

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERIAS
CARRERA DE INGENIERIA ELECTRONICA

TESIS PREVIA LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRONICO.

TEMA:

**“DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE
PROCESAMIENTO DE SEÑALES Y SIMULACIÓN PARA LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE
CUENCA”**

AUTORES:

WILMER ENRIQUE JIMENEZ VIVANCO.

DARÍO FERNANDO OCHOA CORONEL.

DIRECTOR:

ING. ESTEBAN ORDOÑEZ.

2010

CUENCA – ECUADOR.

A nuestros padres.

Agradecimientos

A mis padres Elena y Francisco ya que gracias a su apoyo y confianza he logrado concluir mi carrera universitaria, también agradezco a mi esposa e hija, Jeymi y Nayeli, por el respaldo que me dan para cumplir mis metas.

Wilmer Jiménez V.

En primer lugar a Dios por brindarme la sabiduría para poder lograr mis objetivos en la vida. A mis padres Alicia y Jaime por brindarme todo el apoyo y confianza para la culminación de mi carrera profesional y del presente trabajo monográfico.

Darío Ochoa C.

Índice General

Índice de Figuras	VIII
Índice de Tablas	XI
1. SIMULACIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES	1
1.1 Introducción al Procesamiento de Señales y Simulación	1
1.1.1 Procesamiento de Señales	1
1.1.2 Simulación de Sistemas por Computador	5
1.2 Señales y Sistemas	8
1.2.1 Tipos de Señales	9
1.2.2 Funciones de Señales Continuas y Discretas.....	14
1.2.3 Transformaciones de la Variable Independiente.....	20
1.2.4 Sistemas Continuos y Discretos.....	22
1.3 Digitalización y Cuantización	26
1.3.1 Muestreo de señales analógicas	28
1.3.2 Teorema de muestreo.....	29
1.3.3 Cuantificación.....	31
1.3.4 Codificación	32
1.3.5 Conversión Digital a Analógico (DAC)	33
1.4 Técnicas de Procesamiento de Señales	33
1.4.1 Filtrado de una señal digital	33
1.4.2 Convolución	36
1.4.3 Correlación y Autocorrelación.....	37
1.5 Software para Simulación	39
1.5.1 LabView.....	39
1.5.2 Matlab y Simulink.....	41
1.5.3 NI Multisim	43
1.5.4 PROTEUS	44
1.5.5 Altium Designer.....	46
1.6 Aplicaciones del Procesamiento de Señales y Simulación	46

2. DEMANDA DE UN LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES Y SIMULACIÓN EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	51
2.1 Introducción	51
2.2 Encuestas a docentes	52
2.3 Equipos Existentes en los laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la U.P.S	53
2.4 Malla Curricular y sus Necesidades	54
2.4.1 Materias Comunes para las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.....	55
2.4.2 Materias restantes de la carrera de Ingeniería Electrónica	59
2.4.3 Materias restantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.....	66
2.5 Equipos y Software necesarios para solventar las necesidades	68
2.5.1 Características de los Equipos Necesarios	68
2.5.2 Características del Software Necesario.....	70
3. EQUIPOS Y SOFTWARE EXISTENTES EN EL MERCADO	76
3.1 Empresas proveedoras de equipos y software para laboratorios	76
3.1.1 NATIONAL INSTRUMENTS	76
3.1.2 LAB VOLT	77
3.1.3 MATHWORKS	77
3.1.4 CADENCE	78
3.1.5 LABCENTER.....	79
3.1.6 ALTIUM	79
3.1.7 MICROCHIP	80
3.1.8 MECANIQUE	80
3.1.9 MIKROELEKTRONIKA	80
3.1.10 DIAL.....	81
3.1.11 POWERWORLD CORPORATION	81
3.1.12 DIgSILENT	82
3.1.13 FAMIL TECHNOLOGIES INC.....	82
3.2 Equipos para el procesamiento de señales	82
3.2.1 Equipos LabVolt	83
3.2.1.1 Modelo 91000-40 – Unidad de Base F.A.C.E.T.....	85
3.2.1.2 Modelo 91027 – Procesador de Señales Digitales (DSP)	86
3.2.1.3 Modelo 1250 – Conjunto de Instrumentos Virtuales	87

3.2.1.4	Modelo 91019 – Fundamentos de los transductores	89
3.2.2	Equipos National Instruments.....	90
3.2.2.1	Equipos de Adquisición de Datos DAQ USB	90
3.2.2.2	Suite de Instrumentación Virtual para Laboratorio Educativo (NI ELVIS II)	92
3.2.2.3	Paquete NI Single-Board RIO para Control Embebido en Tiempo Real	94
3.2.2.4	Equipo PXI para Comunicaciones	95
3.3	Software para Simulación	100
3.3.1	ALTIUM DESIGNER	102
3.3.2	ORCAD	102
3.3.3	NI CIRCUIT DESIGN SUITE	103
3.3.4	PROTEUS	105
3.3.5	AUTOMATION STUDIO	106
3.3.6	CADe SIMU	107
3.3.7	DIALUX	108
3.3.8	MATLAB	109
3.3.9	LABVIEW	111
3.3.10	MPLAB.....	112
3.3.11	MICROCODE	112
3.3.12	MIKROBASIC	113
3.3.13	INTOUCH.....	113
3.3.14	LABVIEW DSC MODULE.....	114
3.3.15	POWER WORLD SIMULATOR.....	115
3.3.16	DIgSILENT PowerFactory.....	116
4.	DISEÑO Y ANÁLISIS TÉCNICO	118
4.1	Equipos y Software para el montaje del laboratorio.....	118
4.1.1	Equipos para el Laboratorio	118
4.1.2	Software para el Laboratorio	124
4.2	Características Técnicas de los Equipos a Considerar	128
4.2.1	NI ELVIS II+.....	128
4.2.2	NI sbRIO-9642	133
4.2.3	NI PXI para Comunicaciones	135
4.2.3.1	Controlador NI PXIe-8108.....	135
4.2.3.2	NI PXIe-5663	136

4.2.3.3	NI PXIe-5673	137
4.2.3.4	NI PXI-2596.....	137
4.3	Diseño del Laboratorio.....	138
4.4	Laboratorio Propuesto y Cumplimiento de Necesidades	140
4.5	Aplicaciones prácticas del Laboratorio.....	145
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO	149
5.1	Introducción	149
5.2	Cotización de Equipos y Software a Adquirir	149
5.3	Grado de Utilización del Laboratorio.....	151
5.4	Ingresos por uso de Laboratorio	154
5.5	Análisis de Factibilidad	154
	Resumen, Conclusiones y Recomendaciones	158
	ANEXO 1: “Transformada de Fourier”.....	163
	ANEXO 2: “Transformada de Laplace”	166
	ANEXO 3: “Transformada Z”.....	170
	ANEXO 4: “Equipos e Instrumentos Existentes en el Taller de Ingeniería Eléctrica y Electrónica”	173
	ANEXO 5: “Objetivos Académicos de las Materias Analizadas en la Malla Curricular”.....	191
	ANEXO 6: “Cotizaciones de Equipos y Software”	208
	Bibliografía	232

Índice de Figuras

1. SIMULACIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES.	
1.1 Procesamiento analógico de señales.....	3
1.2 Diagrama de bloques de un sistema digital de procesamiento de señales.....	4
1.3 Formas de estudiar un Sistema.....	6
1.4 Etapas de un estudio de simulación	8
1.5 Representaciones gráficas de (a) una señal continua y (b) una señal discreta ..	10
1.6 Representaciones gráficas de (a) una señal periódica y (b) una señal no periódica.....	11
1.7 Representaciones gráficas de (a) una señal continua par y (b) una señal continua impar.....	12
1.8 Ejemplo de (a) una señal senoidal (b) una señal exponencial	15
1.9 Representación gráfica de la función escalón unitario	16
1.10 Representación gráfica de la función signo.....	16
1.11 Representación gráfica de la función rampa unitaria	17
1.12 Representación gráfica de la función impulso unitario	18
1.13 Representación gráfica de la función comb unitaria	19
1.14 Representación gráfica de la función rectángulo unitario	19
1.15 Representación gráfica de la función triángulo unitario.....	20
1.16 Representación gráfica de la función sinc unitario.....	20
1.17 Ejemplos de Desplazamiento en el Tiempo	21
1.18 Ejemplo de escalamiento e inversión en el tiempo.....	21
1.19 Diagrama de bloques de un sistema	22
1.20 Interconexión de dos sistemas en cascada: (a) interconexión en cascada, (b) sistema equivalente.....	22
1.21 Interconexión de dos sistemas en paralelo: (a) interconexión en paralelo, (b) sistema equivalente.....	23
1.22 Interconexión con retroalimentación.....	23
1.23 Diagrama de bloques de un sistema con su inverso	24
1.24 Diagrama de bloques que representan la superposición.....	26
1.25 Diagrama de bloques que representan la homogeneidad.....	26
1.26 Diagrama de un conversor analógico-digital.....	27

1.27	Muestreo de una señal: (a) diagrama de bloque de un muestreador periódico, (b) ejemplo de señal muestreada	28
1.28	Ilustración de la cuantificación.....	32
1.29	Respuesta en frecuencia de un filtro Pasa Alto	34
1.30	Respuesta en frecuencia de un filtro Pasa Bajo.....	35
1.31	Respuesta en frecuencia de un filtro Pasa Banda	35
1.32	Respuesta en frecuencia de un filtro Elimina Banda.....	36
1.33	Convolución en un sistema lineal.....	37
1.34	Sistema de detección por Radar: (a) Esquema básico del sistema, (b) Señal trasmitida, (c) Señal recibida.....	38
1.35	Presentación de LabVIEW 2009	40
1.36	Presentación de MATLAB y Simulink versión 2009.....	43
1.37	Presentación del paquete de instalación para NI Multisim versión 10.....	44
1.38	Presentación de PROTEUS	45
1.39	Presentación de Altium Designer 7.0	46
2.	DEMANDA DE UN LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES Y SIMULACIÓN EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.	
2.1	Necesidades de las Materias Comunes para Ingeniería Eléctrica y Electrónica	58
2.2	Continuación de necesidades de las Materias Comunes para Ingeniería Eléctrica y Electrónica.....	59
2.3	Necesidades de las Materias de Ingeniería Electrónica.....	64
2.4	Continuación de necesidades de las Materias de Ingeniería Electrónica	65
2.5	Necesidades de las Materias de Ingeniería Eléctrica.....	67
2.6	Diagrama de bloques de los Equipos necesarios para el Laboratorio de Procesamiento de Señales	68
2.7	Diagrama de bloques de un Sistema de Simulación.....	70
3.	EQUIPOS Y SOFTWARE EXISTENTES EN EL MERCADO.	
3.1	Unidad de Base FACET modelo 91000-40.....	86
3.2	Módulo DSP modelo 91027	87
3.3	Conjunto de Instrumentos Virtuales modelo 1250.....	88
3.4	Presentación física de NI ELVIS II+.....	92
3.5	NI ELVIS II+ aplicado a productos de (a) Quanser, (b) Freescale y (c) Emona.....	94
3.6	NI sbRIO 9642	95

