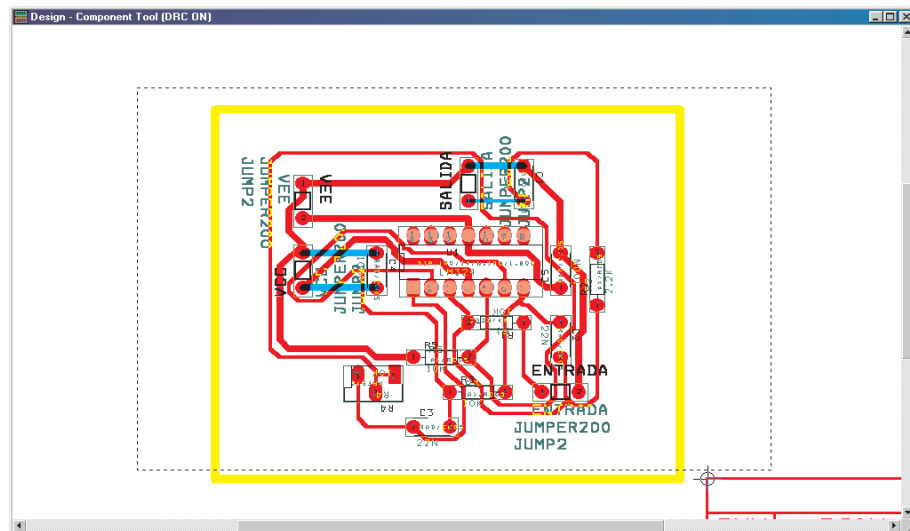


Figura 5.2.58 Circuito impreso con los nuevos costos para pistas en la capa superior.

Para realizar una edición manual del trazado de pistas se debe activar el botón “**ADD/EDIT ROUTE MODE**” que se encuentra en la barra de herramientas, figura 5.2.59. Para seleccionar el trazo a modificar, es necesario utilizar el botón izquierdo del mouse cuando el apuntador del mouse se encuentra sobre el trazo a modificar. El trazo seleccionado volverá a desplegar la línea delgada que se tenía antes de generar la pista, figura 5.2.60.

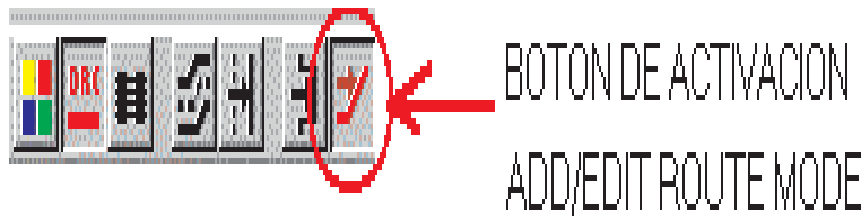


Figura 5.2.59 Botón de selección de herramienta de modificación de pistas.

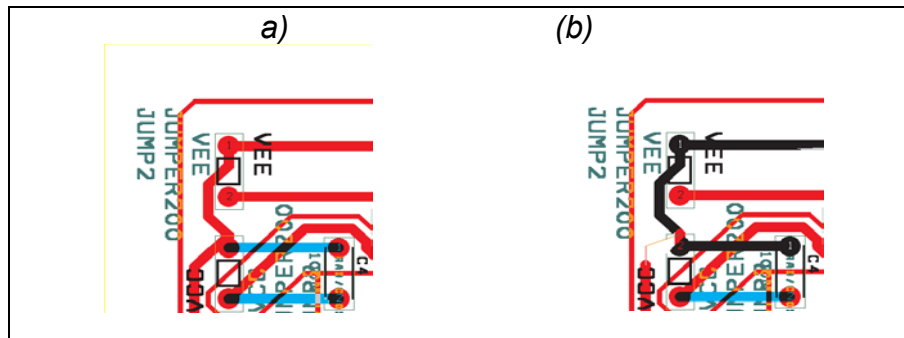


Figura 5.2.60 (a) Pista a modificar, (b) pista seleccionada para modificación.

La figura 5.2.61 muestra el circuito impreso terminado con algunas modificaciones en la forma de los trazos de la cara inferior.

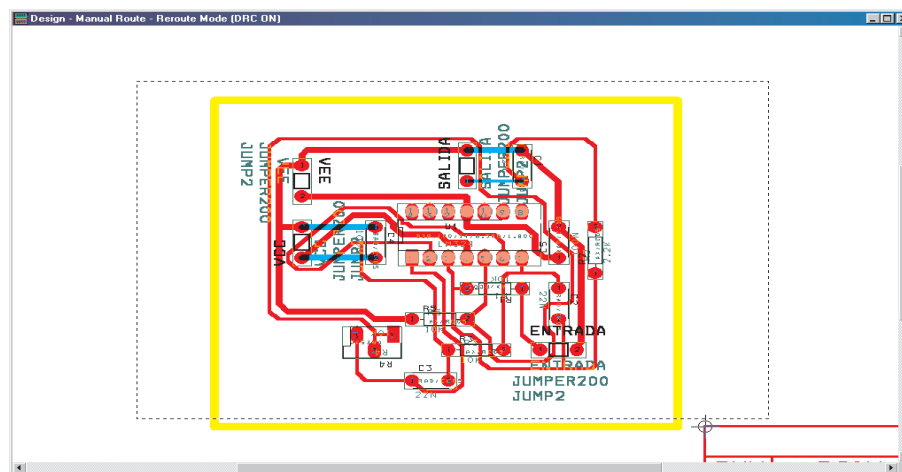


Figura 5.2.61 Circuito impreso terminado.

Delimitado y llenado de espacios en el circuito impreso

Para reducir el tiempo de fabricación relacionado con la eliminación de exceso de cobre, y para mejorar los planos de tierra de un circuito impreso, en muchas ocasiones se requiere llenar el espacio libre que se encuentra en un diseño de circuito impreso con áreas de cobre. Además, también es necesario en algunas ocasiones colocar etiquetas que ayuden a identificar conectores o fechas de fabricación, **OrCAD LAYOUT** permite realizar estas tareas de manera sencilla. A nuestro circuito impreso le agregaremos los siguientes textos: “**ENTRADA**”, “**SALIDA**”, “**VCC**”, “**VEE**” y “**GND**” en la capa inferior, además, se tratará de que el espacio vacío de la cara inferior sea ocupado por un plano de tierra.

Para agregar los textos es necesario utilizar la herramienta “**TEXT TOOL**” que se encuentra en la barra de herramientas, figura 5.2.62. Para iniciar la edición de texto, presionamos el botón derecho del mouse y seleccionamos “**NEW**” en la ventana que se abre, figura 5.2.63. Esto abre la ventana mostrada en la figura 5.2.64, el texto se introduce en el campo “**TEXT STRING**”. Los campos “**TEXT WIDTH**” y “**TEXT HEIGHT**” definen el ancho y alto de las letras utilizadas, los valores por omisión son 10 y 75, para nuestro ejemplo los cambiaremos por 20 y 150. Dado la perspectiva del diseñador de

circuitos impresos en **OrCAD LAYOUT** es desde la capa superior, cualquier texto que se quiera colocar en la inferior debe verse al revés desde dicha perspectiva, para lograr este efecto, se selecciona la opción “**MIRRORER**”, y por último se selecciona la capa donde se colocará el texto, en nuestro caso “**BOTTOM**”, y se presiona el botón “**OK**”. El texto generado aparece pegado al cursor, para posicionarlo en el circuito impreso es necesario presionar el botón izquierdo del mouse.

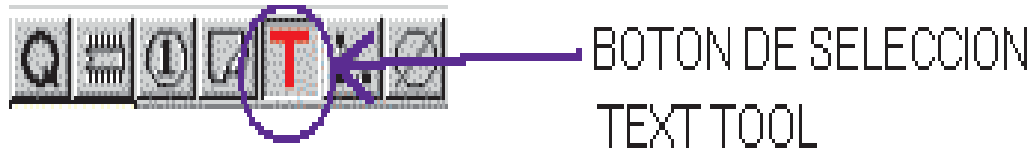


Figura 5.2.62 Botón de selección de la herramienta “TEXT TOOL”.

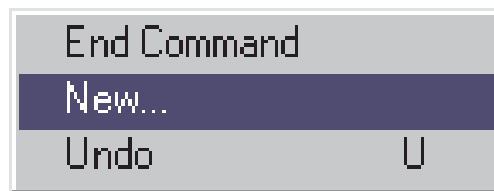


Figura 5.2.63 Ventana de selección de opciones de “TEXT TOOL”.

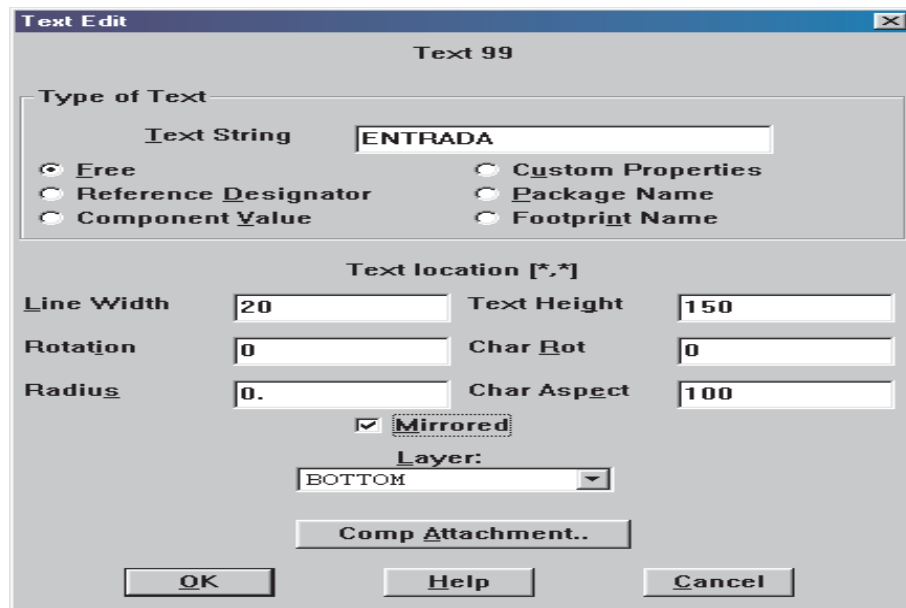


Figura 5.2.64 Ventana de edición de texto.

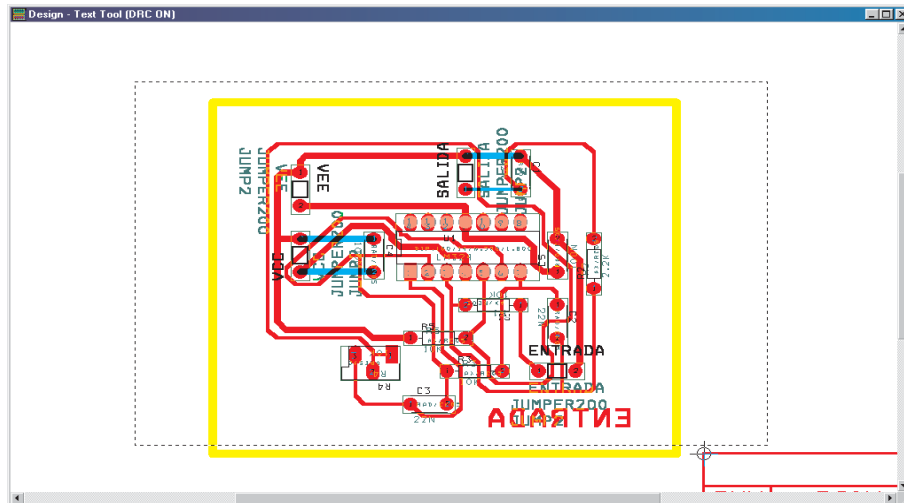


Figura 5.2.65 Circuito impreso con el texto “ENTRADA” colocado en la cara inferior.

Para los textos “VCC” y “VEE”, además de modificar los valores por omisión del ancho y alto de las letras, se modificará el campo “ROTATION”, el valor asignado por omisión es **0**, el cual será cambiado por **-90**. La figura 5.2.65 muestra los textos colocados en el circuito impreso.

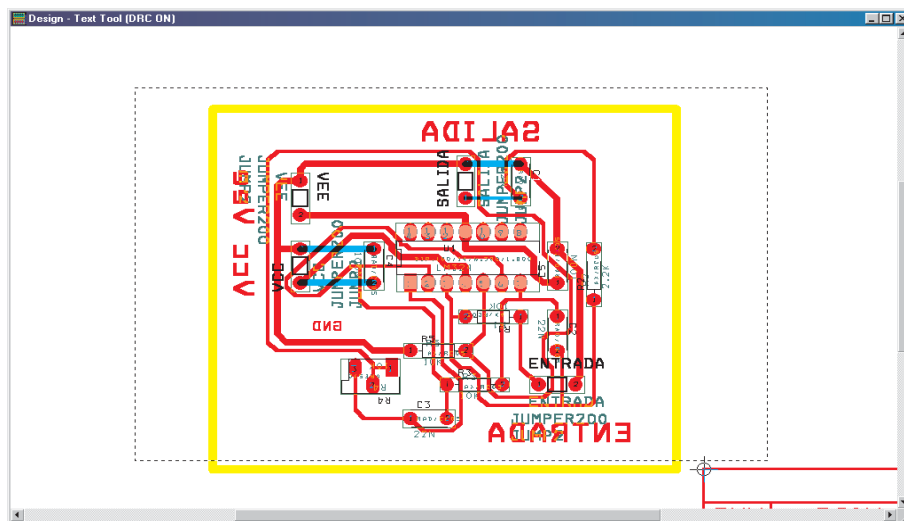


Figura 5.2.66 Circuito impreso con los textos agregados.