3.7	NI PXIe-1075	96
3.8	NI PXIe-8108	97
3.9	NI PXIe-5663	98
3.10	NI PXIe-5673/512MB	99
3.11	NI PXI-2596.....	100
4.	DISEÑO Y ANÁLISIS TÉCNICO	
4.1	Equipos necesarios para la realización de una práctica	119
4.2	Equipos Lab-Volt para montaje de laboratorio.....	120
4.3	Equipos National Instruments para montaje de laboratorio.....	120
4.4	Materias de Ingeniería Electrónica que cubre el laboratorio PSS.....	141
4.5	Materias de Ingeniería Eléctrica que cubre el laboratorio PSS.....	142
4.6	Materias de Ingeniería en Sistemas que cubre el laboratorio PSS.....	143
4.7	Materias de Ingeniería Mecánica que cubre el laboratorio PSS.....	143
4.8	Materias de Ingeniería Automotriz que cubre el laboratorio PSS.....	144
4.9	Materias de Ingeniería Industrial que cubre el laboratorio PSS.....	144
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO	
5.1	Gráfico porcentual del grado de utilización para ciclo impar	152
5.2	Gráfico porcentual del grado de utilización para ciclo par	153

Índice de Tablas

1. SIMULACIÓN Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES.	
1.1 Toolboxes y áreas de aplicación en Matlab.....	42
3. EQUIPOS Y SOFTWARE EXISTENTES EN EL MERCADO.	
3.1 Características técnicas de las principales tarjetas de adquisición de datos (DAQ) de National Instruments	91
3.2 Características técnicas de los distintos tipos de NI sbRIO de National Instruments	95
3.3 Software existentes en el mercado por materias.....	101
3.4 Características principales de ORCAD CADENCE	103
3.5 Características principales de NI Circuit Design Suite	104
3.6 Características principales de PROTEUS	106
3.7 Toolboxes y áreas de aplicación en Matlab.....	110
4. DISEÑO Y ANÁLISIS TÉCNICO	
4.1 Características de los Instrumentos Virtuales de Lab-Volt y National Instruments.....	123
4.2 Características Eléctricas del Controlador NI PXIe-8108	135
4.3 Elementos necesarios para el laboratorio.....	139
5. ANÁLISIS ECONÓMICO	
5.1 Costos de los Equipos	150
5.2 Costos del Software	150
5.3 Costos totales para montaje de laboratorio	150
5.4 Grado de Utilización para ciclo impar	152
5.5 Grado de Utilización para ciclo par	153
5.6 Ingresos por uso del laboratorio.....	154
5.7 Gastos anuales por uso de laboratorio	156
5.8 Cálculo de la T.I.R. y V.A.N	156

CAPITULO 1

SIMULACION Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES

1.1 Introducción a Procesamiento de Señales y Simulación.

1.1.1 Procesamiento de Señales.

El Procesamiento de Señales es un área de la Ingeniería Electrónica que se concentra en la representación, transformación y manipulación de señales, y de la información que ellas contienen.

Se puede definir a una señal como una función de una o más variables independientes que contienen información acerca de la naturaleza o comportamiento de algún fenómeno. Las señales transportan información acerca del sistema que las produjo, contenida o codificada en un patrón de variaciones de alguna magnitud física.

Las señales pueden ser generadas en forma natural o artificial. Algunos ejemplos de señales naturales son la voz, señales cardíacas, radiación electromagnética de una estrella, la altura de la marea y la velocidad del viento. Algunos ejemplos de señales artificiales son la emisión de un canal de TV, las ondas emitidas y recibidas por radares, teléfonos celulares, sonares, etc.

La clasificación más básica de las señales se produce en base a su representación respecto a las variables de las que dependen. Esta clasificación es la siguiente:

- **Señal analógica:** es aquella que representa una magnitud de manera continua. Pueden provenir de sensores como, por ejemplo, un micrófono (para captar sonidos y trasladarlos a señales eléctricas), un termómetro, una sonda barométrica, un velocímetro, etc.
- **Señal digital:** es aquella que toma valores sólo para una cantidad finita de puntos, y además sus valores son únicamente discretos. Se pueden considerar

ejemplos de señales digitales a un programa de ordenador, el contenido de un CD, aunque también podría ser la información recibida de un semáforo, el código Morse, etc.

- **Señal discreta:** de manera parecida a la señal digital, una señal discreta sólo tiene valores en una cantidad discreta de puntos. La diferencia está en que estos valores pueden tomar cualquier valor, es decir, no están cuantificados. Estas señales provienen normalmente de la discretización de señales continuas. Cuando una señal discreta es cuantificada se transforma en una señal digital.

Asociado a las señales, está el medio que las generan. La forma en la que se generan las señales se encuentra asociada con un sistema que responde ante un estímulo, fuerza u otra señal. *“Un sistema puede considerarse como un proceso en el cual las señales de entrada son transformadas por el sistema o provocan que éste responda de alguna forma, lo que da como resultado otras señales como salidas.”*¹

Cuando pasamos una señal a través de un sistema, como en el caso del filtrado, decimos que hemos procesado la señal. En este caso. El procesado de la señal implica la separación de la señal deseada del ruido y la interferencia. En general, el sistema se caracteriza por el tipo de operación que realiza sobre la señal, pudiendo ser lineal o no lineal. Tales operaciones se denominan habitualmente como procesado de la señal.

El primer tipo de procesamiento electrónico que se desarrolló y se aplicó extensivamente fue el procesamiento análogo, el cual se lleva a cabo mediante circuitos compuestos por resistores, capacitores, inductores, amplificadores operacionales, etc.

El Procesamiento de Señales en Tiempo Discreto (*Discrete-Time Signal Processing*) se refiere al procesamiento de señales discretas en el tiempo o en el espacio. Esto implica que sólo se conoce el valor de la señal en instantes o en puntos específicos. Sin embargo, la amplitud de la señal es continua, es decir, puede tomar infinitos valores diferentes.

¹ OPPENHEIM, Alan V. y MILSKY, *Señales y Sistemas*, Alan S., Editorial Pearson Education, Segunda Edición, p. 38.

El Procesamiento Digital de Señales (*Digital Signal Processing* o DSP) añade a la característica anterior la de manejar la amplitud en forma discreta, la cual es una condición necesaria para que la señal pueda ser procesada en un computador digital. La amplitud de la señal sólo puede tener un número finito de valores diferentes.

Para nuestros fines, un sistema no solo puede incluir dispositivos físicos, sino también operaciones sobre una señal con la ayuda de un programa en computador. En este caso, el programa representa una implementación del sistema en *software*. Así tenemos un sistema realizado sobre un ordenador digital mediante operaciones matemáticas, es decir, tenemos un sistema de procesado digital de señales realizado en *software*. Alternativamente, el procesado digital de señales se puede efectuar mediante *hardware* digital. En tal realización tenemos un dispositivo físico que realiza operaciones específicas. Por lo tanto, un sistema digital se puede implementar como una combinación de *hardware* y *software*, desempeñando cada uno de ellos un papel específico.

Como se sabe, la mayor parte de las señales que aparecen en los ámbitos de la ciencia y la ingeniería son de naturaleza analógica, pueden ser procesadas directamente por sistemas analógicos adecuados; en este caso, decimos que la señal ha sido procesada directamente en forma analógica, como se muestra en la figura 1.1. Tanto la señal de entrada como la de salida están en forma analógica.



Figura 1.1: *Procesamiento analógico de señales.*

El procesado digital de señales proporciona un método alternativo para procesar una señal analógica. Para realizar el procesamiento digital, se necesita de una interfaz entre la señal analógica y el procesador digital, que es un conversor analógico-digital (A/D). En aplicaciones donde la salida digital del procesador digital de señales se ha de entregar en forma analógica, debemos proporcionar otra interfaz, que es un conversor digital-analógico (D/A). Estos interfaces se muestran en el diagrama de bloques de la figura 1.2.



Figura 1.2: *Diagrama de bloques de un sistema digital de procesamiento de señales.*

El Procesamiento Analógico de Señales (ASP) es generalmente más simple que el procesamiento digital, el cual requiere típicamente de un filtro análogo antialiasing, un convertor A/D, un procesador DSP, un convertor D/A y un filtro análogo para suavizar la salida.

Algunas de las ventajas del procesamiento digital con respecto al análogo son:

- El envejecimiento de los componentes y las derivas térmicas no afectan al resultado del proceso.
- Todos los dispositivos fabricados se comportan en forma idéntica, ya que la tolerancia de los componentes no influye en el procesamiento.
- Se puede reconfigurar un dispositivo modificando los valores de algunos coeficientes; no es necesario ajustar potenciómetros, o reemplazar componentes.
- El procesamiento análogo de señales de muy baja frecuencia se dificulta debido al requerimiento de capacitores de gran capacidad y muy baja corriente de fuga. En el caso del procesamiento digital no existen limitaciones; se pueden procesar señales con períodos de horas (tales como las mareas) e incluso de años (manchas solares).
- El procesamiento digital es capaz de realizar tareas complejas como es el caso de procesamiento de imágenes, video, voz, etc.

Algunas de las desventajas del procesamiento digital con respecto al análogo son:

- Mayor limitación en frecuencias altas, ya que normalmente se requieren convertidores A/D capaces de tomar muestras a una tasa varias veces mayor que la de la frecuencia de la señal análoga, y procesadores capaces de efectuar muchas operaciones por cada muestra recibida.
- El diseño es generalmente más complejo, ya que incluye aspectos de *hardware* y de *software*.

- El rango dinámico en la amplitud es más limitado, debido a la discretización en la amplitud. Sin embargo, la disponibilidad actual de conversores A/D de alta resolución y de procesadores capaces de efectuar cálculos en punto flotante con un gran número de decimales, puede eliminar esta desventaja en muchos casos.

1.1.2 Simulación de Sistemas por Computador.

Una definición de simulación, formulada por Robert E. Shannon es: *"La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias para el funcionamiento del sistema".*²

Lo que intenta la simulación es comprobar o descubrir el comportamiento real de un sistema, para luego poder postular teorías o hipótesis que expliquen dicho comportamiento con el fin de predecir el comportamiento futuro del sistema. La forma primaria de realizar este estudio sería, la experimentación con el propio sistema, pero esto no siempre es posible. En unos casos por imposibilidad física o económica no es factible experimentar con el sistema real, para lo cual se deberá estudiar el comportamiento del sistema a través de una representación o modelo del mismo. En la figura 1.3 se muestra un diagrama de las distintas maneras en las que se puede estudiar un sistema.