Para llenar los espacios vacíos del circuito impreso y utilizarlo como plano de tierra, se requiere modificar las características del obstáculo que se utilizó para definir el tamaño del circuito impreso. Para poder realizar esta operación es necesario presionar el botón “**OBSTACLE TOOL**” de la barra de herramientas, figura 5.2.66. Para seleccionar el obstáculo se posiciona el cursor sobre él y se presiona el botón izquierdo del mouse. Con el obstáculo seleccionado se presiona la secuencia de teclas “**CTRL E**” para abrir la ventana de edición de propiedades del obstáculo, figura 5.2.67.



BOTON DE
SELECCION
OBSTACLE TOOL

Figura 5.2.67 Botón de selección de herramienta “OBSTACLE TOOL”.

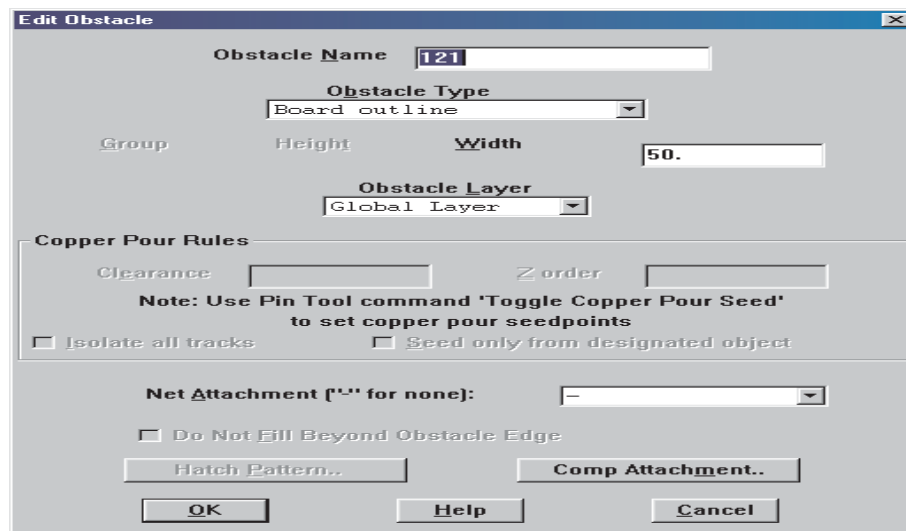


Figura 5.2.68 Ventana de edición de propiedades del obstáculo.

Los campos que se requieren modificar para crear un plano de tierra en el espacio libre del circuito impreso son:

- 1.- “**OBSTACLE TYPE**”, debe cambiarse de “**BOARD OUTLINE**” a “**COUPER POUR**”
- 2.- “**OBSTACLE LAYER**”, debe cambiarse de “**GLOBAL LAYER**” a “**BOTTOM**”,
- 3.- “**CLEARANCE**”, define el espacio entre el plano de tierra que se quiere generar y las pistas del circuito impreso, para nuestro ejemplo, utilizaremos un espacio de 30 mils.
- 4.- “**NET ATTACHMENT**”, debe cambiarse de “-” a “**0**”, “**0**” define la tierra utilizada en el diagrama esquemático de **CAPTURE**.

Los cambios efectuados se muestran en la figura 5.2.68. Al presionar el botón “**OK**” y cerrarse la ventana de edición, el cursor está en posición de modificar la forma del obstáculo, para evitar modificar la forma del obstáculo y ver el efecto de los cambios realizados en la ventana de propiedades es necesario presionar la tecla “**ESC**”, el circuito con el plano de tierra generado se muestra en la figura 5.2.70.

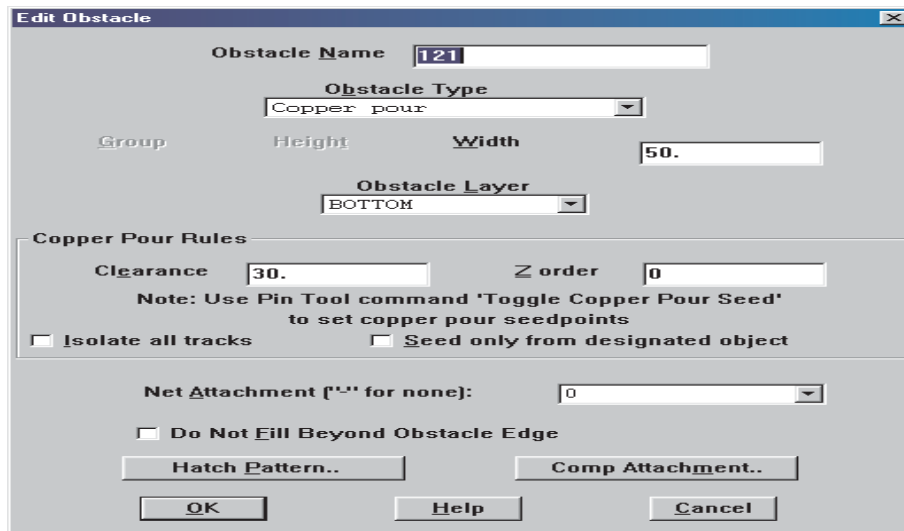


Figura 5.2.69 Ventana de edición de propiedades con los nuevos valores.

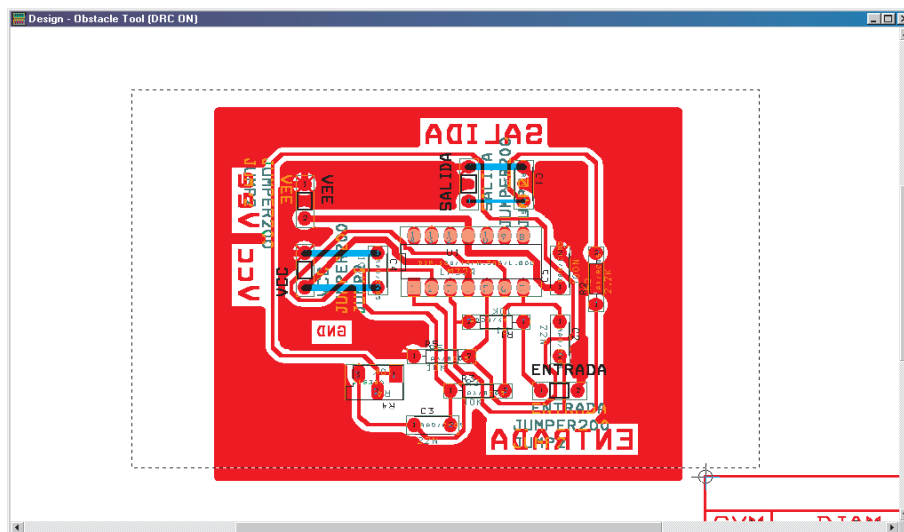


Figura 5.2.70 Circuito impreso con el plano de tierra generado.

Impresión de las capas del circuito impreso

Una vez terminado el diseño del circuito impreso, es necesario realizar impresiones de las capas que lo componen. De manera adicional a las capas en las que se encuentran las pistas, en los procesos de producción se utilizan las impresiones de las capas de ensamble (**ASSEMBLY**) y de malla (**SIKLSCREEN**) para ayudar a la localización de los dispositivos en el circuito impreso.

Para imprimir por capas el circuito impreso, es necesario entrar en el modo de post procesamiento, esto se hace seleccionando la opción **"POST PROCESS"** del menú **"WINDOW"**, figura 5.2.71. En la ventana de post procesamiento se muestra la tabla con las veinticinco capas que maneja **OrCAD LAYOUT**, figura 5.2.72.

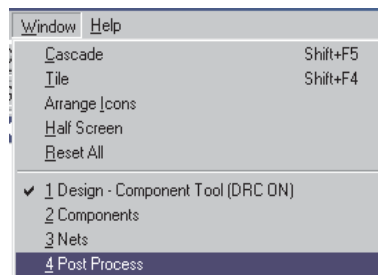


Figura 5.2.71 Ventana de selección de post procesamiento.

Plot output File Name	Batch Enabled	Device	Shift	Plot Title
*.TOP	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Top Layer
*.BOT	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Bottom Layer
*.GND	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Ground Layer
*.PWR	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Power Layer
*.IN1	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 1
*.IN2	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 2
*.IN3	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 3
*.IN4	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 4
*.IN5	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 5
*.IN6	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 6
*.IN7	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 7
*.IN8	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 8
*.IN9	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 9
*.I10	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 10
*.I11	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 11
*.I12	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 12
*.SMT	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Soldermask Top
*.SMB	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Soldermask Bottom
*.SPT	No	EXTENDED GERBER	No shift	Solder Paste Top
*.SPB	No	EXTENDED GERBER	No shift	Solder Paste Bottom
*.SST	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Silkscreen Top
*.SSB	No	EXTENDED GERBER	No shift	Silkscreen Bottom
*.AST	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Assembly Top
*.ASB	No	EXTENDED GERBER	No shift	Assembly Bottom
*.DRD	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Drill Drawing

Figura 5.2.72 Tabla de selección de capas para post procesamiento.

El post procesamiento básico, necesario para imprimir las capas del circuito impreso se realiza en cuatro pasos:

- 1.- Selección de la capa a imprimir,
- 2.- Edición de sus propiedades para impresión,
- 3.- Visualización previa, e
- 4.- Impresión de la capa en la impresora seleccionada.

A continuación, utilizaremos el circuito impreso que acabamos de diseñar para ejemplificar estos pasos, las capas que se imprimirán son la superior (**TOP LAYER**), inferior (**BOTTOM LAYER**) y de ensamble superior (**ASSEMBLY TOP**). Para seleccionar la capa superior en la tabla de capas se utiliza el botón izquierdo del mouse, los campos de propiedades de la capa se resaltan tal como se muestra en la figura 4.85.

Plot output File Name	Batch Enabled	Device	Shift	Plot Title
*.TOP	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Top Layer
*.BOT	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Bottom Layer
*.GND	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Ground Layer

Figura 5.2.73 Capa superior seleccionada.

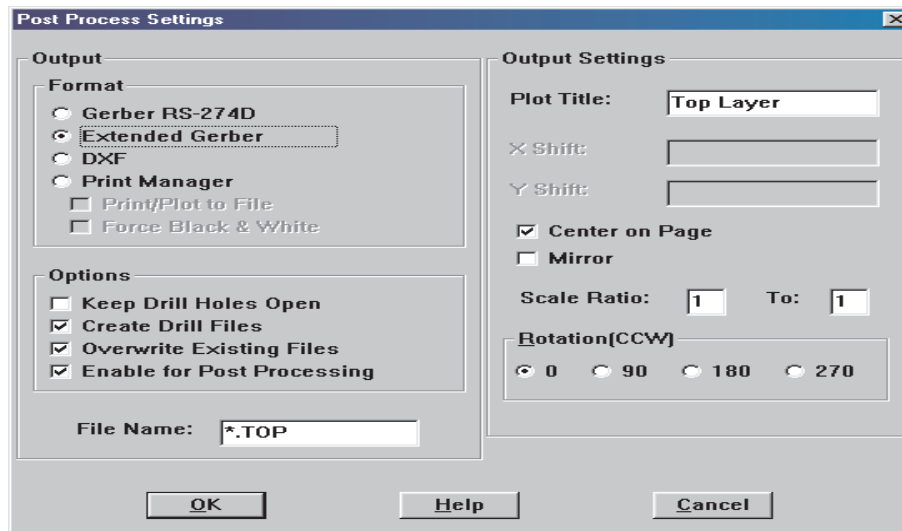


Figura 5.2.74 Ventana de edición de propiedades de las capas

Para modificar las propiedades de la capa, es necesario presionar la secuencia de teclas **“CTRL E”**, esto abre la ventana de edición de propiedades que se muestra en la figura 5.2.73.

La ventana cuenta con varios campos, que permiten modificar las características de impresión de la capa. El campo **“FORMAT”** define las características del archivo de salida (impresión), en la mayoría de los casos la opción por omisión es la seleccionada, para exportar la impresión de la capa hacia **AutoCAD** se selecciona el formato **“DXF”**, para nuestro ejemplo, dejaremos la opción por omisión. En el campo **“OPTIONS”** agregaremos la selección **“KEEP DRILL HOLES OPEN”** para permitir que en la impresión de la capa se mantengan despejadas las marcas de perforación para las terminales de los dispositivos.

El campo **“PLOT TITTLE”** permite cambiar el nombre o título de la impresión de la capa. El campo **“CENTER ON PAGE”** permite centrar la impresión de la capa en el centro de la hoja de impresión. El campo **“MIRROR”** permite imprimir en forma de **“negativo”** la capa sobre la hoja de impresión. El campo **“SCALE RATIO”** permite imprimir en escalas diferentes a **1**, esto se utiliza cuando el proceso de fabricación del circuito impreso utiliza métodos fotográficos. Por último, el campo **“ROTATION (CCW)”** permite asignar una rotación o giro de la hoja de impresión en sentido contrario a las manecillas del reloj, esto se utiliza para utilizar mejor el área de la hoja de impresión. Al terminar de modificar las propiedades de la capa se presiona el botón **“OK”**.

Con estas nuevos valores de propiedades asignados, y con la capa aun seleccionada, presionamos el botón derecho del mouse, esto abre una ventana de selección de opciones, figura 5.2.75; seleccionamos la opción **“PREVIEW”**, esto hace que los colores de los trazos desplegados en pantalla cambien, y sólo se visualicen los correspondientes a la capa seleccionada, figura 5.2.76.

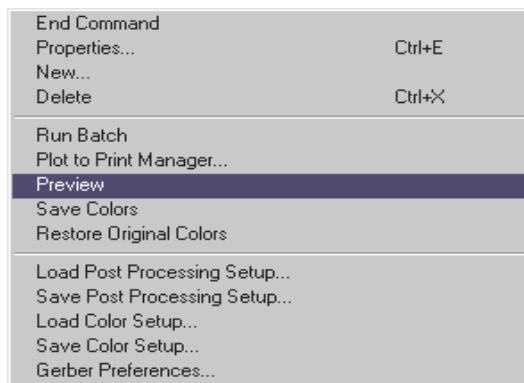


Figura 5.2.75 Ventana de selección de opciones de edición de capas

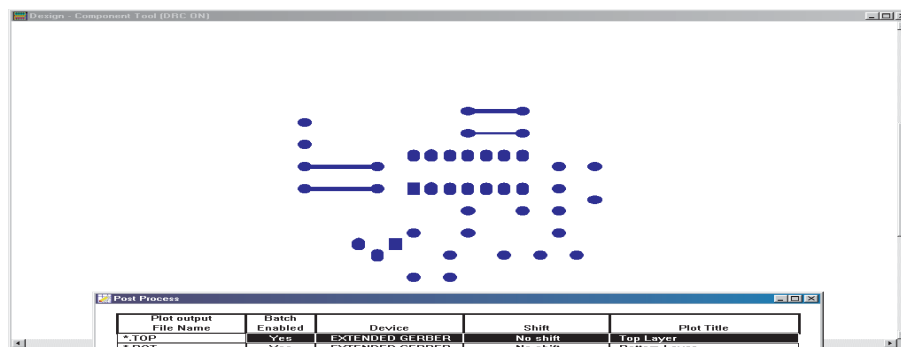


Figura 5.2.76 Capa superior vista con la opción de visualización previa

Para imprimir esta capa se requiere abrir nuevamente la ventana de selección de opciones con el botón derecho del mouse, en esta ocasión se requiere seleccionar la opción **“PLOT TO PRINT MANAGER”**, esto abre la ventana de impresión típica de **WINDOWS**, figura 5.2.77, en caso de querer imprimir a una impresora que no sea la predeterminada por el sistema, se puede realizar la selección a través del menú de selección que aparece en el campo **“NOMBRE”**.

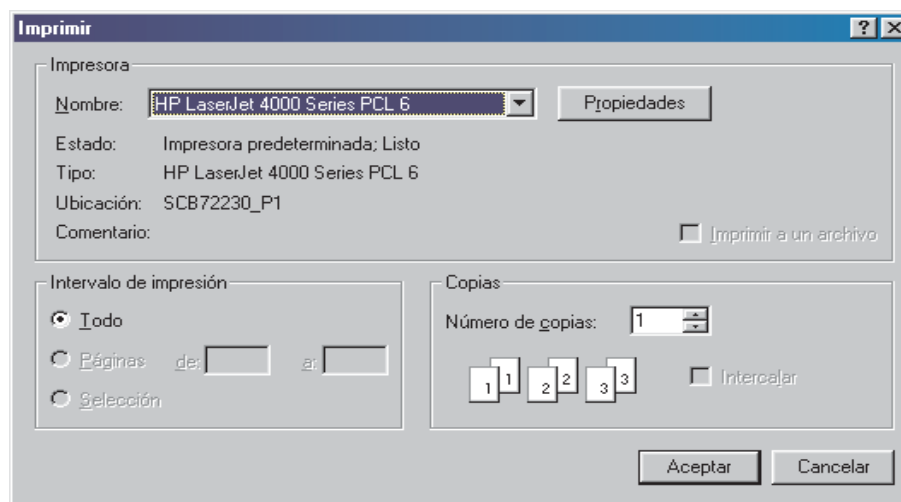


Figura 5.2.77 Ventana de impresión de WINDOWS.

Este proceso se repite para la capa inferior y de ensamble superior, el resultado de estas impresiones se muestra en las figuras 5.2.78a, 5.2.78b y 5.2.78c, las figuras se muestran con acercamiento y no a escala 1:1.

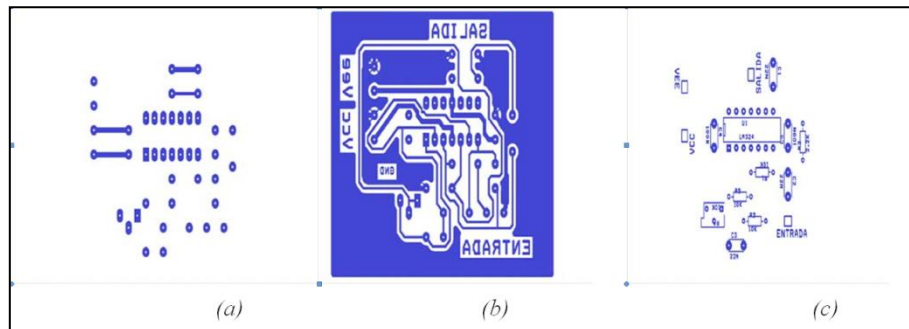


Figura 5.2.78 Impresión de las capas superior (a), inferior (b) y ensamble superior (c).

5.3 Técnicas básicas para la construcción de circuitos impresos.

El estudiante de la carrera en Electrónica, a través de su formación se encuentra comúnmente con la elaboración de prototipos armados probados en "PROTOBOARD" y termina desarmándolos ya sea porque él prototipo no tiene una aplicación real competitiva con los que ya existen en el mercado, o bien porque no dominan las técnicas para desarrollar el circuito impreso.

En **electrónica**, un circuito impreso o PCB (del inglés Printed Circuit Board), es un medio para sostener mecánicamente y conectar eléctricamente componentes electrónicos, a través de rutas o pistas de material conductor, grabados desde hojas de cobre laminadas sobre un sustrato no conductor.

Los métodos de fabricación son relativamente sencillos, la calidad del trabajo final depende de la creatividad y habilidad del usuario.

Existen varios métodos de fabricación y su diferencia entre si es básicamente por la forma del grabado de los dibujos en la placa de cobre, cada uno de ellos tiene ventajas y desventajas según la aplicación y el número de copias o placas a reproducir.

ESTOS METODOS SON:

- Método directo
- Método fotográfico
- Método Serigráfico.
- Método Automatizado
- Método por transferencia térmica

A continuación, describiremos los pasos de estos métodos:

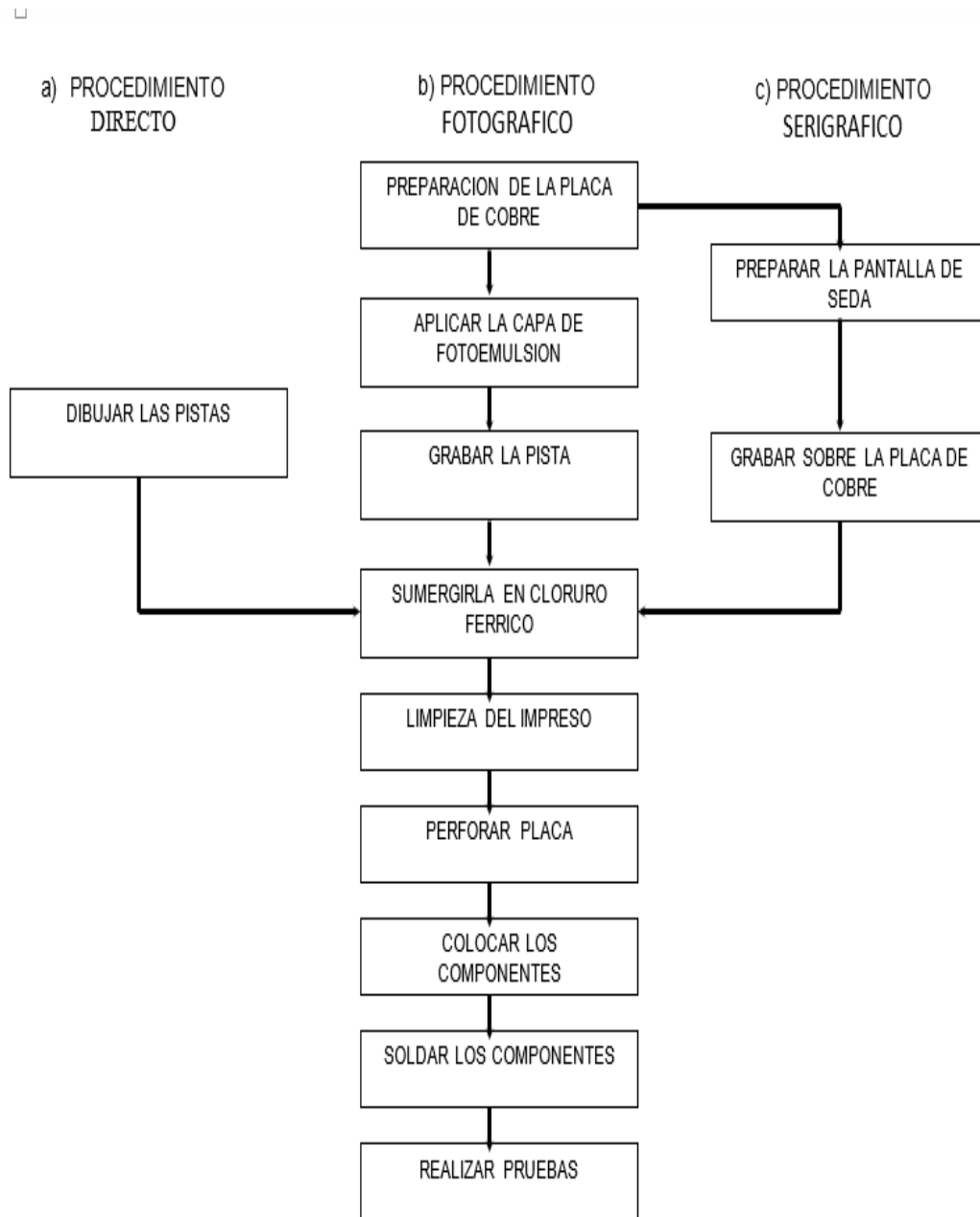


Tabla 5.3.1 Esquema del procedimiento para la fabricación de circuitos impresos.

Preparación de las placas de impreso.

En todos los métodos de fabricación el primer paso es limpiar la placa de cobre; buscando que quede libre de grasa, óxidos y todo tipo de suciedad, dependiendo de esto se puede utilizar desde detergentes y agua hasta vinagre o lejía diluida o en su defecto usar los limpiadores recomendados por el fabricante.

Una vez que quede perfectamente limpia la cara de cobre se procederá a secarla con aire caliente o una secadora de pelo preferentemente o bien al aire libre, buscando no tocar con las manos la superficie de cobre.

Una vez que esté limpia y seca, se procederá a hacerle una inspección ocular, buscando detectar posibles ralladuras profundas que pudieran inutilizar el uso de la placa.

Método directo.

Este método se puede realizar mediante dos alternativas.

- a) Usando una pluma con tinta anticorrosiva y dibujar las pistas, conexiones y demás detalles que requiere la placa apoyándose con equipo de dibujo (tiralíneas, escuadras, compás, etc.). En cuanto a las tintas, no tienen la misma consistencia y dependen del fabricante, se debe tener cuidado en que el trazado de las líneas sea homogéneo y uniforme.
- b) Utilizando columnas con trazos ya específicos y que sean autoadheribles a la superficie de cobre, para una mejor adhesión se deben presionar lo suficiente con el borde de un objeto (pluma, lapicero...).

A partir de este momento la placa ya queda lista para someterla al cloruro férrico para eliminar el cobre que no se utilizará.

VENTAJAS

- Es más rápido
- Es más barato
- Se enfoca más a prototipos no complicados

DESVENTAJAS

- Poco preciso
- Un solo original
- No recomendable para procesos en serie

NOTA: Como este método o procedimiento es similar para cualquier tipo de fabricación de impresos lo explicaremos ampliamente al final del método serigráfico.