² SHANNON, Robert E., *Expert Systems and Simulation*, Vol.44, No. 6, 1985, p. 275.

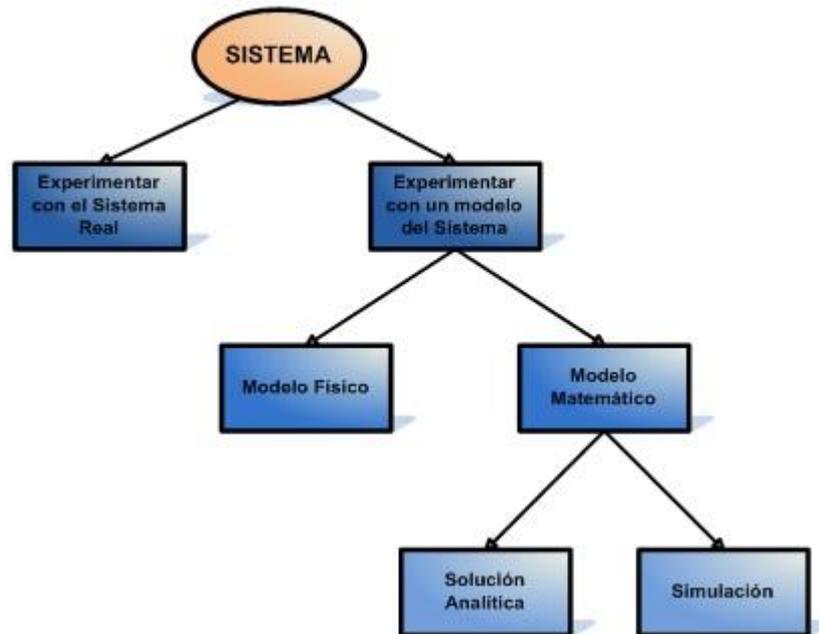


Figura 1.3. *Formas de estudiar un Sistema.*

Tradicionalmente, el modelado de sistemas ha sido a través de un modelo matemático, que intenta encontrar soluciones analíticas a problemas que permiten la predicción del comportamiento del sistema. Cuando las soluciones a estos modelos son muy complejas, la simulación por computador es la herramienta más eficiente para el desarrollo de los mismos.

La aplicación de la simulación a diferentes tipos de sistemas combinada con las diferentes clases de estudio que se pueden realizar conduce a una gran cantidad de variantes de la manera en que se puede realizar un estudio de simulación. Sin embargo hay determinados pasos básicos del proceso que pueden identificarse como los constituyentes de lo que denominaremos la metodología de un estudio de simulación, y son los siguientes:

1. **Definición del sistema:** para tener una definición del sistema que se desea simular es necesario hacer un análisis del mismo, con el fin de determinar la interacción del sistema con otros sistemas, sus restricciones, las variables que interactúan dentro del sistema y sus interrelaciones, las medidas de efectividad que se van a utilizar para definir y estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener del estudio.

2. **Formulación del modelo:** una vez que están definidos los resultados que se esperan obtener, el siguiente paso es definir el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados. Es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan en forma completa al modelo.
3. **Recolección de datos:** es necesario que se definan con claridad y exactitud los datos que el modelo va a requerir para producir los resultados deseados.
4. **Implementación del modelo en un computador:** con el modelo definido, el siguiente paso es decir que lenguaje de propósito general o software de propósito particular para procesarlo en el computador y obtener los resultados deseados.
5. **Validación:** a través de esta es posible detallar deficiencias en la formulación del modelo. Para validar el modelo se requiere analizar la precisión y exactitud con que se predicen los datos.
6. **Experimentación:** la experimentación con un modelo se realiza después de que ha sido validado. Consiste en generar los datos deseados y en construir una interpretación de los resultados del proceso de simulación.
7. **Documentación:** en esta última fase se requiere plasmar en un informe el análisis de resultados obtenidos a través de la simulación del modelo con un manual de usuario, con el cual se facilita la interacción y el uso del modelo desarrollado a través del computador.

Este proceso no es, en general, secuencial, sino iterativo, en el que algunos de los pasos pueden tener que repetirse en función de los resultados intermedios tal como muestra la figura 1.4.

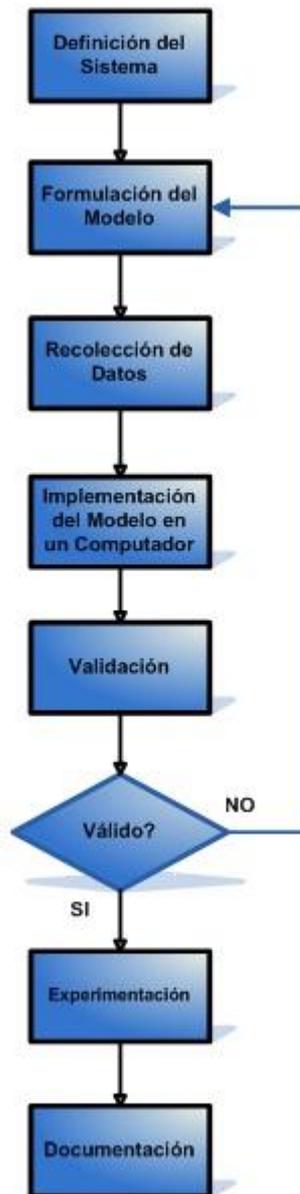


Figura 1.4. Etapas de un estudio de simulación.

1.2 Señales y Sistemas.

Los conceptos de señales y sistemas surgen en una gran variedad de campos, las ideas y las técnicas asociados con estos dos conceptos juegan un papel muy importante en áreas tan diversas de la ciencia y tecnología como las comunicaciones, la aeronáutica y la astronáutica, el diseño de circuitos, la acústica, la sismología, la ingeniería biomédica, los sistemas de generación y distribución de energía, el control de procesos químicos y el procesamiento de la voz.

La mayor parte de las señales que aparecen en los ámbitos de la ciencia y la ingeniería son de naturaleza analógica. Las señales se representan matemáticamente

como funciones con una o más variables independientes. En la mayoría de casos nos referimos a la variable independiente como el tiempo, aunque de hecho no puede representar al tiempo en ciertas aplicaciones.

1.2.1 Tipos de Señales.

El método a utilizar para representar una señal depende del tipo de la misma. Por lo tanto, podemos distinguir las siguientes clases de señales.

- **Señales Continuas y Discretas.**

Las señales continuas se definen como una sucesión continua de valores de la variable independiente.

Las señales discretas solo están definidas en tiempos discretos y, en consecuencia, para estas señales la variable independiente toma solamente un conjunto discreto de valores.

En la figura 1.5 se muestran ejemplos de una señal continua $x(t)$ y de una señal discreta $x[n]$, donde $x[n]$ está definida solo para valores enteros de la variable independiente.

- **Señales Aleatorias y Determinísticas.**

Una señal aleatoria es aquella cuyos valores no pueden predecirse con exactitud y que no es posible describirla por medio de ninguna función matemática. Un nombre común para una señal aleatoria es el de ruido.

Una señal no aleatoria, que también recibe el nombre de señal determinística, es aquella que es posible describir matemáticamente, al menos de manera aproximada.

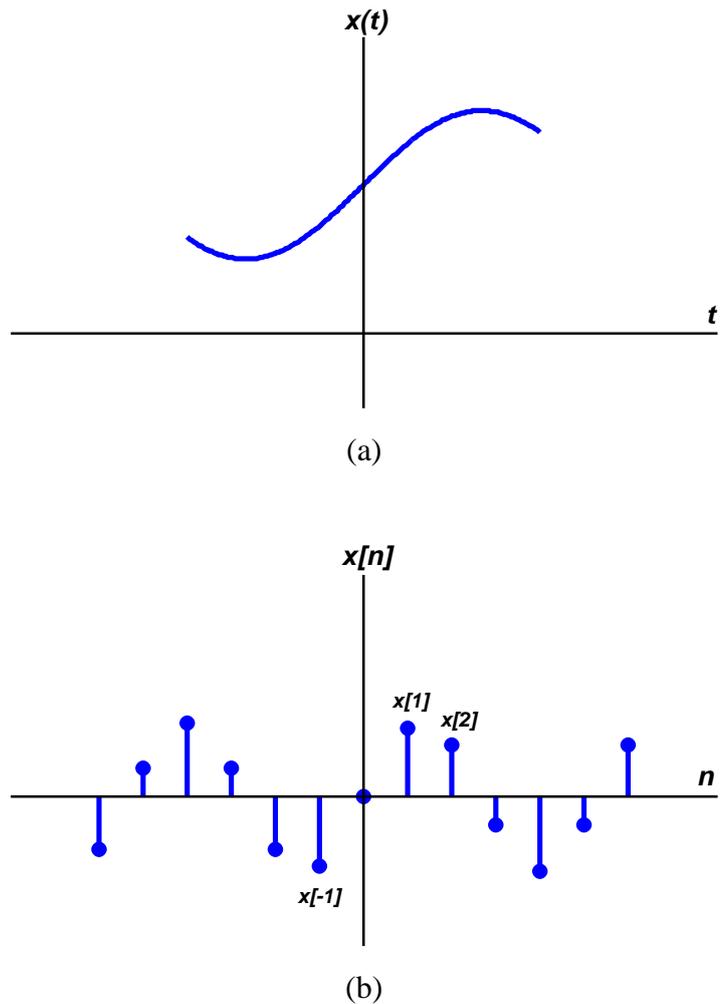


Figura 1.5: Representaciones gráficas de (a) una señal continua y (b) una señal discreta.

- **Señales Periódicas y No Periódicas.**

Una señal periódica continua $x(t)$ tiene la característica que hay un valor positivo T y un número entero m para el cual

$$x(t) = x(t + mT) \quad \text{para todo } t \quad (1.1)$$

Una señal periódica tiene la propiedad de que no cambia para un corrimiento de tiempo T . En este caso decimos que $x(t)$ es periódica, con periodo T .

De manera análoga, una señal discreta $x[n]$ es periódica con periodo N , y un número entero m , si no cambia con un corrimiento de tiempo de N , es decir, si

$$x[n] = x[n + mN] \quad \text{para todo } n \quad (1.2)$$

Cualquier función que no sea periódica se llama aperiódica o no periódica. En la figura 1.6 se muestra un ejemplo de señal periódica y no periódica.

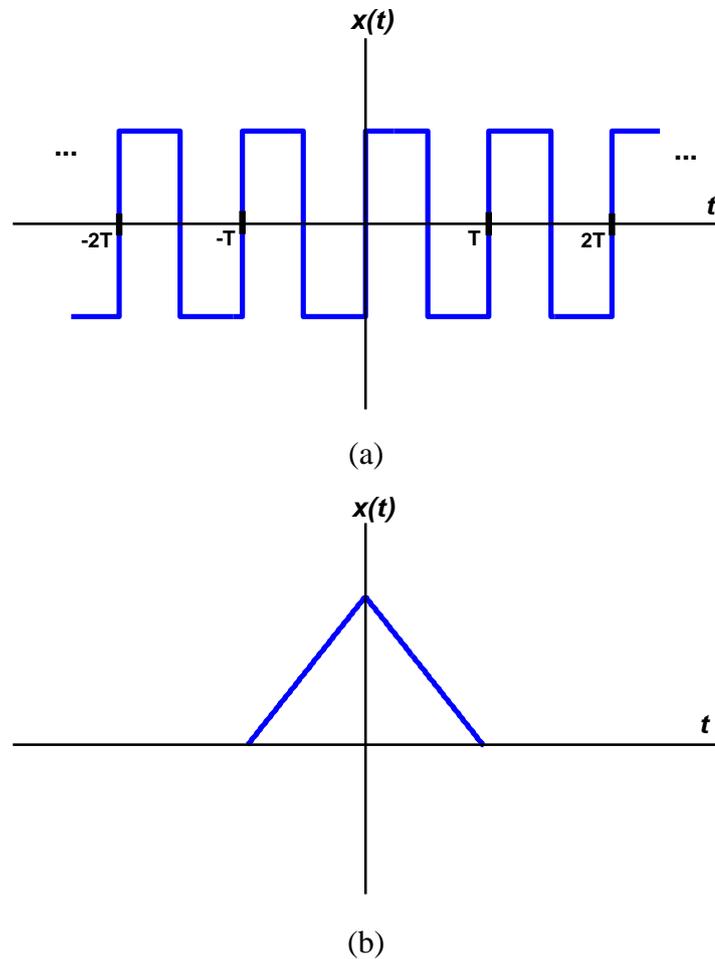


Figura 1.6: Representaciones gráficas de (a) una señal periódica y (b) una señal no periódica.

- **Señales Par e Impar.**

Una señal $x(t)$ o $x[n]$ es conocida como una señal par si es idéntica a su contraparte invertida en el tiempo, es decir, con su reflejo respecto al origen. En tiempo continuo una señal es par si cumple con la siguiente relación:

$$x(-t) = x(t) \quad (1.3)$$

Mientras que una señal en tiempo discreto es par si:

$$x[-n] = x[n] \quad (1.4)$$

A una señal se le considera impar si:

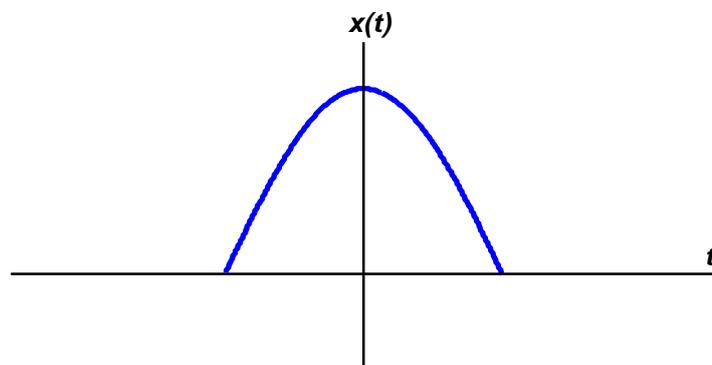
- Para señales en tiempo continuo:

$$x(-t) = -x(t) \quad (1.5)$$

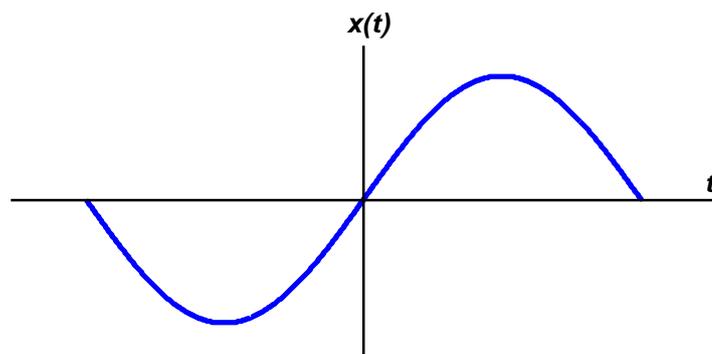
- Para señales en tiempo discreto:

$$x[-n] = -x[n] \quad (1.6)$$

En la figura 1.7 se muestran ejemplos de señales par e impar.



(a)



(b)

Figura 1.7: Representaciones gráficas de (a) una señal continua par y (b) una señal continua impar.

Algunas funciones son par, algunas son impar y otras no son ni par ni impar. Sin embargo, una función $x(t)$, incluso si no es ni par ni impar, puede expresarse como la suma de sus partes par e impar como $x(t) = x_{par}(t) + x_{impar}(t)$.

En otras palabras, cualquier función se compone de una parte par más una parte impar. Las partes par e impar de una función $x(t)$ son:

$$x_{par}(t) = \frac{x(t) + x(-t)}{2} \quad (1.7)$$

$$x_{impar}(t) = \frac{x(t) - x(-t)}{2} \quad (1.8)$$

- **Señales de Energía y Potencia.**

Las señales de energía son las que tienen energía finita, o sea $0 < E_x < \infty$, donde:

Para señales en tiempo continuo:

$$E_x = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt \quad (1.9)$$

Para señales en tiempo discreto:

$$E_x = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x[n]|^2 \quad (1.10)$$

Una señal es definida como señal de potencia, si tiene un valor de potencia finita ($0 < P_x < \infty$) donde:

Para señales en tiempo continuo:

$$P_x = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |x(t)|^2 dt \quad (1.11)$$

Para señales en tiempo discreto:

$$P_x = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N |x[n]|^2 \quad (1.12)$$

Una señal de energía tiene energía finita pero potencia promedio cero, mientras que una señal de potencia tiene potencia promedio finita pero energía infinita.

1.2.2 Funciones de Señales Continuas y Discretas.

En el análisis de señales y sistemas, las señales se describen (cuando es posible) mediante funciones matemáticas.

La *señal* es el fenómeno físico real que lleva información, y la *función* es una descripción matemática de la señal.

A continuación se describirán algunas de las funciones de las señales más utilizadas en procesamiento de señales.

- **Señales Senoidales y Exponenciales Complejas.**

La función senoidal en tiempo continuo se la representa de la siguiente manera:

$$g(t) = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T_o} + \theta\right) = A \sin(2\pi f_o t + \theta) = A \sin(\omega_o t + \theta) \quad (1.13)$$

$$g(t) = A \sin(\omega_o t + 90^\circ) = A \cos(\omega_o t) \quad (1.14)$$

Para exponenciales complejas, la función es la siguiente:

$$g(t) = A e^{(\sigma_o + j\omega_o t)} = A e^{\sigma_o t} [\cos(\omega_o t) + j \sin(\omega_o t)] \quad (1.15)$$

Donde:

A = amplitud de la senoide o exponencial compleja.

T_o = periodo fundamental real de la senoide.

f_o = frecuencia fundamental real de la senoide, Hz.

ω_o = frecuencia fundamental real de una senoide, radianes por segundo (rad/s).

t = tiempo continuo.

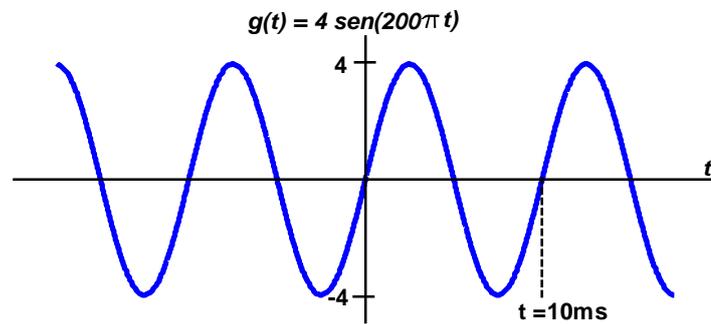
σ_o = velocidad de amortiguamiento real.

Las funciones en tiempo discreto son representadas de la siguiente manera:

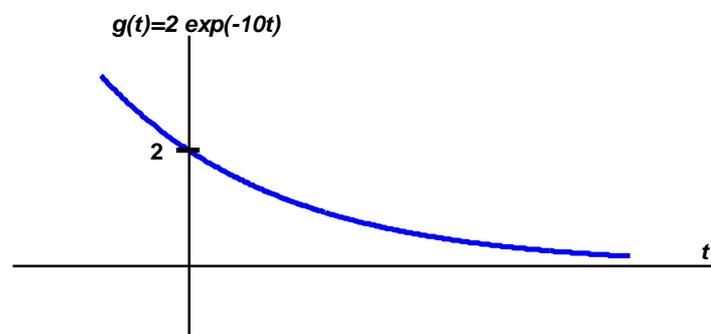
$$g[n] = A \sin\left(\frac{2\pi n}{T_o} + \theta\right) = A \sin(2\pi n f_o + \theta) = A \sin(\omega_o n + \theta) \quad (1.16)$$

$$g[n] = A e^{(\sigma_o + j\omega_o n)} = A e^{\sigma_o n} [\cos(\omega_o n) + j \sin(\omega_o n)] \quad (1.17)$$

En la figura 1.8 se presentan ejemplos de estas señales con sus respectivas funciones.



(a)



(b)

Figura 1.8: *Ejemplo de (a) una señal senoidal (b) una señal exponencial.*

- **Función Escalón Unitario.**

La función escalón unitario se representa en la figura 1.9 y se define de la siguiente manera:

$$u(t) = \begin{cases} 1 & t > 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases} \quad (1.18)$$

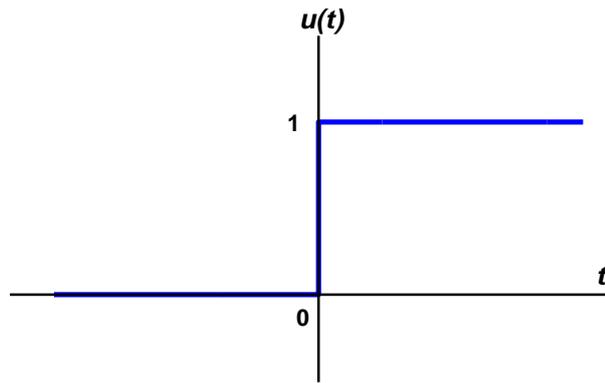


Figura 1.9: Representación gráfica de la función escalón unitario.