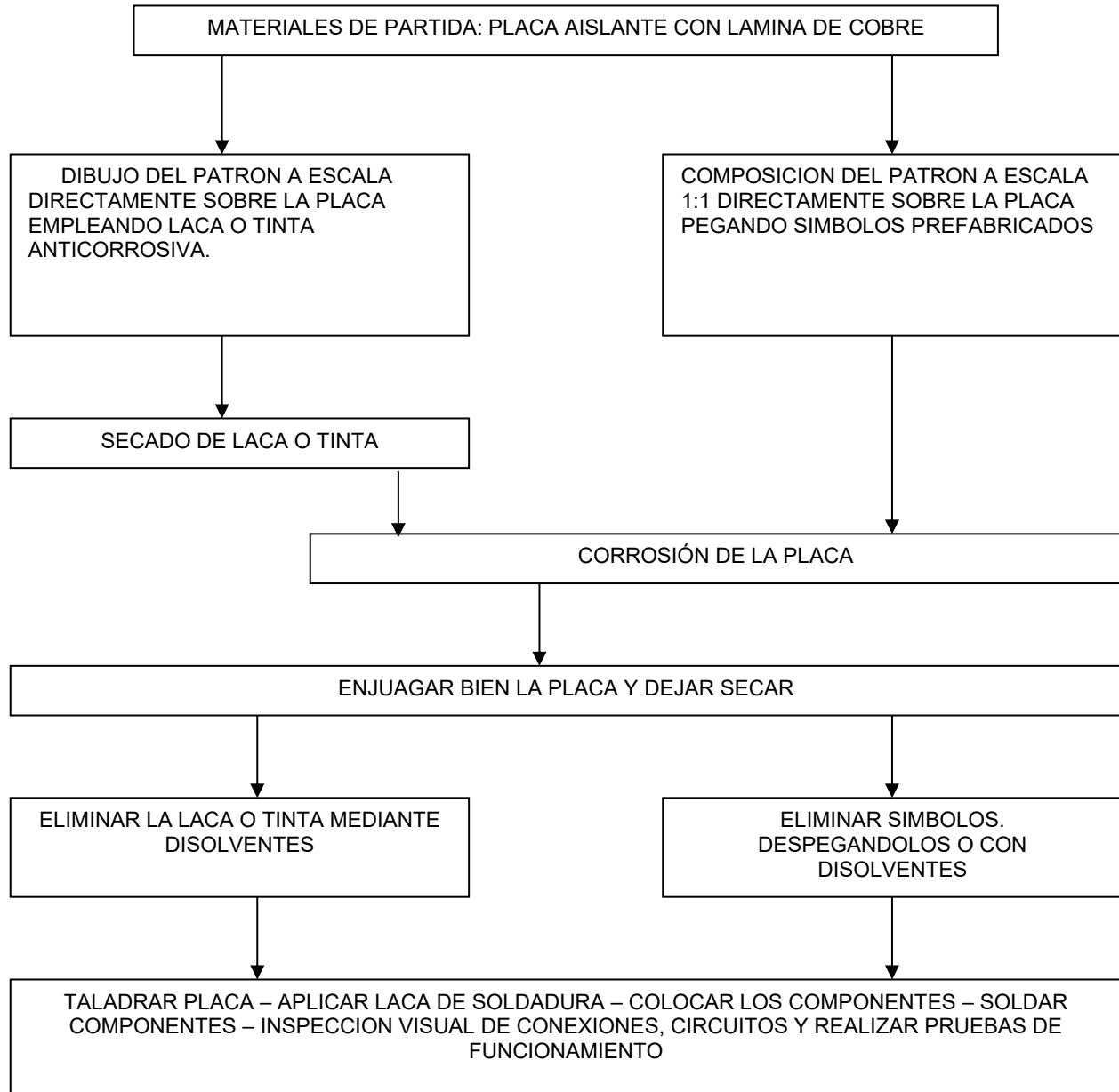


Tabla 5.3.2 Procedimiento del método directo

Método fotográfico.

Al igual que el método directo, el primer paso es limpiar perfectamente la placa de cobre, según las instrucciones anteriores. Segundo paso; nuestro circuito que se ha grabar en la placa de cobre ya debe de estar listo trabajando con el positivo del método fotográfico únicamente en un cuarto oscuro para fotografía, se le aplica a la superficie de cobre una foto emulsión anticorrosiva.

Se deja secar pudiendo acelerar este paso con una secadora de pelo (40°C aproximadamente). Una vez seca se procede a colocare el positivo sobre la placa de cobre oprimiendo con un vidrio de las mismas dimensiones.

Acto seguido se expone a una fuente de luz que puede ser:

- Lámpara incandescente.
- Lámpara fluorescente.
- Lámpara halógena.

Siendo la más recomendable la de halógeno y la menos recomendable la incandescente. La distancia de la lámpara a la superficie de cobre normalmente es de 1:1 para lámparas incandescentes.

Generalmente la distancia y el tiempo son obtenidos empíricamente para lograr mejores resultados, se dan algunos parámetros de referencia para estas variables (ver tabla de apéndice). Después de haberse grabado el dibujo de las pistas en la placa de cobre, en el mismo cuarto oscuro se procederá a lavar o revelar para ser expuestas posteriormente al ácido de cloruro férrico para eliminar el excedente de cobre.

Causas de posibles defectos.

1. – Revelador demasiado concentrado.
2. – Demasiado tiempo de revelado.
3. – “Revelado diferido” de las placas debido a que se ha demorado el enjuagado y lavado de las placas después de sacarlas del baño de revelado.
4. – Exposición previa a la luz por descuido.
5. – Calentamiento demasiado fuerte de las placas al aplicar las capas y durante el secado.
6. – Calentamiento demasiado fuerte de las placas durante la exposición.
7. – Patrón defectuoso (los lugares negros del patrón son parcialmente transparentes).

Ventajas:

- Muy exacto.
- Puede elaborarse cualquier número de placas de circuito impreso-
- Reproducibles después de largo período de tiempo.
- El patrón del circuito impreso puede emplearse también para el procedimiento de serigrafía.

Desventajas:

- Cada placa de circuito impreso ha de exponerse por separado, con ello aumenta mucho el consumo de tiempo en grandes series.
 - Las placas con revestimiento fotográfico son sensibles a la luz, por lo que precisan atención en su transporte y almacenamiento.
- Durante la manipulación ha de evitarse cualquier luz ajena que pueda actuar durante largo tiempo o con mucha intensidad.

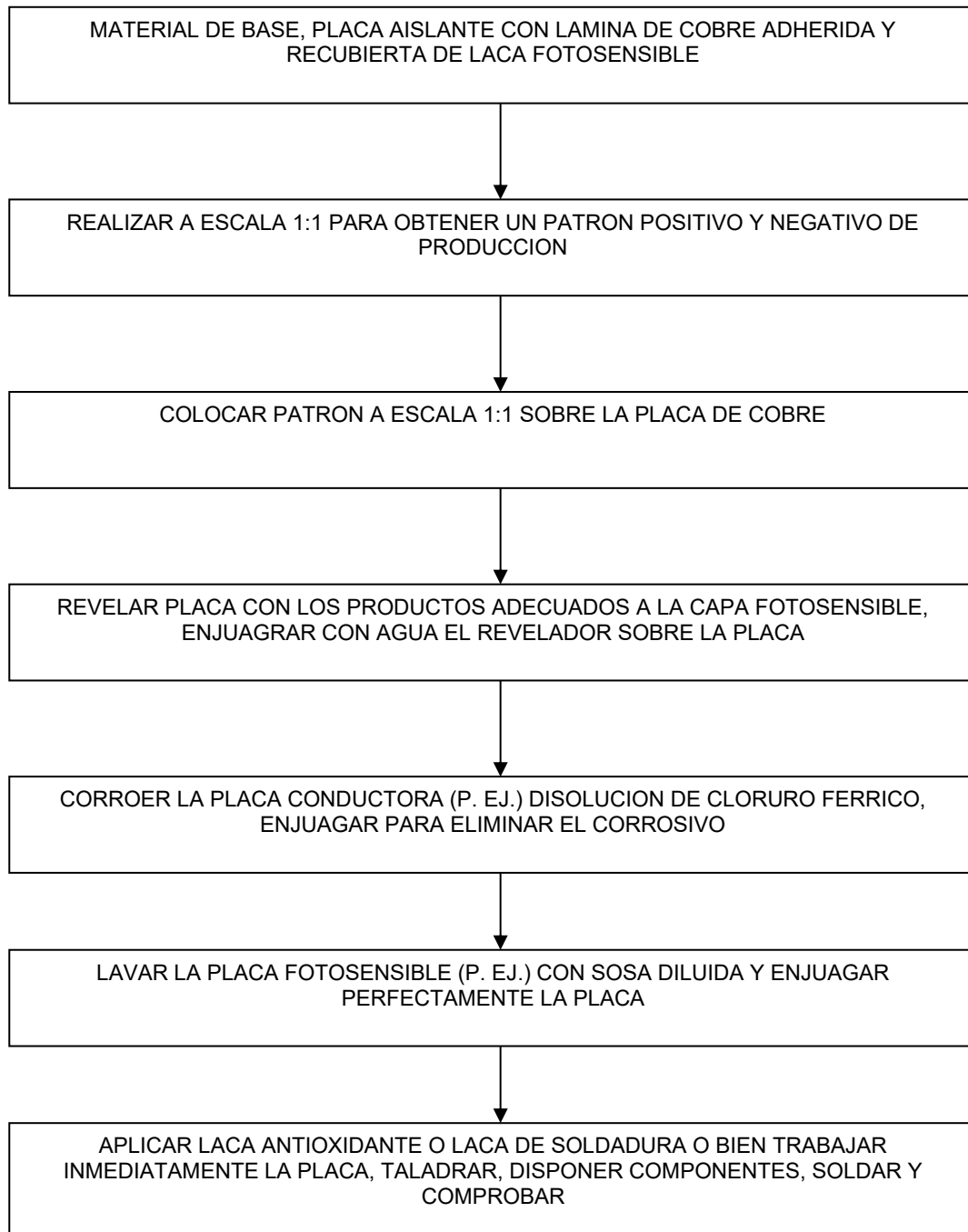


Tabla 5.3.3 Procedimiento del método fotográfico.

Método serigráfico.

Para poder aplicar este método se requiere cubrir dos etapas.

- a) Preparación y grabado en la pantalla.
- b) Grabado del impreso.

Preparación y grabado de la pantalla.

La pantalla formada por una seda o nylon de características apropiadas según la aplicación, que este tensada y fija a un marco de madera o metal.

Por lo tanto, el primer paso será fijar bien la tela, tensándola sobre el marco de madera, en seguida se procederá a aplicarles una capa homogénea de la foto emulsión, esto en el cuarto oscuro, después se deja secar en el mismo cuarto, pudiendo acelerar este paso con una secadora de pelo (40 °C, aproximadamente)

Una vez terminado este paso se coloca sobre la seda el positivo del dibujo a grabar, se presiona con una placa de vidrio y finalmente se expone a una fuente de luz que puede ser cualquiera de las ya antes mencionadas, insistiendo en recomendar la lámpara de halógeno.

Posteriormente se lava desprendiéndose la foto emulsión donde no estuvo expuesta a la luz. Como resultado final tendremos una pantalla en donde estará grabada la figura del impreso, pudiéndose utilizar nuevamente y lograr hasta 800 copias de buena calidad en promedio.

Una de las ventajas de utilizar esta técnica es que la pantalla se puede limpiar con un disolvente y reutilizarse ya sea para grabar la misma figura u otra.

En la preparación y grabado de la pantalla existen también variables como el número de hilos x cm. de la seda a mayor cantidad de hilos mejor calidad de trabajo, para circuitos impresos se recomienda de 120 hilos o más.

Otra variable es la proporción de la foto emulsión y su activador, ya que para una mejor concentración de foto emulsión crece su sensibilidad a la luz y viceversa, las otras dos variables son el tiempo de exposición a la luz y la distancia de la fuente de luz.

En las cuatro variables antes mencionadas existen parámetros, pero al igual que el método fotográfico se recomienda realizar algunas pruebas antes para asegurar buenos resultados.

Grabado de la placa de cobre.

Partiendo de que ya, tenemos nuestro circuito en la pantalla y la placa de cobre perfectamente limpia procedemos a grabar, siguiendo esta secuencia.

1. - Se coloca una placa de cobre sobre una superficie plana y de preferencia que quede sujeta.
2. - Se coloca la pantalla sobre la placa a grabar con una distancia aproximada de 3/16 pulgadas. (El grosor de tres monedas).
3. - Se vacía la cantidad adecuada de pintura anticorrosiva sobre la pantalla.
4. - Se desplaza a través de toda la pantalla oprimiéndola contra la placa de cobre con una espátula de hule (tipo secador de pisos).
5. - Se procede a retirar la placa de cobre debidamente grabada.
6. - Se deja secar la tinta anticorrosiva de la placa de cobre.
7. - Finalmente se sumerge en cloruro férrico para desplazar la parte de cobre que no se va a utilizar.