El escalón unitario se define y usa en el análisis de señales y sistemas debido a que se puede representar matemáticamente una acción muy común en los sistemas físicos reales, la rápida conmutación de un estado a otro.

- **Función Sign.**

La función sign se relaciona estrechamente con la función escalón unitario. Para argumentos distintos de cero, el valor de la función sign tiene una magnitud de uno y un signo que es igual al de su argumento. Por esta razón algunas veces recibe el nombre de función de signo. Su representación gráfica se muestra en la figura 1.10. La función sign está definida de la siguiente manera:

$$\text{sgn}(t) = \begin{cases} 1 & t > 0 \\ 0 & t = 0 \\ -1 & t < 0 \end{cases} = 2u(t) - 1 \quad (1.19)$$

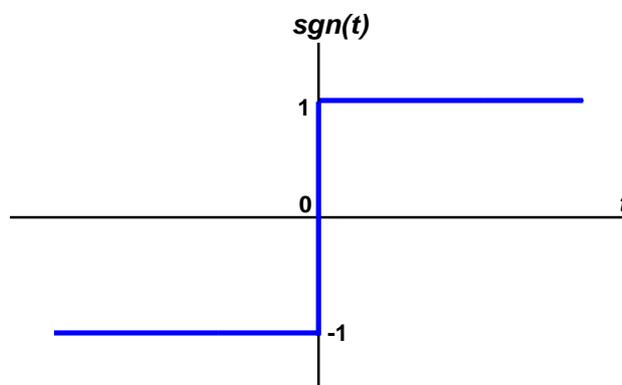


Figura 1.10: Representación gráfica de la función signo.

- **Función Rampa Unitaria.**

La Rampa Unitaria es otro tipo de señal que ocurre en los sistemas es una que se activa en algún tiempo y cambia linealmente a partir de ese tiempo a una que cambia linealmente antes de algún tiempo y se desactiva en ese instante.

La rampa unitaria se la representa en la figura 1.11, y está definida de la siguiente manera:

$$ramp(t) = \begin{cases} t & t > 0 \\ 0 & t \leq 0 \end{cases} = \int_{-\infty}^t u(\lambda) d\lambda = tu(t) \quad (1.20)$$

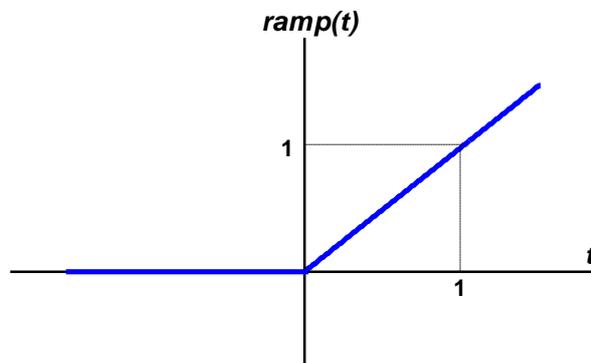


Figura 1.11: Representación gráfica de la función rampa unitaria.

- **Función Impulso Unitario.**

Algunos sistemas mecánicos suelen estar sometidos a una fuerza externa (o a una tensión eléctrica en el caso de los circuitos eléctricos) de gran magnitud, que solamente actúa durante un tiempo muy corto. La función impulso unitario puede servir como un modelo para tal fuerza.

Un impulso unitario se considera como un pulso de área unitaria cuyo ancho es tan pequeño que al hacerla más angosto, no cambiará de manera significativa ninguna de las señales del sistema al cual se aplica. La siguiente función define el concepto de impulso unitario y se la representa en la figura 1.12.

$$\delta(t) = \begin{cases} 1 & t = 0 \\ 0 & t \neq 0 \end{cases} \quad (1.21)$$

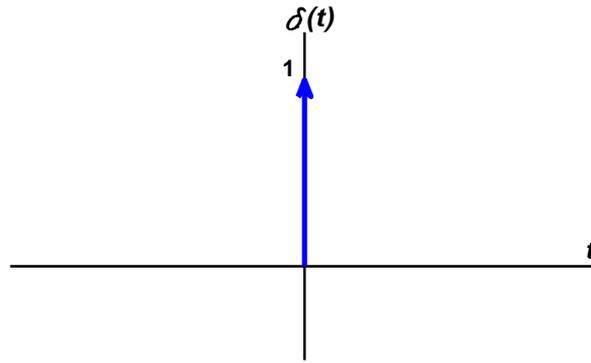


Figura 1.12: Representación gráfica de la función impulso unitario.

La función escalón unitario también se define como la integral del impulso unitario:

$$u(t) = \int_{t_1}^{t_2} \delta(\lambda) d\lambda \quad (1.22)$$

Una propiedad importante del impulso unitario es la llamada propiedad de muestreo, a continuación se describe de forma matemática esta propiedad:

$$\int_{-\infty}^{\infty} g(t) \delta(t - t_o) dt = g(t_o) \quad (1.23)$$

- **Función Comb Unitaria.**

Otra función útil es la función comb unitaria tal y cual como se muestra en la figura 1.13. La función *comb unitaria* es una secuencia de impulsos unitarios uniformemente espaciados. La función comb unitaria se define en la siguiente ecuación, donde **n** es un número entero.

$$comb(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - n) \quad (1.24)$$

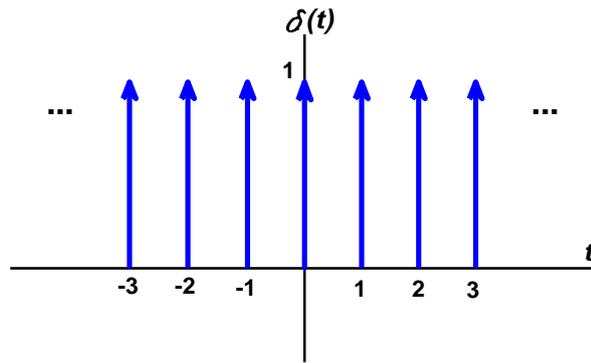


Figura 1.13: Representación gráfica de la función comb unitaria.

- **Función Rectángulo Unitario.**

La función rectángulo unitario puede considerarse como una función de *compuerta*. Cuando la función rectángulo unitario multiplica a otra función, el resultado es cero fuera del intervalo distinto de cero de la función rectángulo y es igual a la otra función dentro del intervalo distinto de cero de la función rectángulo. El rectángulo "abre una compuerta", permitiendo que la otra función pase y luego se cierra de nuevo. La función rectángulo unitario está representada en la figura 1.14 y definida de la siguiente manera:

$$rect(t) = \begin{cases} 1 & |t| < 1/2 \\ 0 & |t| > 1/2 \end{cases} \quad (1.25)$$

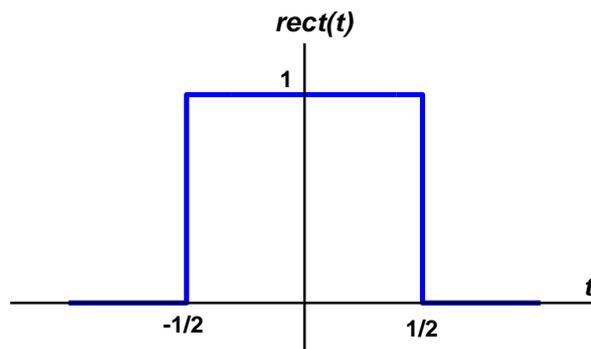


Figura 1.14: Representación gráfica de la función rectángulo unitario.

- **Función Triángulo Unitario.**

La función triángulo unitario se define en la figura. Se denomina triángulo *unitario* porque su altura y área son ambas iguales a uno (pero el ancho de su base no lo es). Esta función está definida en la ecuación 1.26 y representada en la figura 1.15.

$$tri(t) = \begin{cases} 1-|t| & |t| < 1 \\ 0 & |t| \geq 1 \end{cases} \quad (1.26)$$

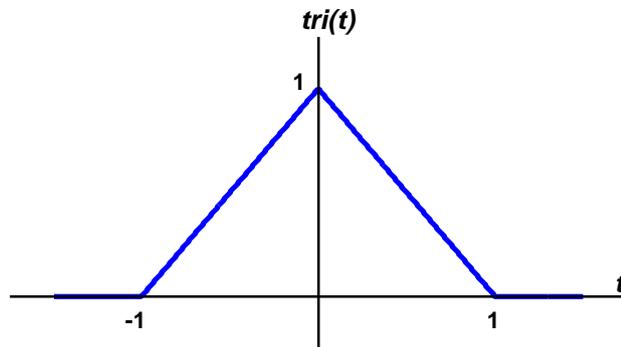


Figura 1.15: Representación gráfica de la función triángulo unitario.

- **Función Sinc Unitario.**

La función sinc unitaria también se relaciona con la función rectángulo unitario. Es la transformada de Fourier de la función rectángulo unitario en TC. Se la representa en la figura 1.16. La transformada de Fourier se detalla en el ANEXO 1.

$$\text{sinc}(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t} \quad (1.27)$$

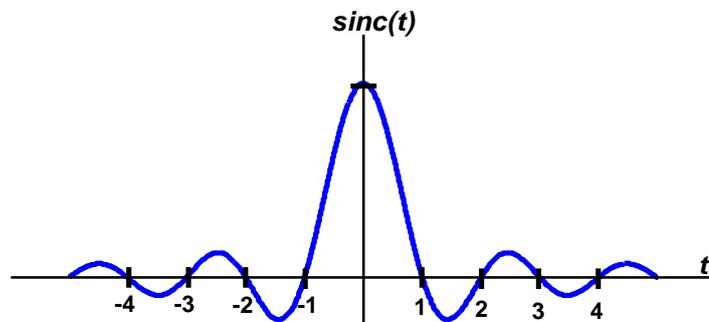


Figura 1.16: Representación gráfica de la función sinc unitario.

1.2.3 Transformaciones de la Variable Independiente.

Un concepto muy importante en el análisis de señales y sistemas es el de la transformación de una señal, dichas transformaciones involucran modificaciones sencillas de la variable independiente, es decir, el eje del tiempo.

Una transformación de la variable independiente es la de desplazamiento en el tiempo. Se realiza la transformación de $t \rightarrow t - t_0$, donde t_0 es una constante

arbitraria y tiene el efecto de desplazar a una función a la derecha en t_0 unidades. En cambio si t_0 es negativo, el desplazamiento es hacia la izquierda en $|t_0|$ unidades. En la figura 1.17 se muestran algunos ejemplos de desplazamiento en el tiempo.

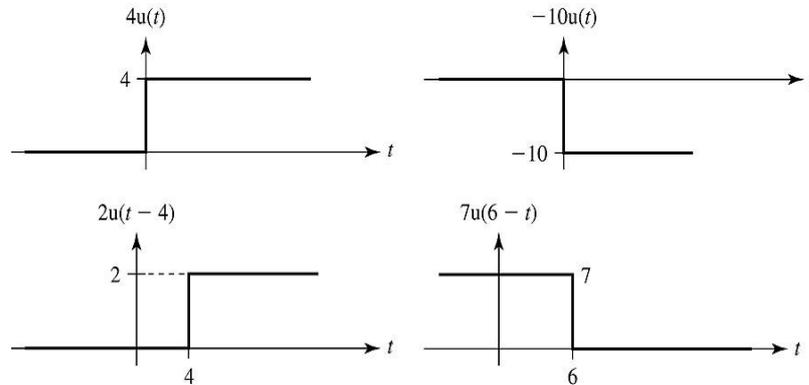


Figura 1.17: Ejemplos de Desplazamiento en el Tiempo.³

Otra transformación es la de escalamiento en el tiempo, donde $t \rightarrow t/a$, expandiendo la función horizontalmente por un factor de $|a|$ y, si $a < 0$, la función también se invierte en el tiempo.

La *inversión en el tiempo* significa invertir la curva con el eje $g(t)$ como el eje de rotación de la inversión. Algunos ejemplos de escalamiento e inversión en el tiempo son representados en la figura 1.18.

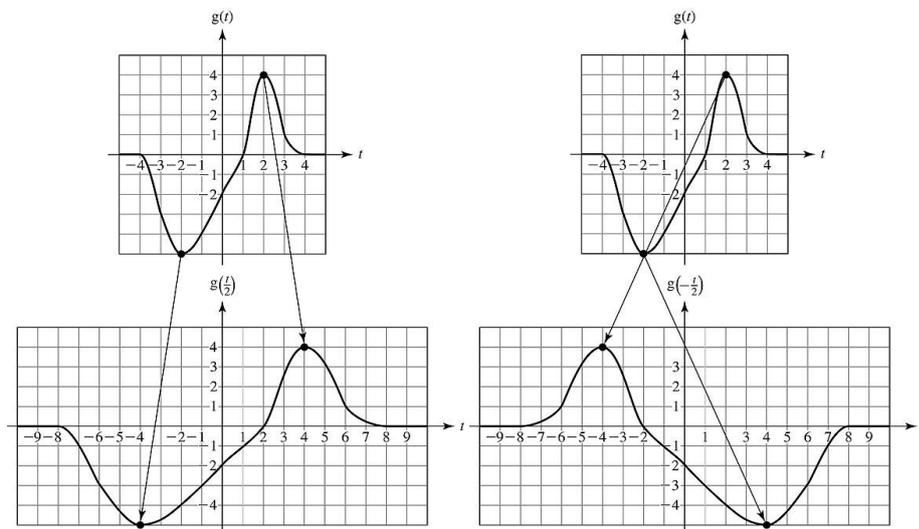


Figura 1.18: Ejemplo de escalamiento e inversión en el tiempo.⁴

³ M. Roberts, *Señales y sistemas*, Mc Graw Hill.

⁴ M. Roberts, *Señales y sistemas*, Mc Graw Hill.

1.2.4 Sistemas Continuos y Discretos.

Un sistema continuo es aquel que tanto la señales de ingreso como las de salida son continuas en el tiempo. Análogamente, un sistema discreto es aquel que las señales de entrada como las de salida son discretas. Tales sistemas están representados en la figura 1.19 donde $x(t)$ y $x[n]$ son las entradas de los sistemas continuo y discreto respectivamente; mientras que $y(t)$ y $y[n]$ son las salidas. El operador H actúa sobre la señal de entrada para producir la señal en la salida.



Figura 1.19: Diagrama de bloques de un sistema.

Muchos sistemas reales están contruidos como interconexiones de varios subsistemas. Al describir un sistema en términos de una interconexión de subsistemas más simples, podremos ser capaces de definir métodos útiles para sintetizar sistemas complejos a partir de bloques fundamentales básicos.

Una interconexión en serie o cascada de dos sistemas se representa en la figura 1.20 Aquí la salida des sistema 1 es la entrada del sistema 2. De la misma manera se puede definir una interconexión en serie de tres o más sistemas.

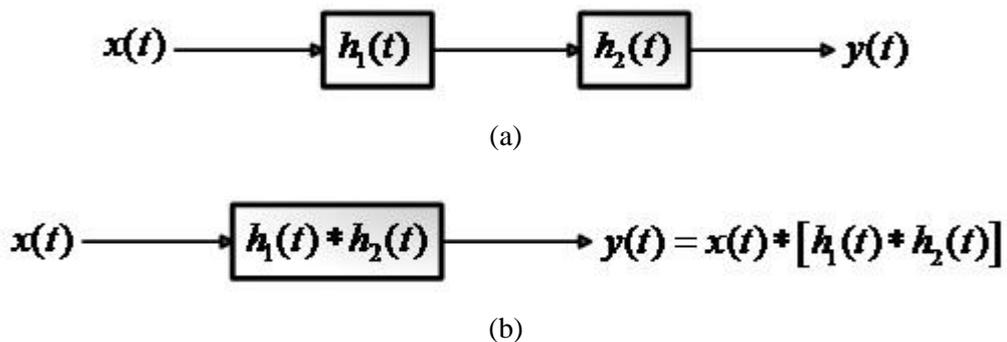
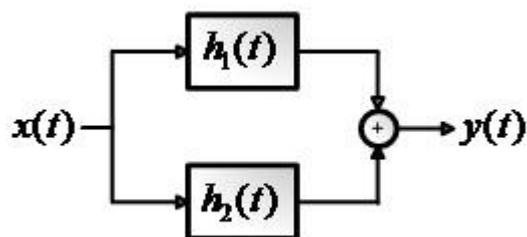


Figura 1.20: Interconexión de dos sistemas en cascada: (a) interconexión en cascada, (b) sistema equivalente.

En la figura1.21 se muestra una interconexión en paralelo de dos sistemas. La señal de entrada se aplica a los sistemas 1 y 2, siendo la salida la suma de las salidas de los sistemas 1 y 2.



(a)



(b)

Figura 1.21: Interconexión de dos sistemas en paralelo: (a) interconexión en paralelo, (b) sistema equivalente.

También se pueden definir sistemas en los cuales se combinan ambos tipos de interconexiones.

Otro tipo importante de interconexión de sistemas es la de retroalimentación, mostrada en la figura 1.22. En este tipo de interconexión, la salida del sistema 1 es la entrada del sistema 2, mientras que la salida del sistema 2 se retroalimenta y se suma a la entrada externa para producir una entrada real al sistema 1.

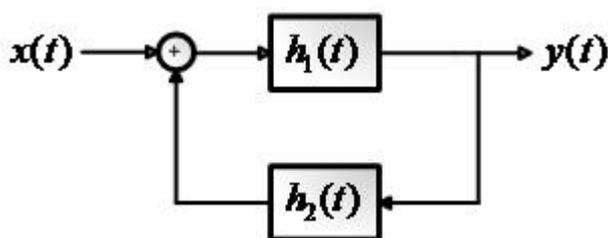


Figura 1.22: Interconexión con retroalimentación.

Los sistemas presentan algunas características básicas, pudiendo tener interpretaciones físicas importantes como descripciones matemáticas simples. A continuación se presentan las características de los sistemas continuos y discretos.

- **Sistemas con y sin Memoria**

Se dice que un sistema posee memoria si su señal de salida depende de valores pasados o futuros de la señal de entrada. En contraste un sistema no posee memoria si su señal de salida depende solamente de valores presentes de la señal de entrada.

Por ejemplo, el siguiente sistema descrito como $y(t) = 4(x(t) + x(t-1) + x(t-5))$ es un sistema con memoria, ya que la salida $y(t)$ depende de valores presentes y pasados de la entrada $x(t)$.

Un sistema sin memoria, está dada, por ejemplo como $y(t) = 2x(t)$, donde la salida depende de valores solamente presentes de su entrada.

- **Causalidad.**

Un sistema es causal si el valor presente de la señal de salida depende solamente de los valores presentes y/o pasados de la señal de entrada. En contraste, un sistema es no causal si la señal de salida depende de uno o más valores futuros de la señal de entrada.

Por ejemplo, el siguiente sistema descrito como $y(t) = 4(x(t) + x(t-1) + x(t-5))$ es un sistema causal, ya que la salida $y(t)$ depende de valores presentes y pasados de la entrada $x(t)$. Mientras que un sistema no causal, descrito como $y(t) = 4(x(t+1) + x(t-1) + x(t-5))$ es un sistema no causal, ya que la salida depende de un valor futuro de la señal de entrada.

- **Invertibilidad.**

Un sistema es invertible si la entrada del sistema puede ser recuperada de la salida. Se puede visualizar el conjunto de operadores necesarios para recuperar la entrada como un segundo sistema conectado en cascada con respecto al sistema dado, de tal manera que la salida del segundo sistemas sea igual a la señal de entrada del sistema dado, como se representa en la figura 1.23.



Figura 1.23: Diagrama de bloques de un sistema con su inverso.

- **Estabilidad.**

Se dice que un sistema es BIBO estable (Bounded-input, Bounded-output), es decir de entrada y salida acotada si y solamente si por cada señal de entrada acotada se produce una señal de salida acotada.

El sistema es BIBO-estable si la señal de salida satisface la siguiente condición:

$$|y(t)| \leq M_y < \infty \quad \text{para todo } t \quad (1.28)$$

La salida de tal sistema no diverge si la señal de entrada no diverge, o sea:

$$|x(t)| \leq M_x < \infty \quad \text{para todo } t \quad (1.29)$$

- **Invariancia en el Tiempo.**

Un sistema es invariable en el tiempo si un desplazamiento en la señal de entrada causa el mismo desplazamiento en la señal de salida.

$$\mathbf{T}\{x(t-\tau)\} = y(t-\tau) \quad (1.30)$$

Donde τ es cualquier valor real.