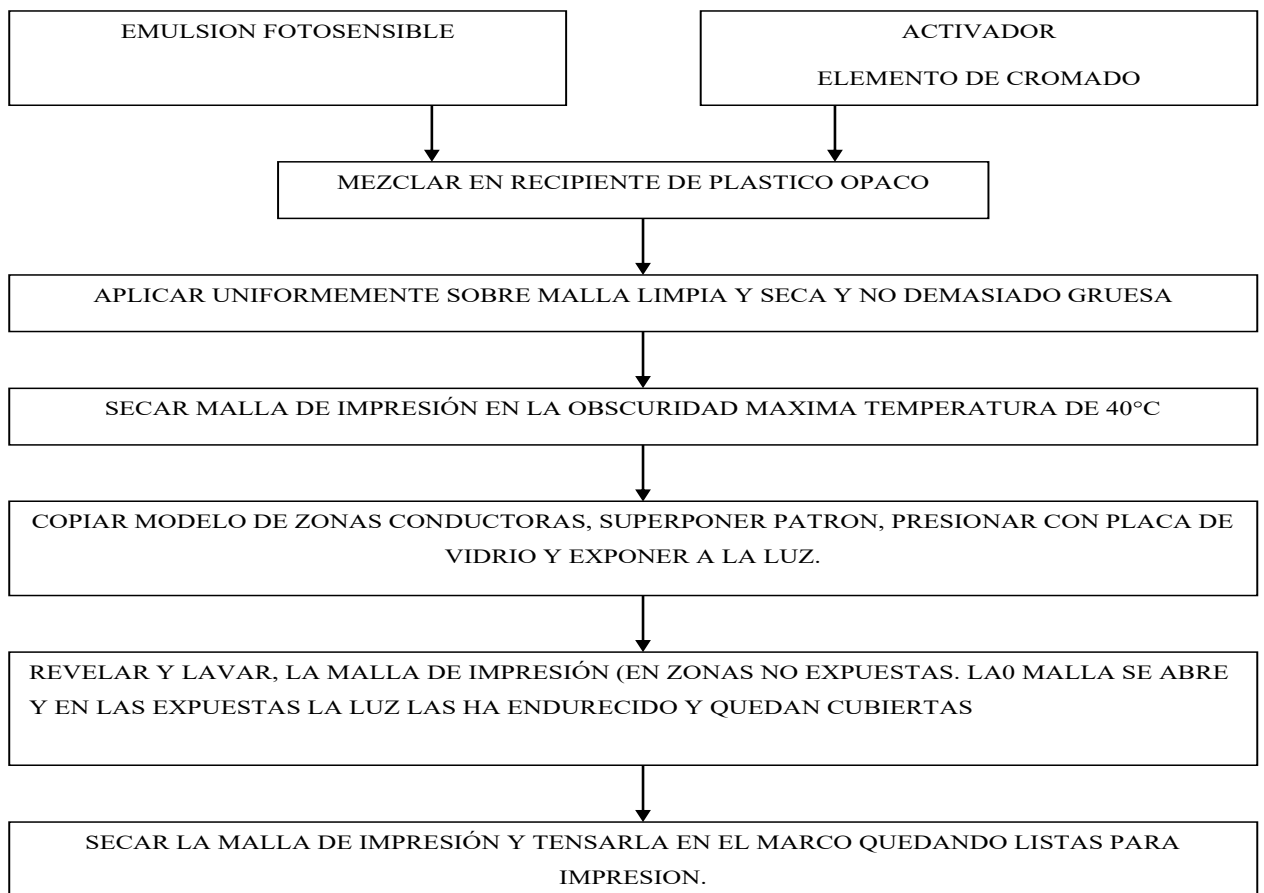


Tabla 5.3.4 Método serigráfico (A)

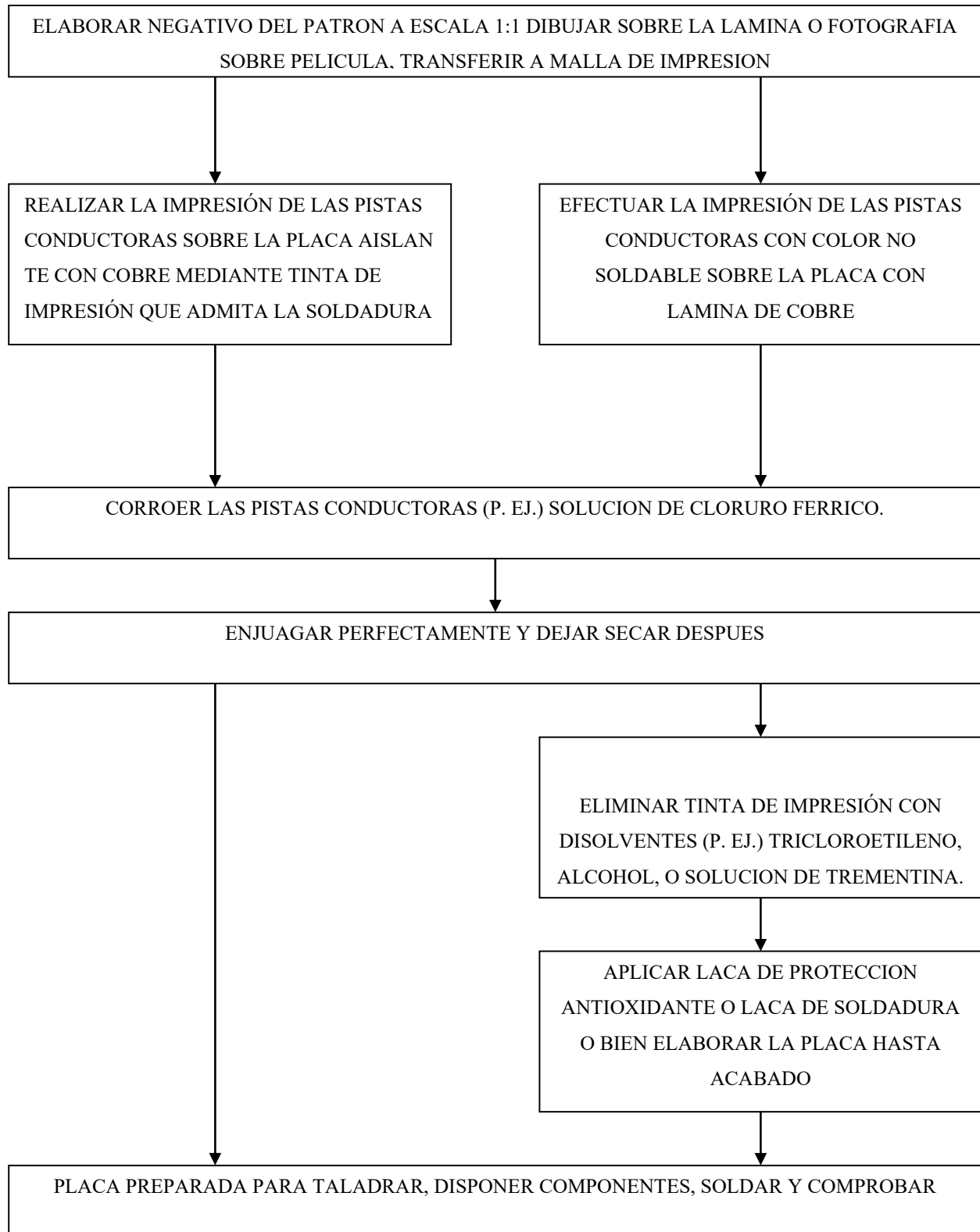


Tabla 5.3.5 Método serigráfico (B)

Corrosión de las placas.

La corrosión y los procesos posteriores son los mismos para todas las placas, cualquiera que sea el procedimiento por el que se haya depositado la sustancia anticorrosiva según el trazado de las zonas conductoras. Por lo tanto, es indiferente que dicho trazado se haya conseguido mediante dibujo a mano, según el procedimiento fotográfico o mediante estarcido. El medio conocido más corriente para aplicaciones de laboratorio, o fabricación en serie, suele ser cloruro férrico. Puede obtenerse en los comercios, especializados, o en droguerías, en forma de trozos sólidos que se disuelven vertiendo agua sobre ellos dentro de un recipiente de plástico, de vidrio o de cerámica.

Puede acelerarse la disolución empleando agua caliente o calentando el recipiente.

Puesto que la solución de cloruro férrico no se estropea ni es sensible durante la conservación, puede prepararse con anterioridad, con el fin de ahorrar el tiempo para su calentamiento.

Para placas revestidas con una lámina de cobre de 0.035 mm de espesor, la duración del proceso de corrosión es de 15 a 60 minutos, dependiendo de la temperatura, velocidad de agitación y estado del medio corrosivo.

CONCLUSIONES.

1. - La conclusión principal es que los métodos de grabado más que una técnica es un arte.
2. - La secuencia de los pasos a seguir en su fabricación son relativamente sencillos, la habilidad, la experiencia y la práctica del realizador serán determinantes en la calidad del trabajo.
3. - Siempre que se realice un nuevo proceso de gravado se recomienda realizar una serie de pruebas para asegurar un mejor resultado.

Método por Transferencia Térmica.

Materiales:

- 1 Plancha doméstica
- 1 Cubeta plástica de ¼ litro
- ½ litro de percloruro Férrico
- 1 placa virgen de 5 x 10 cm
- 1 Hoja tamaño carta de Papel Couché
- Scotch para afirmar PCB en ácido

Procedimiento

Consideremos el Layout impreso con toner en el papel couché, y la placa de cobre lavada, seca y limpia. Para ello se puede usar una escobilla fina de cocina y detergente. El cobre debe quedar brillante. Es muy importante, antes de imprimir y aplicar al cobre, verificar la orientación de los pines de integrados, ya que muchos Layout

pueden estar impresos como imagen real o espejo. La placa debe estar cortada al mismo tamaño del Layout.

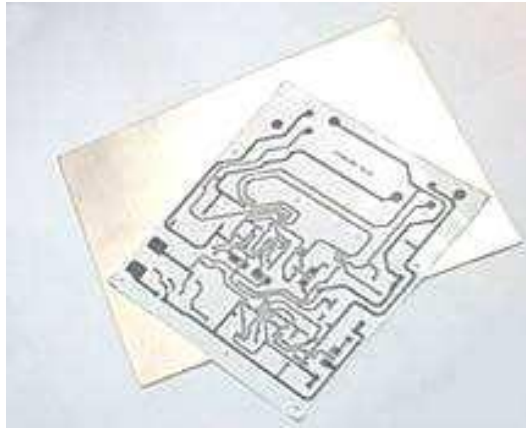


Figura 5.3.1 Placa con el diseño.

Se une el lado del tóner con la placa de cobre. Entonces se aplica la plancha a máximo calor, por varios minutos, desplazándola por todo el papel en forma uniforme. El papel adquiere un color amarillo, producto del calor.



Figura 5.3.2 Planchado del circuito.

Se deja enfriar la placa ya impresa, y se deposita en una cubeta de agua. Se observa en la imagen, que el papel esté totalmente humedecido y se despegue lentamente. Sólo las pistas negras del tóner han quedado impresas.



Figura 5.3.3 Remoción del papel impreso.

Una vez que la placa está seca, revise las pistas. En caso de que alguna halla quedado rayada o cortada repásela con un marcador de tinta indeleble (pentel M10). La placa ya está lista para ser atacada con el Percloruro Férrico, que puede encontrar en casas de electrónica. No se debe taladrar la placa, pues las pistas se borrarían ante una imprecisión.

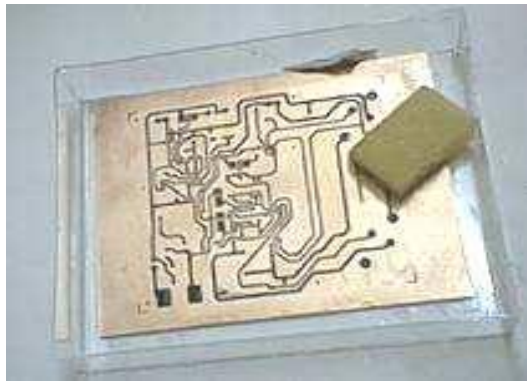


Figura 5.3.4 Placa lista para la corrosión.

Se aplica un vaso de 200 cc aproximadamente de cloruro férrico en una cubeta plástica que contenga la placa, y se deja sujeta a una cinta adhesiva por el lado componente, para moverla cada minuto. Puede calentar la cubeta a baño maría, como se muestra en la figura, ya que el ácido ataca el cobre más rápido. El tiempo aproximado para una placa de 5 x 5 cm es de 10 minutos. El ácido puede ser reutilizado. Se recomienda después de la aplicación de ácido, cuando la PCB este lista, lavar con un neutralizante como bicarbonato, para eliminar completamente la acción del ácido.

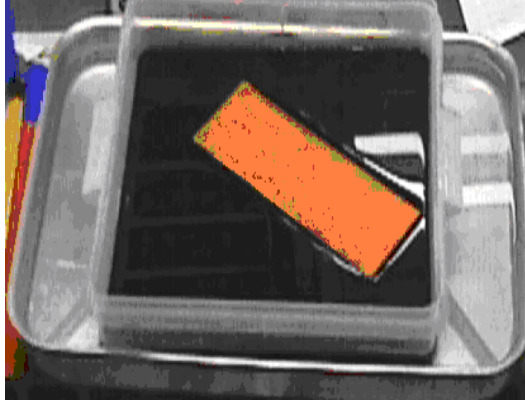


Figura 5.3.5 Recipiente con cloruro férrico.

La placa una vez lista, debe ser nuevamente limpiada del tóner, que aún queda en las pistas. Para ello puede utilizar alcohol isopropílico o detergente suave con la esponja inicial. La placa una vez terminada, debe ser perforada con broca de 1mm. Ponga especial atención en aquellos componentes que tienen polaridad, tales como: diodos, condensadores electrolíticos, transistores, integrados, etc.