- **Linealidad.**

Un sistema continuo en el tiempo es lineal cuando sí y solo si cumple las siguientes dos propiedades:

Superposición: La suma de las entradas a un sistema da una respuesta que es igual a la sumatoria individual de las salidas por separado del sistema, como se muestra en la figura 1.24.

$$\begin{aligned} x_1(t) &\rightarrow y_1(t) \\ x_2(t) &\rightarrow y_2(t) \\ x_1(t) + x_2(t) &\rightarrow y_1(t) + y_2(t) \end{aligned} \quad (1.31)$$

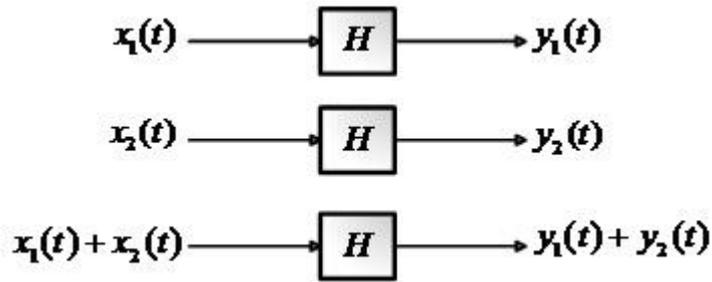


Figura 1.24: Diagrama de bloques que representan la superposición.

Homogeneidad: Cualquier cambio en amplitud de la señal de entrada del sistema debe dar como resultado una señal de salida exactamente igual como si se aplicara el concepto de escalamiento de amplitud a esta respuesta. En la figura 1.25 se representa un diagrama de bloques de la homogeneidad.

$$\begin{aligned} x(t) &\rightarrow y(t) \\ \alpha \cdot x(t) &\rightarrow \alpha \cdot y(t) \end{aligned} \quad (1.32)$$

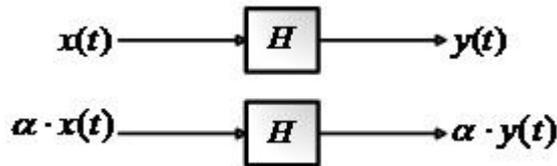


Figura 1.25: Diagrama de bloques que representan la homogeneidad.

1.3 Digitalización y Cuantización.

La digitalización consiste en la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento (codificación, compresión, etc.) y hacer a la señal digital resultante más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas. Existen muchas ventajas de la señal digital con respecto a la analógica, a continuación nombramos algunas de ellas y sus inconvenientes.

Ventajas de la señal digital:

- Cuando una señal digital es atenuada o experimenta perturbaciones leves, puede ser reconstruida y amplificada mediante sistemas de regeneración de señales.

- Cuenta con sistemas de detección y corrección de errores, que se utilizan cuando la señal llega al receptor; entonces comprueban (uso de redundancia) la señal, primero para detectar algún error, y algunos sistemas, pueden luego corregir alguno o todos los errores detectados previamente.
- Facilidad para el procesamiento de la señal. Cualquier operación es fácilmente realizable a través de cualquier software de edición o procesamiento de señal.
- Es posible aplicar técnicas de compresión de datos sin pérdidas o técnicas de compresión con pérdidas basados en la codificación perceptual mucho más eficientes que con señales analógicas.

Inconvenientes de la señal digital:

- Se necesita una conversión analógica-digital previa y una decodificación posterior, en el momento de la recepción.
- Si no se emplean un número suficientes de niveles de cuantificación en el proceso de digitalización, la relación señal a ruido resultante se reducirá con relación a la de la señal analógica original que se cuantificó.
- Se hace necesario emplear siempre un filtro activo analógico pasa bajo sobre la señal tanto al muestrear la señal como al volverla a convertir en señal analógica mediante el D/A para su reconstrucción.

La conversión analógica-digital consta de tres pasos básicos que son muestreo, cuantización y codificación. En la figura 1.26 se describe este proceso.

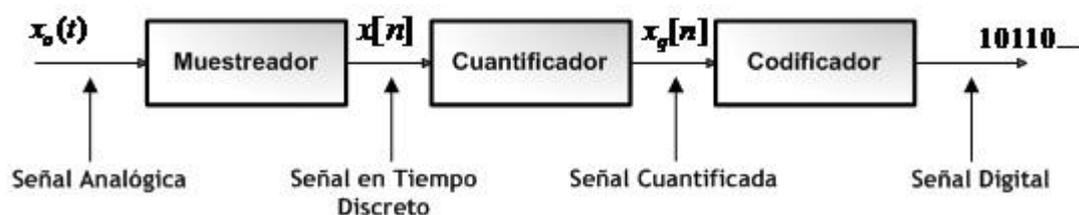


Figura 1.26: Diagrama de un conversor analógico-digital.

1.3.1 Muestreo de señales analógicas.

Existen muchas maneras de muestrear una señal. Nosotros nos centraremos en el muestreo periódico o uniforme, que es el tipo de muestreo más usado en la práctica. Este se describe mediante la relación.

$$x[n] = x_o[n \cdot T] \quad -\infty < n < \infty \quad (1.33)$$

Donde $x[n]$ es la señal en tiempo discreto obtenido tomando muestras de la señal analógica $x_o[n]$ cada T segundos. Este proceso se ilustra en la figura. 1.27. El intervalo de tiempo T entre 2 muestras sucesivas se denomina periodo de muestreo o intervalo de muestreo, y su recíproco $F_s = 1/T$ se llama velocidad de muestreo o frecuencia de muestreo.

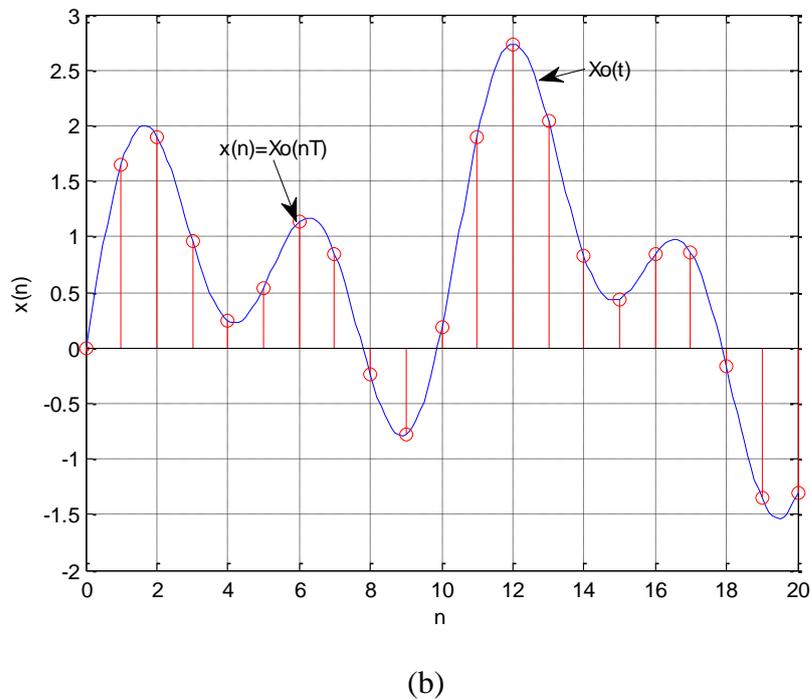
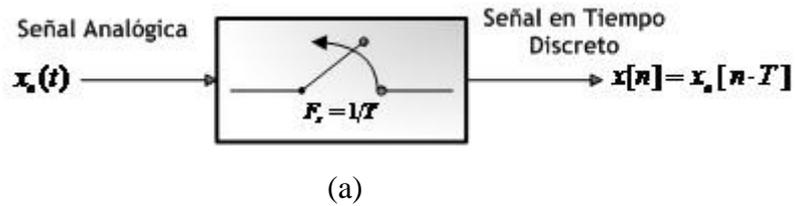


Figura 1.27: Muestreo de una señal: (a) diagrama de bloque de un muestreador periódico, (b) ejemplo de señal muestreada.

El muestreo periódico establece una relación entre las variables t y n de tiempo continuo y tiempo discreto, respectivamente. De hecho estas variables se relacionan linealmente a través del periodo de muestreo.

$$t = n \cdot T = \frac{n}{F_s} \quad (1.34)$$

Como consecuencia existe una relación entre la variable Frecuencia F (ó Ω) de las señales analógicas y la variable frecuencia f (ó ω) de las señales en tiempo discreto. Para establecer dicha relación consideremos una señal analógica de la forma.

$$x_0(t) = A \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot F \cdot t + \theta) \quad (1.35)$$

Que cuando se muestrea periódicamente a una velocidad $F_s = 1/T$ muestras por segundo, da lugar a:

$$x_0(t) = x(n) = A \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot F \cdot n \cdot T + \theta) \quad (1.36)$$

$$x_0(t) = A \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot F \cdot n}{F_s} + \theta\right)$$

De donde nuestra f en tiempo discreto es:

$$f = \frac{F}{f_s} \quad (1.37)$$

O su equivalencia:

$$\omega = \Omega \cdot T \quad (1.38)$$

La relación dada en (1.38) justifica el nombre *frecuencia normalizada o relativa*, que se usa a veces para describir la variable f . Como podemos ver en la ecuación (1.37), podemos usar f para determinar F en hertzios solo si conocemos la frecuencia de muestreo F_s .

1.3.2 Teorema de muestreo.

Para identificar el periodo de muestreo o velocidad de muestreo es necesaria cierta información sobre las características de la señal que va a ser muestreada. En particular debemos tener la información del contenido frecuencial de la señal.

Generalmente, dicha información se encuentra disponible. Por ejemplo, sabemos que la mayor frecuencia en las señales de voz ronda los 3 KHz. Por otra parte, las señales de televisión tienen componentes importantes hasta los 5 MHz. La información contenida en dichas señales se encuentra en amplitudes, frecuencias y fases de las distintas componentes de frecuencia, pero antes de obtener dichas señales no conocemos sus características con detalle. De hecho, el propósito del procesamiento de señales es normalmente la extracción de dichas características. Sin embargo si conocemos la máxima frecuencia de una determinada clase de señales, podemos identificar la velocidad de muestreo necesaria para convertir las señales analógicas en señales digitales para su procesamiento.