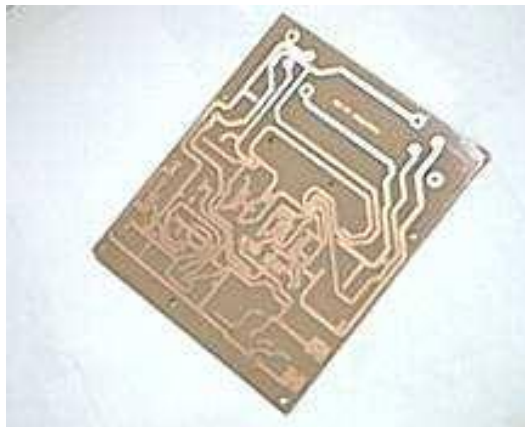


Figura 5.3.6 Placa de circuito impreso terminada.

Técnicas de montaje:

Una vez que tenemos el circuito impreso ya construido, deberemos proceder al montaje de los componentes, para esto es necesario realizarles una preparación previa con el fin de facilitar su inserción en el circuito como así también su posterior soldadura.

Esta preparación previa se realiza con objeto de adaptar, lo mejor posible, la forma y dimensiones de cada componente al espacio físico que va a disponer sobre el circuito. A dicha tarea la denominaremos preformado de los componentes.

A partir del preformado nos podremos evitar riesgos de roturas de terminales, cortocircuitos accidentales, y cualquier otro problema que pueda surgir en un montaje cuando no tenemos en cuenta estas precauciones.

Los componentes de dos terminales se pueden clasificar en: componentes con terminales axiales y componentes con terminales radiales. Los primeros presentan los terminales de salida situados sobre los extremos del cuerpo y alineados con éste, formando una línea imaginaria que pasaría por su centro geométrico, los segundos poseen sus terminales en forma perpendicular al cuerpo en los extremos de éste.

Los elementos del segundo grupo no necesitarán preformado si las perforaciones en el circuito impreso coinciden con la separación entre los terminales, caso contrario será necesario realizar un preformado. Los del primer grupo requieren que siempre se realice el preformado.

Para realizar esta acción es necesario conocer previamente a qué distancia deben doblarse los terminales para su inserción en el circuito impreso, ello requiere realizar la medida de la distancia entre las perforaciones para el montaje, pudiéndose realizar la misma con un calibre o con una regla graduada en milímetros. Los componentes con terminales axiales se montarán paralelos al circuito impreso y generalmente apoyados sobre él, al realizar el preformado deberá procurarse que la referencia o valor del componente que aparezca en el cuerpo quede visible para facilitar así una rápida identificación después de su inserción en el circuito.

El doblado de los terminales se puede realizar a mano o con algunas herramientas especiales para este trabajo.

Cuando se haga a mano se deberán tener presente un conjunto de precauciones para evitar la rotura del componente:

- El doblado se realizará con un alicate de puntas finas haciendo presión en el punto de doblado teniendo especial cuidado en no hacerle fuerza al elemento en sí, sino solamente sobre el terminal.
- No se ejercerá fuerza sobre la zona de unión del cuerpo con el terminal, ya que se podría desprender éste.
- No deberá quedar el doblado en un exagerado ángulo recto, sino que se tratará de dar una pequeña curvatura, evitándose así debilitar al alambre en ese punto.
- Se tratará de tener una cierta estética en el montaje realizando el preformado en forma simétrica con respecto al cuerpo.
- Se deberá dejar una pequeña porción de terminal entre el cuerpo y el punto de doblado.

Existe una herramienta especial para realizar esta tarea denominada conformador de componentes, en la que, una vez ajustada la distancia entre los dos puntos de doblado, se realiza toda la operación en solo paso evitándose de esta manera todos los riesgos mencionados con anterioridad.

Los componentes con terminales de salida radiales se pueden montar directamente y presentan generalmente sus terminales ya cortados a la longitud adecuada, sin embargo a veces es preciso realizar un conformado, cuando la distancia entre sus salidas no

coincide con la separación entre los agujeros del circuito impreso. En este caso se procederá a medir la distancia entre agujeros y realizar en forma manual el doblado de los terminales a la distancia medida.

Es muy importante realizarles a los componentes un estañado previo con el fin de facilitar su posterior soldadura, y mas aún si las superficies a soldar se encuentran sucias o presentan algo de óxido. Para realizar el estañado previo se podrá utilizar el soldador, aplicando directamente con la punta del mismo una pequeña cantidad de estaño que será distribuido uniformemente sobre el terminal, se deberá evitar que la capa de estaño sea muy gruesa dado que esto dificultará la inserción del componente en el circuito impreso.

Componentes de mayor potencia:

Antes de proceder al montaje deberemos identificar aquellos elementos del circuito que sean capaces de producir durante el funcionamiento una cierta radiación de calor por estar sometido a condiciones de uso que les obliguen a disipar una determinada potencia.

Estos elementos pueden ser las resistencias cuya potencia sea mayor a 1/2 watt y también algunos transistores de media o alta potencia.

Con todos estos elementos se procurará mantener una separación mínima de 5 mm ya que en caso contrario se puede llegar a dañar al mismo.

Si se presentan resistencias de alta potencia con un cuerpo relativamente grande y con sus dos salidas ubicadas en el mismo extremo del cuerpo, se utilizarán unos soportes metálicos especiales que aseguren su fijación mecánica e impidan cualquier movimiento que pueda llegar a romper los terminales.

Montaje de los alambres y cables:

El alambre "desnudo" o "pelado" que se va a emplear para enlazar sobre el circuito impreso los puntos que lo requieran, se cortará con alicate a la medida necesaria, realizándoles un doblado en sus extremos de la misma forma que vimos para los terminales de los componentes, obteniendo así los puentes aptos para su montaje.

A los cables de conexión entre circuitos impresos o entre éstos con los componentes situados fuera del mismo, deberemos cortarlos a la longitud precisa, pelando luego sus extremos en una longitud de 4 o 5 mm con un alicate o tenaza de pelar.

Para pelar un cable se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El alicate deberá estar perfectamente ajustado al diámetro del conductor para que únicamente se corte la cubierta y evitemos dañar a éste en forma inadvertida.
- No deberá quedar dañado el conductor en ningún punto, para evitar riesgos posteriores de roturas.
- Se evitará dejar restos de la cubierta en la zona que hemos pelado, evitando así posteriores problemas con la soldadura.

Para el tratamiento de los cables coaxiales, una vez que se ha realizado el pelado de la cubierta externa, se separará la malla trenzada que forma el conductor exterior, agrupando todos los hilos de ésta en un punto y quedando al descubierto el conductor interno. Ahora se realizará un segundo pelado sobre la cubierta del conductor interno, procurando dejar una cierta longitud de cubierta que garantice el aislamiento del otro conductor.

En caso de tratarse de un cable paralelo de dos conductores, primero los separaremos una distancia apropiada para luego realizar las operaciones ya explicadas.

Montaje de los disipadores térmicos:

Estos se colocan generalmente a algunos componentes y fundamentalmente a semiconductores.

Este radiador se situará sobre el componente, antes del montaje de éste sobre el circuito impreso. Cuando sea posible se procurará que el conjunto componente-radiador quede sujeto mecánicamente al circuito a través del mismo tornillo, conformando los terminales de una forma adecuada y añadiendo un separador de la altura suficiente para conseguir un aislamiento de la placa, realizando esto en un material que no transmita el calor.

Hay algunos modelos de transistores y tiristores de potencia cuyo montaje se realiza directamente sobre un radiador lo suficientemente grande para que sea capaz de evacuar el calor producido.

Para su instalación se emplea una lámina de mica que aísla el cuerpo del transistor del radiador, y unas arandelas y tubos aislantes con los que se consigue el mismo efecto, sobre los tornillos de fijación y los terminales de salida.

Normalmente el transistor y su disipador son montados separados del circuito impreso y se sitúan en una zona del equipo que disponga de ventilación, para así poder evacuar el calor generado.

A partir de estos breves conceptos tratados hasta aquí, estamos en condiciones de realizar cualquiera de los montajes prácticos explicados en su respectiva sección.

En ellos se incluyen, en caso de serlas necesarias, otras indicaciones que hay que tener en cuenta para el armado del circuito.

Protección y empaquetamiento.

Los circuitos impresos que se utilizan en ambientes extremos usualmente tienen un recubrimiento, el cual se aplica sumergiendo la tarjeta o a través de un aerosol, después de que los componentes han sido soldados. El recubrimiento previene la corrosión y las corrientes de fuga o cortocircuitos producto de la condensación. Los primeros recubrimientos utilizados eran ceras. Los recubrimientos modernos están constituidos por soluciones de goma silicosa, poliuretano, acrílico o resina epóxica. Algunos son plásticos aplicados en una cámara al vacío.

Tecnología de montaje superficial.

La tecnología de montaje superficial fue desarrollada en la década de 1960, ganó impulso en Japón en la década de 1980, y se hizo popular en todo el mundo a mediados de la década de 1990.

Los componentes fueron mecánicamente rediseñados para tener pequeñas pestañas metálicas que podían ser soldadas directamente a la superficie de los circuitos impresos. Los componentes se hicieron mucho más pequeños, y el uso de componentes en ambos lados de las tarjetas se hizo mucho más común, permitiendo una densidad de componentes mucho mayor.

El montaje superficial o de superficie se presta para un alto grado de automatización, reduciendo el costo en mano de obra y aumentando las tasas de producción. Estos dispositivos pueden reducir su tamaño entre una cuarta a un décima parte, y su costo entre la mitad y la cuarta parte, comparado con componentes through hole.

Técnicas de soldadura.

Los *pads* y superficies en las cuales se montarán los componentes, usualmente se metalizan, ya que el cobre al desnudo no es soldable fácilmente. Tradicionalmente, todo el cobre expuesto era metalizado con soldadura. Esta soldadura solía ser una aleación de plomo-estaño, sin embargo, se están utilizando nuevos compuestos para cumplir con la directiva RoHS de la UE, la cual restringe el uso de plomo. Los conectores de borde, que se hacen en los lados de las tarjetas, a menudo se metalizan con oro. El metalizado con oro a veces se hace en la tarjeta completa.

Soldadura en circuitos impresos

La soldadura se aplica no solamente para fijar los componentes a la tablilla, sino también para permitir el contacto eléctrico entre pistas y componentes. Es una sustancia compuesta por un alambre de plomo y estaño, cuyo centro contiene resina (figura 4.100); al soldar, el cautín funde el alambre y la resina actúa como adherente entre la soldadura (es decir, el alambre ya fundido) y los componentes.

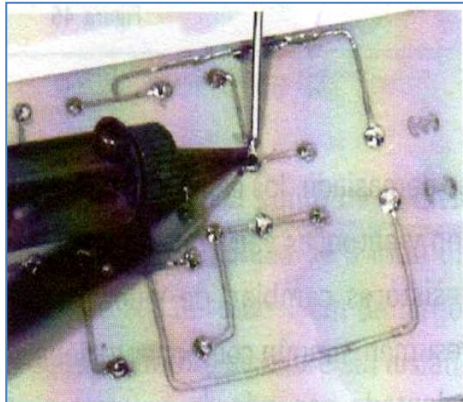


Figura 5.3.7 Soldadura en circuitos impresos.

Las áreas que no deben ser soldadas pueden ser recubiertas con un polímero *resistente a la soldadura*, el cual evita cortocircuitos entre las patas cercanas de un componente.

Soldadura

El material se clasifica en base a la composición de estaño y plomo.

La usada en electrónica es la 60-40, el primer número es el porcentaje de estaño y el segundo de plomo. Entre más alto es el porcentaje de estaño se requiere menor temperatura para derretir el material.

Equipo de soldar

Los equipos para soldar se clasifican por la potencia. En electrónica se emplean de 25 a 30 watts. Como característica importante al momento de adquirir uno, es que posea puntas cambiables.

Figuras de algunos de ellos:



Figura 5.3.8 Cautín tipo lápiz.

Soldabilidad de componentes.

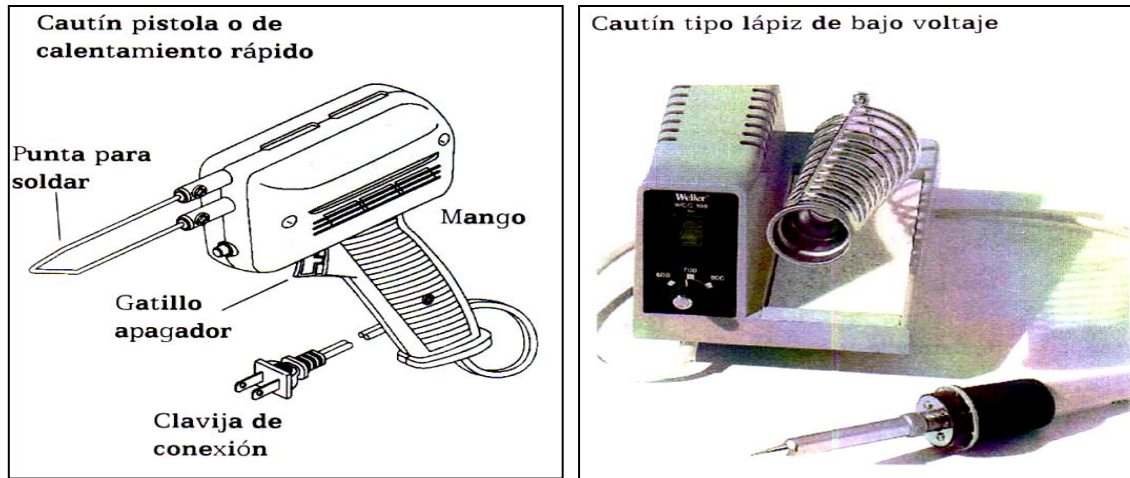


Figura 5.3.9 Cautines varios

En la vida útil del equipo y componente es muy importante tomar en cuenta la técnica de soldar. No solo existen las posibles soldaduras defectuosas sino también los daños a los componentes, estos pueden sufrir alteraciones en sus características originadas por excesivas temperatura o esfuerzos mecánicos debido a choques térmicos violentos, en el proceso de soldadura intervienen varios factores cuya influencia es preciso conocer.

Materiales a soldar.

- Tipo de soldadura.
- El fundente.
- El aparato para soldar (cautín, pistola).
- El método operativo.
- Distancia del punto de soldadura al cuerpo del dispositivo.
- Tiempo de duración.

Recomendaciones generales.

- a) El tiempo de calentamiento debe ser de acuerdo a las tablas 4.8, 4.9, 4.10.
- b) La punta del cautín o pistola debe ser de acuerdo al dispositivo y grosor de la pista del impreso.
- c) Las distancias del punto a soldar y el cuerpo del componente debe ser respetado.

COMPONENTES	TEMP. SOLD. °C/TIEMPO DE MANTENIMIENTO EN SEGUNDOS	DISTANCIA DEL PUNTO DE SOLD. AL CUERPO EN (mm).
CAPACITOR ELECTROLITICO	350/3	3.5
CAPACITOR DE PAPEL	230/2	3.5
CAPACITOR DE PROPILENO	230/2	6
CAPACITOR DE POLIESTER	250/5	1.5
CAPACITOR CERAMICO CLASE 2	235/4	
CAPACITOR CERAMICO "PLATE"	250/5	3.5
TRIMMER CERAMICO TUBULAR	250/10	
RESISTENCIA DE CARBON	230/2	
TERMISTOR	240/4	
TERMISTOR (SILICIOENCAPSULADOTO-10	245/5	1.5
DIODO MINIATURA	245/5	1.5

Tabla 5.3.6 Soldabilidad de componentes.

T °C	L (MM) =0.8	1.6	2.5	4	6
250	-	5	6	8	10
260	2.5	3	4	6	8
270	-	-	2	4	6

Tabla 5.3.7 Tiempo de soldadura en segundos.

C / C (%)	TEMPERATURA MAXIMA	TIEMPO MAXIMO DE SOLDADURA
1	260	2
2	260	3
1	240	3
2	240	5

Tabla 5.3.8 Variación porcentual de los capacitores.

Técnicas de extracción y desoldado de componentes.

Manejo de los desoldadores.

Como su nombre lo indica, estos elementos sirven para efectuar una acción opuesta a la explicada en el apartado anterior. Es decir, se utilizan para desoldar los componentes que hayan sido mal insertados en el circuito.

Desoldador de succión manual

El uso de un desoldador de succión manual, implica primeramente oprimir el botón de su pistón hasta que éste quede asegurado, y luego, con el cautín, proceder al calentamiento del punto a desoldar; al mismo tiempo que esto se lleva a cabo, la punta del desoldador debe ser acercada y el seguro del pistón debe liberarse. En caso de que no se absorba por completo la soldadura, es preciso repetir la operación hasta que la patilla del componente sea liberada (figura 4.103).

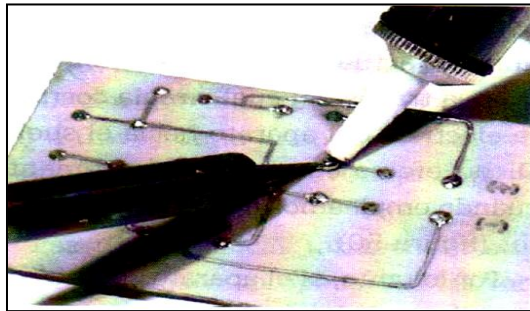


Figura 5.3.10 Desoldador de succión manual.

Terminada toda la operación sin que se hayan presentado más errores en el impreso, es conveniente que con una brocha pequeña y con alcohol industrial se lave el lado de la placa en el que se encuentra la soldadura, a fin de retirar los residuos de ésta y de la resina utilizada.

Desoldador de malla

El desoldador de malla está formado por un conjunto de hilos de cobre delgados trenzados entre sí.

Para desoldar con él, primero se calienta el punto de soldadura con el cautín; luego, al acercar la malla, ésta absorbe -cual si fuera esponja- la soldadura (figura 4.104). Este fenómeno que se debe al efecto de capilaridad y a la afinidad que existe entre metales, hace posible que la soldadura quede atrapada entre los hilos de la malla.

Como en el caso anterior, el proceso se repite hasta que las patillas de los componentes queden libres de soldadura.

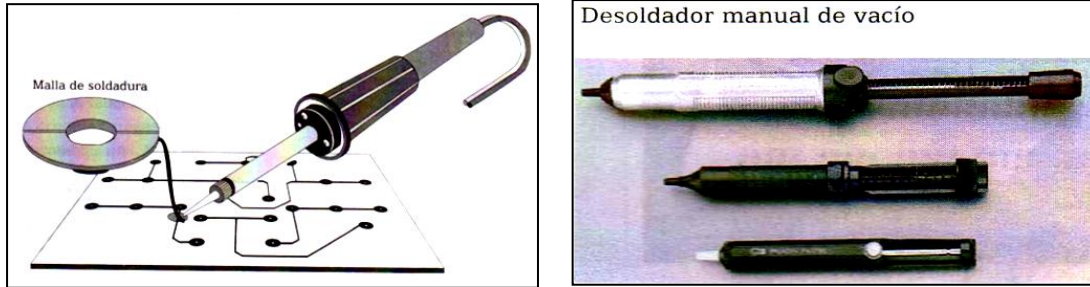


Figura 5.3.11 Desoldadores manuales.



Figura 5.3.12 Desoldador automático.

Anexos:(Presentaciones de los temas).

Presentaciones U1

Presentaciones U2

Presentaciones U3

Presentaciones U4

Presentaciones U5

Referencias

- Albert., C. W. (1991). *Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición*. Ed Prentice Hall 1991.
- Fowler, R. J. (Edición: 1 (1986)). *Electricidad: Principios y aplicaciones*. Editorial Reverte;.
- <http://cef.uca.edu.sv/labsfisica/labfisicaIII%20Guias/Usodeinstrumentoselectricos.pdf>. (s.f.).
- <http://conalep.gatica.mx/PRECISION%20EXACTITUD%20Y%20SENSIBILIDAD.pdf>. (s.f.).
- http://www.labc.usb.ve/paginas/mgimenez/lab_Circ_Electronicos_Guia_Teorica/Cap2.pdf. (s.f.).
- <http://www.mitecnologico.com/Main/TiposDeErroresEnMediciones>. (s.f.).
- <http://www.slideshare.net/vizio/normas-de-seguridad-2033088>. (s.f.).
- <http://www1.herrera.unt.edu.ar/mediciones/TP Practicos/mediciones%201/TP2012/TP5.pdf>. (s.f.).
- ingenieriaelectronica.org. (s.f.).
- Jack., H. W. (s.f.). *Análisis de circuitos en ingeniería*. Ed Mendoza.
- juliocesar-diazclemente.blogspot.com. (s.f.).
- Richard., G. p. (1992). *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*. Ed. Prentice Hall .
- TECNM. (2014). *FAIELC-2010-211 Mediciones Eléctricas*.

Instrumentación Didáctica.



**Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Mérida
Subdirección Académica**

Instrumentación Didáctica para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales Periodo Ago-Dic 2023

Nombre de la asignatura: **MEDICIONES ELECTRICAS**

Plan de estudios: **IELC-2010-211-INGENIERIA ELECTRONICA**

Clave de asignatura: **ETD-1021**

Horas teoría – horas prácticas – créditos: **2-3-5**

1. Caracterización de la asignatura

Esta asignatura tiene aportaciones en los siguientes puntos al perfil del Ingeniero en Electrónica: La importancia de que el alumno adquiera los conocimientos básicos en el aula, para realizar mediciones eléctricas. Desarrolla las habilidades y destrezas en el manejo de instrumentos de medición. Utiliza los instrumentos de medición cuando realice prácticas en el laboratorio. Obtiene y simula modelos para predecir el comportamiento de circuitos electrónicos empleando plataformas computacionales. Diseña y desarrolla tarjetas de circuitos impresos para implementar proyectos. Se relaciona con las asignaturas posteriores del plan de estudio de la carrera de ingeniería electrónica, en todas aquellas asignaturas que tienen que ver con mediciones de parámetros eléctricos, simulación y diseño de circuitos impresos. La competencia del saber y el saber hacer en las siguientes asignaturas analógicas y digitales.

2. Intención didáctica

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



En esta asignatura se organiza el temario en cinco temas, agrupando los contenidos conceptuales a lo largo de los primeros 4 temas; se incluye un último tema que se destina a la aplicación de conceptos específicos relacionados con circuitos impresos. Se comienza en el primer tema presentando los conceptos básicos de la medición y de las principales variables a medir, donde el alumno investiga, documenta y expone en el aula. En el segundo tema se analizan los instrumentos de medición con el fin de comprender los conceptos básicos, principio de funcionamiento y utilización de los instrumentos analógicos y digitales que se utilizan en las mediciones de sistemas electrónicos para adquirir y desarrollar las habilidades en el uso de los mismos. En el tercer tema se aborda la medición de parámetros con instrumentos básicos y avanzados en circuitos reales, utilizando componentes pasivos y activos. En el cuarto tema se refiere a la utilización de software educativo, se simula y se modela circuitos virtuales y con instrumentos virtuales, y posteriormente se realiza la práctica en el laboratorio de manera física. Por último, en el quinto tema se abordan conceptos específicos que servirán de apoyo en el diseño y desarrollo de tarjetas de circuitos impresos, para diferentes prototipos. Las actividades de aprendizaje son: investigar, exponer, resolver y experimentar, aplicar y transportarlos a escenarios diferentes ya sea de manera virtual o físico, utilizando software educativo o en el laboratorio, realizando proyectos al finalizar la asignatura. El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y medición de variables y datos relevantes. Se propicia el trabajo en equipo, para poner en práctica procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón todas las actividades teóricas son llevadas a la práctica, dando la oportunidad de que el alumno conceptualice y corrobore la teoría con la práctica a partir de lo observado. El profesor es un facilitador y guía a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a medir y registrar. Para propiciar el autoaprendizaje, aprendizaje colaborativo, construcción del conocimiento e involucrarlos en el proceso de planeación.

3. Competencia de la asignatura

Conocer los conceptos básicos de medición, utilizar los instrumentos para la medición y el análisis de señales provenientes de circuitos eléctricos reales, simular y diseñar modelos esquemáticos de circuitos impresos.

4. Análisis por competencias específicas

Competencia No.: 1 Descripción: Comprende el concepto de medición y los posibles errores en la misma, y utilizar el análisis estadístico para la interpretación de los datos.

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividades de aprendizaje	Actividades de enseñanza	Desarrollo de competencias genéricas	Horas teórico-
---	----------------------------	--------------------------	--------------------------------------	----------------

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



				prácticas
1.- Conceptos Básicos. 1.1. Sistema de unidades, patrones y calibración. 1.2. Concepto de medida. 1.3. Precisión, exactitud y sensibilidad. 1.4. Errores en mediciones y su reducción. 1.5. Tipos de corriente eléctrica. 1.6. Formas de onda. 1.7. Frecuencia, período y amplitud. 1.8. Valor promedio, valor máximo, valor pico a pico y valor eficaz. 1.9. Normas de seguridad en la medición de variables eléctricas.	Explicar el contexto general histórico de los sistemas de medición y los patrones utilizados. Investigar en diferentes fuentes los distintos sistemas de medición, sus unidades y patrones. Reconocer y diferenciar la exactitud y la precisión de un instrumento. Resolver problemas que involucren el análisis estadístico de los datos arrojados por los instrumentos de medición. Realizar experimentos de laboratorio que permitan ejercitar el razonamiento, la reflexión y el uso de herramientas matemáticas.	Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes. Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación, manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos	Capacidad para trabajar en equipo. Capacidad de comunicación oral y escrita. Habilidad en el uso de las tecnologías de la información y comunicación.	10

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



Indicadores de alcance	Valor del indicador
A) Se adapta a situaciones y contextos complejos.	5
B) Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.	4
C) Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase.(creatividad)	2
D) Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico.	3
E) Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.	4
F) Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.	2

Niveles de desempeño:

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple al menos cinco de los siguientes indicadores	95-100
	Notable	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
	Bueno	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente	75-84
	Suficiente	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente	70-74

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



Competencia no alcanzada	Insuficiente	No se cumple con el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de los indicadores definidos en	NA(no alcanzada)
--------------------------	--------------	--	------------------

Matriz de evaluación:

Evidencia de aprendizaje	%	Indicador de alcance						Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	F	
Examen	14	5	1	1	2	1		Evaluación escrita
Trabajo de investigación	6		4	2	2			Rubrica del cuestionario
TOTAL	20	5	4	2	3	4	2	

Nota: este apartado número cuatro de la instrumentación didáctica para la formación y desarrollo de competencias profesionales se repite, de acuerdo al número de competencias específicas de los temas de asignatura.

Competencia No.: 2 Descripción: Utilizar los instrumentos para la medición y el análisis de señales provenientes de circuitos eléctricos reales.

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividades de aprendizaje	Actividades de enseñanza	Desarrollo de competencias genéricas	Horas teórico-prácticas
2.- Instrumentos básicos y avanzados. 2.1. Evaluación y comparación de medidores analógicos y digitales. 2.1.1. Voltímetro. 2.1.2. Amperímetro. 2.1.3. Óhmetro. 2.2. Operar y manejar los medidores analógicos y digitales en la medición de corriente y voltaje de c.a. y c.d. 2.3. Funcionamiento, operación y aplicación de otros instrumentos. 2.3.1. Generador de señales. 2.3.2. Osciloscopio analógico y digital.	Explicar el funcionamiento de los instrumentos básicos y la forma correcta de realizar mediciones de corriente y voltaje. Investigar en diferentes fuentes las aplicaciones y características de los instrumentos básicos y avanzados. Presentar ejercicios demostrativos de la forma correcta de utilizar los instrumentos. Realizar prácticas de laboratorio donde emplee de manera correcta los instrumentos básicos y avanzados.	Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes. Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos	Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. Capacidad crítica y autocrítica. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.	15

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



Indicadores de alcance	Valor del indicador
A) Se adapta a situaciones y contextos complejos.	4-2
B) Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.	2-1
C) Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase.(creatividad)	1-2-1
D) Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico.	1-1
E) Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.	1-1-1
F) Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.	1-1

Niveles de desempeño:

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
-----------	--------------------	------------------------	---------------------

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



	Notable	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
	Bueno	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente	75-84
	Suficiente	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente	70-74
Competencia no alcanzada	Insuficiente	No se cumple con el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de los indicadores definidos en el desempeño excelente	NA(no alcanzada)

Matriz de evaluación:

Evidencia de aprendizaje	%	Indicador de alcance						Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	F	
Practicas	8	2	2	2	1	1		Reporte de practicas
Examen	10	4		1	1	1	1	Evaluación escrita
Trabajo de investigación	2		1			1		Rubrica del trabajo de investigación
TOTAL	20	6	3	4	2	3	2	

Competencia No.: 3 Descripción: Identificar los tipos de señales

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



eléctricas y sus parámetros e interpretar los códigos correspondientes

ITMER-AC-PO-003-05



para conocer los valores de los componentes pasivos y activos.

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividades de aprendizaje	Actividades de enseñanza	Desarrollo de competencias genéricas	Horas teórico-prácticas
3.- Medición de parámetros. 3.1. Medición y prueba de dispositivos y elementos. 3.1.1. Resistencias. 3.1.2. Inductancia y capacitancia. 3.1.3. Mediciones con puentes. 3.1.4. Prueba de dispositivos semiconductores. 3.2. Medición de potencia y energía. 3.2.1. Potencia y energía en c.d. 3.2.2. Potencia y energía en c.a. 3.3. Efectos de carga de los instrumentos en las mediciones. 3.3.1. Impedancia de los instrumentos de medición. 3.3.2. Sondas o puntas de prueba	☐ Investigar en diferentes fuentes los conceptos voltaje, corriente y aplicaciones de los distintos tipos de señales eléctricas. ☐ Presentar ejercicios demostrativos de la extracción de parámetros de una señal de c.a. ☐ Investigar la lectura de valores de los componentes pasivos y activos. ☐ Realizar prácticas de laboratorio utilizando componentes pasivos y activos. ☐ Aplicar de manera correcta los instrumentos básicos y avanzados.	Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes. Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos	☐ Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. ☐ Emplear plataforma computacional para diseñar y simular circuitos ☐ Capacidad para trabajar en equipo.	15

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



Indicadores de alcance	Valor del indicador
A) Se adapta a situaciones y contextos complejos.	4-2
B) Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.	2-1
C) Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase.(creatividad)	1-2-1
D) Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico.	1-1
E) Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.	1-1-1
F) Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.	1-1

Niveles de desempeño:

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple al menos cinco de los siguientes indicadores	95-100
	Notable	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
	Bueno	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente	75-84
	Suficiente	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente	70-74

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



Competencia no alcanzada	Insuficiente	No se cumple con el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de los indicadores definidos en el desempeño excelente	NA(no alcanzada)
--------------------------	--------------	---	------------------

Matriz de evaluación:

Evidencia de aprendizaje	%	Indicador de alcance						Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	F	
Prácticas	8	2	2	2	1	1		Reporte de prácticas
Examen	10	4		1	1	1		Evaluación escrita
Trabajo de investigación	2		1			1	1	Rubrica del trabajo de investigación
TOTAL	20	6	3	4	2	3	2	

Competencia No.: 4 Descripción: Conocer la aplicación de algunos instrumentos especiales, así como el manejo de instrumentos virtuales.

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividades de aprendizaje	Actividades de enseñanza	Desarrollo de competencias genéricas	Horas teórico-prácticas
4.- Instrumentos especiales y virtuales. 4.1. Analizador de estados lógicos. 4.2. Analizador de espectros. 4.3. Equipos especiales de medición. 4.3.1. Graficadores. 4.3.2. Trazador de curvas. 4.3.3. Luxómetro. 4.3.4. Tacómetro. 4.3.5. Medidores de campo magnético. 4.3.6. Analizador de Fourier 4.4. Introducción al manejo de instrumentos virtuales	☒ Exponer la aplicación y característica de los instrumentos especiales. ☒ Explicar el funcionamiento general de los instrumentos virtuales. ☒ Realizar prácticas donde se manejan instrumentos especiales.	Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes. Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos	☒ Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. ☒ Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. ☒ Emplear plataformas computacionales para diseñar y simular circuitos.	20

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



Indicadores de alcance	Valor del indicador
A) Se adapta a situaciones y contextos complejos.	4-2
B) Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.	2-1
C) Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase.(creatividad)	1-2-1
D) Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico.	1-1
E) Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.	1-1-1
F) Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.	1-1

Niveles de desempeño:

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple al menos cinco de los siguientes indicadores	95-100

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



Competencia alcanzada	Excelente	Cumple al menos cinco de los siguientes indicadores	95-100
	Notable	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
	Bueno	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente	75-84
	Suficiente	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente	70-74
Competencia no alcanzada	Insuficiente	No se cumple con el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de los indicadores definidos en el desempeño excelente	NA(no alcanzada)

Matriz de evaluación:

Evidencia de aprendizaje	%	Indicador de alcance						Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	F	
Prácticas	8	2	2	2	1	1		Reporte de prácticas
Examen	10	4		1	1	1	1	Evaluación escrita
Trabajo de investigación	2		1			1		Rubrica del trabajo de investigación
TOTAL	20	6	3	4	2	3	2	

Competencia No.: 5

Descripción: Aplicar una metodología en el

diseño de tarjetas de circuitos impresos, manejando software

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



educativo.

Temas y subtemas para desarrollar la competencia específica	Actividades de aprendizaje	Actividades de enseñanza	Desarrollo de competencias genéricas	Horas teórico-prácticas
5.- Diseño y elaboración de tarjetas de circuitos impresos. 5.1. Introducción a los circuitos impresos. 5.2. Diseño de PCB mediante software. 5.3. Técnicas básicas para la construcción de circuitos impresos.	☑ Buscar y seleccionar las normas y estándares en la elaboración de circuitos impresos. ☑ Aplicar una metodología en el diseño de tarjetas de circuitos impresos. ☑ Identificar las opciones existentes en el software seleccionado: menús, ventanas, comandos, herramientas y librerías. ☑ Investigar las técnicas de transferencia de mascarilla. Evaluar su impacto ecológico de cada una de ellas. ☑ Aplicar las técnicas de montaje y soldadura en la elaboración de circuitos impresos. ☑ Aplicar técnicas de extracción y de soldado de componentes en circuitos impresos.	Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes. Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos	☑ Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los prototipos ☑ Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. ☑ Emplear plataforma computacionales para diseñar y simular circuitos	15

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



Indicadores de alcance	Valor del indicador
A) Se adapta a situaciones y contextos complejos.	2-2
B) Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.	2-2
C) Propone y/o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase.(creatividad)	1-2-1
D) Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico.	2
E) Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.	2-1
F) Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.	1-2

Niveles de desempeño:

Desempeño	Nivel de desempeño	Indicadores de alcance	Valoración numérica
Competencia alcanzada	Excelente	Cumple al menos cinco de los siguientes indicadores	95-100
	Notable	Cumple cuatro de los indicadores definidos en desempeño excelente.	85-94
	Bueno	Cumple tres de los indicadores definidos en el desempeño excelente	75-84
	Suficiente	Cumple dos de los indicadores definidos en el desempeño excelente	70-74

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



Competencia no alcanzada	Insuficiente	No se cumple con el 100% de evidencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de los indicadores definidos en el desempeño excelente	NA(no alcanzada)
--------------------------	--------------	---	------------------

Matriz de evaluación:

Evidencia de aprendizaje	%	Indicador de alcance						Evaluación formativa de la competencia
		A	B	C	D	E	F	
Proyecto	12	2	2	2	2	2		Reporte del Proyecto
Examen	4	2		1		1		Evaluación escrita
Trabajo de investigación	4		2				2	Rubrica del trabajo de investigación
TOTAL	20	4	4	4	2	3	3	

5. Fuentes de información y apoyos didácticos

Fuentes de información:

1. Albert, C. W. (1991). Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición. Ed. Prentice Hall.
2. Jack, H. W. (2010). Análisis de circuitos en ingeniería. Ed. McGraw Hill, 7a.
3. Richard, W. S. (1992). Guía para mediciones electrónicas y prácticas de

Apoyos didácticos:

PROYECTOR
PINTARRON
SOFTWARE (MULTISIM y ORCAD)

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05



laboratorio. Ed. Prentice Hall.	
4. Manual de usuario de los osciloscopios disponibles	
5. Manuales de usuario de multimetros	
6. Manual de fabricación de circuitos impresos Bishop	

6. Calendarización de evaluación en semanas:

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
TP	ED		EF1 ES1			EF2 ES2			EF3 ES3				EF4 ES4		EF5 ES5	ES FINAL	
TR																	
SD																	

TP= tiempo planeado

TR= tiempo real

SD= seguimiento departamental

ED= evaluación diagnóstica

EFn= evaluación formativa (competencia específica n)

ES= evaluación sumativa

Fecha de elaboración: **25 de Agosto de 2023**

Tomas H. Villalobos Valladares

Nombre y firma del (de la) profesor (a)

Ing. José Fidel Rodríguez Huerta

Nombre y firma del (de la) jefe (a) del departamento Académico

ISO 9001:2015 8.1, 8.2.2, 8.5.1, 7.1.5, 9.1.1, 8.6 REV 06



ITMER-AC-PO-003-05

CARTA DE RECONOCIMIENTO DEL AUTOR DE LOS DERECHOS A FAVOR DEL TECNIM

Mérida Yucatán, 1/02/25

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO.
PRESENTE**

Bajo protesta de decir verdad, yo, *Tomás Humberto Villalobos Valladares*, personal docente adscrito al *Departamento de Ingeniería Eléctrica- Electrónica Campus Instituto Tecnológico de Mérida* del **Tecnológico Nacional de México**, manifiesto que en cumplimiento de mis actividades relacionadas con el Año Sabático elaboré la obra titulada "*Apuntes Mediciones Eléctricas*". Con base en lo anterior, y con fundamento en los artículos 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y 46 de su Reglamento, reconozco que el Tecnológico Nacional de México es titular de los derechos patrimoniales sobre la misma y le corresponden las facultades relativas a la divulgación, integridad de la obra y de colección, conservando el derecho a figurar como autor. Asimismo, respondo por la autoría y originalidad de la citada obra; y relevo de toda responsabilidad al Tecnológico Nacional de México de cualquier demanda o reclamación que llegara a formular alguna persona física o moral que considere que con esta obra es afectado en alguno de los derechos protegidos por la Ley en cita, asumiendo todas las consecuencias legales y económicas.

ATENTAMENTE



Tomas Humberto Villalobos Valladares

TOMÁS HUMBERTO VILLALOBOS VALLADARES

RF_ Mediciones Electricas_Tomas Villalobos Valladares .pdf

 Tecnológico Nacional de México

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::20755:425280063

181 Páginas

Fecha de entrega

31 ene 2025, 9:24 a.m. GMT-6

51,791 Palabras

Fecha de descarga

31 ene 2025, 11:59 a.m. GMT-6

273,774 Caracteres

Nombre de archivo

RF_ Mediciones Electricas_Tomas Villalobos Valladares .pdf

Tamaño de archivo

5.7 MB

*No. Bo
Alto Camino
Subdivisión Académica*

[Signature]

29% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Exclusiones

- N.º de fuente excluida
- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 29%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Handwritten signature: Va Bo
Handwritten text: Alvaro Hamino Cuarenta
Handwritten text: Subdirector Académico