Supongamos una señal analógica que puede ser representada como la suma de sinusoides de diferentes amplitudes, frecuencias y fases, es decir,

$$x_o(t) = \sum_{i=1}^N A_i \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot F_i \cdot t + \theta_i) \quad (1.39)$$

Donde N indica el número de componentes de frecuencia. Todas las señales, como las de voz o video, se prestan a dicha representación en cualquier intervalo de tiempo pequeño. Supongamos que las frecuencias de una determinada señal no exceden una frecuencia máxima conocida F_{max} . Por ejemplo $F_{max} = 3 \text{ KHz}$, para señales de voz y $F_{max} = 5 \text{ MHz}$, para señales de video. Para descartar toda frecuencia por encima de la frecuencia máxima hacemos pasar nuestra señal analógica por un filtro pasa-bajo, antes de pasar al muestreo. El conocimiento de la F_{max} nos permite seleccionar la velocidad de muestreo apropiada. Para seleccionar la velocidad de muestreo utilizaremos el teorema de *Nyquist* el cual nos dice que,

$$F_s > 2 \cdot F_{max} \quad (1.40)$$

El teorema de *Nyquist* nos da la frecuencia mínima a la que debe ser muestreada la señal analógica para que ésta pueda ser reconstruida nuevamente y evitar el problema del *aliasing* el cual se produce al utilizar una frecuencia de muestreo menor a dos veces la frecuencia máxima. Para la reconstrucción de la señal se debe utilizar un método de interpolación apropiado el cual se especifica mediante el *teorema de muestreo*, la cual dice que si la frecuencia más alta contenida en una señal analógica $x_o(t)$, es $F_{max}=B$ y la señal se muestrea a una velocidad $F_s > 2F_{max}=2B$, entonces

$x_o(t)$ se puede recuperar totalmente a partir de sus muestras mediante la siguiente función de interpolación:

$$g(t) = \frac{\text{sen}(2\pi \cdot B \cdot t)}{2\pi \cdot B \cdot t} \quad (1.41)$$

Entonces $x_o(t)$ se puede expresar de la siguiente manera:

$$x_o(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x_o\left(\frac{n}{F_s}\right) \cdot g\left(t - \frac{n}{F_s}\right) \quad (1.42)$$

Cuando el muestreo de $x_o(t)$ se realiza a la tasa mínima de muestreo $F_s=2B$, la formula de reconstrucción se transforma en:

$$x_o(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x_o\left(\frac{n}{2 \cdot B}\right) \cdot \frac{\text{sen}\left(2\pi \cdot B \cdot \left(t - \frac{n}{2 \cdot B}\right)\right)}{2\pi \cdot B \cdot \left(t - \frac{n}{2 \cdot B}\right)} \quad (1.43)$$

1.3.3 Cuantificación.

Una señal analógica es una secuencia de números (muestras) en la que cada número se representa por un número finito de dígitos.

El proceso de convertir una señal en tiempo discreto de amplitud continua en una señal digital, expresando cada muestra por medio de un número finito de dígitos, se denomina cuantificación. El error cometido al representar la señal de valor continuo por un conjunto finito de valores discretos se denomina *error de cuantificación o ruido de cuantificación*.

Denotaremos la operación de cuantificación de las muestras $x[n]$ como $Q(x[n])$ y utilizaremos $x_q[n]$ para designar la secuencia de muestras cuantificadas a la salida del cuantificador.

$$x_q[n] = Q(x[n]) \quad (1.44)$$

Por lo tanto el error de cuantificación de una secuencia $e_q[n]$ se define como la diferencia entre el valor cuantificado y el de la muestra original.

$$e_q[n] = x_q[n] - x[n] \quad (1.45)$$

En la figura 1.28 se ilustra un ejemplo de cuantificación de una señal.

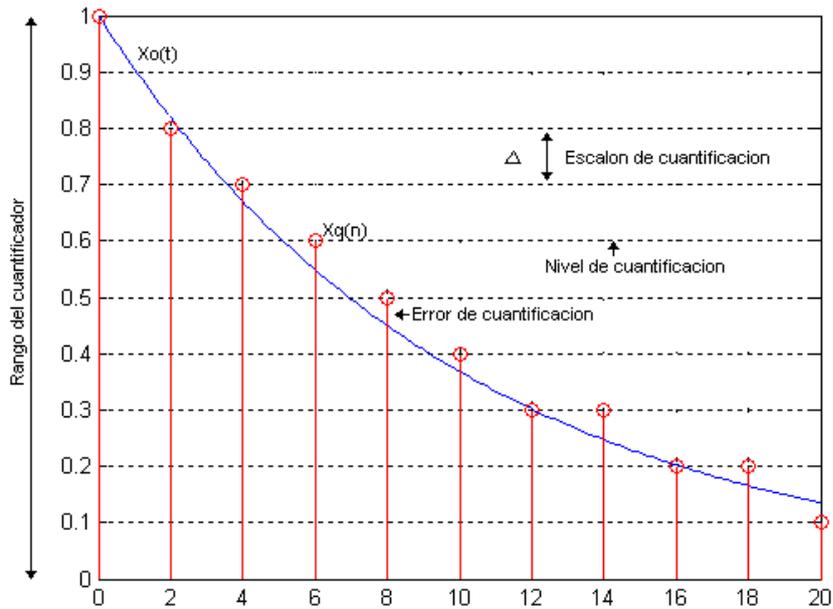


Figura 1.28: Ilustración de la cuantificación.

Por lo tanto, el error de cuantificación decrece y aumenta la precisión del cuantificador. En la práctica se puede reducir el error de cuantificación a niveles insignificantes, eligiendo un número suficiente de niveles de cuantificación.

Teóricamente, la cuantificación de las señales analógicas resulta siempre una pérdida de información. Este es el resultado de la ambigüedad introducida por la cuantificación. De hecho, la cuantificación es un proceso no invertible, dado que a todas las muestras a una distancia inferior a $\Delta/2$ de un determinado nivel se le asigna el mismo valor.

1.3.4 Codificación.

El proceso de codificación en un conversor A/D asigna un número binario único a cada nivel de cuantificación diferente. Si disponemos de L niveles, necesitaremos al menos L niveles binarios distintos. Con una longitud de palabra de b bits se pueden crear 2^b números binarios diferentes. Por lo tanto, tenemos $2^b \geq L$ ó, de forma equivalente, $b \geq \log_2 L$. De este modo, el número de bits necesarios en el codificador es el menor entero mayor o igual que $\log_2 L$. Los conversores A/D disponibles comercialmente tienen una precisión de $b=16$ o inferior. Generalmente, cuanto mayor es la velocidad de muestreo y más fina la cuantificación, más caro resulta el dispositivo.

1.3.5 Conversión Digital a Analógico (DAC).

Un convertidor digital analógico transfiere información expresada en forma digital a una forma analógica. Para el caso de un sistema de procesamiento digital, convierte la señal digital ya procesada a su forma analógica.

En teoría el método más simple para una conversión digital – analógica es tomar muestras de memoria y convertirlos en un tren de pulsos.

La señal analógica original puede ser reconstruida perfectamente pasando el tren de pulsos por un filtro paso-bajo con una frecuencia de corte $f_c = \frac{1}{2} f_s$.

La señal analógica original y el tren de pulsos tienen un espectro de frecuencia idénticos por debajo de la f de Nyquist.

El inconveniente de este método es que es puramente matemático y difícil de conseguir en electrónica.

Existen tres métodos posibles para interpolar las muestras en un DAC, estos son:

- *ZEROTH ORDER HOLD*: Equivalente en el DAC a lo que “*sampled and hold*” es para el ADC.
- *FIRST ORDER HOLD*: Unir cada muestra con líneas rectas.
- *SECOND ORDER HOLD*: Unir cada muestra con parábolas.

1.4 Técnicas de procesamiento de Señales.

A continuación veremos las técnicas más importantes en el procesamiento digital de señales.

1.4.1 Filtrado de una señal digital.

Mediante el filtrado de una señal podemos eliminar la información que no nos interesa en una señal y centrarnos únicamente en la información que nosotros consideremos importante. Es decir mediante el filtrado de una señal podemos eliminar el ruido que se suma a nuestra señal de análisis.

El filtrado digital es parte del procesamiento digital de una señal. Comúnmente se usa para atenuar o amplificar algunas frecuencias, por ejemplo se puede implementar un sistema para controlar los tonos graves y agudos del audio del estéreo del auto.

La gran ventaja de los filtros digitales sobre los analógicos es que presentan una gran estabilidad de funcionamiento en el tiempo. Además al ser filtro digital mediante software podemos acercarnos más a un filtro ideal, lo que en hardware es más complicado.

Existen diferentes tipos de filtros, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- *Filtros pasa alto:* es aquel que me permite el paso de frecuencias por encima de la frecuencia de corte. La respuesta de este filtro está representada en la figura 1.29.

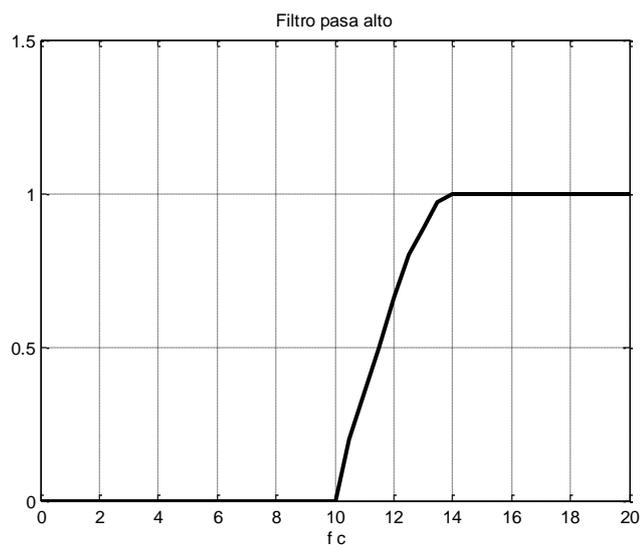


Figura 1.29: Respuesta en frecuencia de un filtro Pasa Alto.

- *Filtros pasa bajo:* es aquel que me permite el paso de frecuencias por debajo de la frecuencia de corte. La respuesta de este filtro está representada en la figura 1.30.

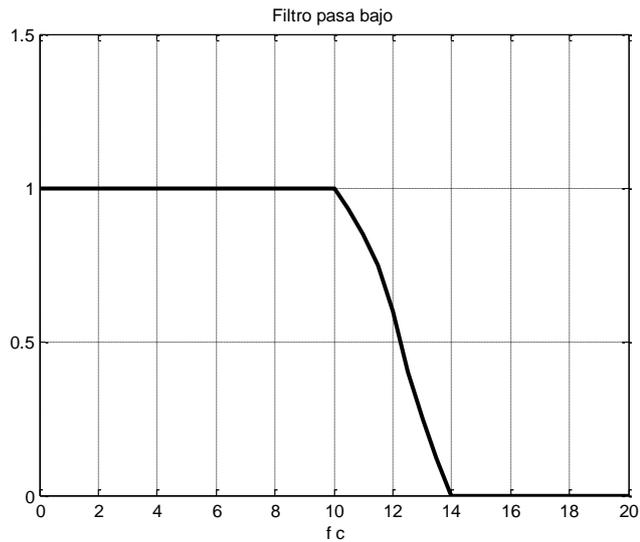


Figura 1.30: *Respuesta en frecuencia de un filtro Pasa Bajo.*

- *Filtros pasa banda:* es aquel que me permite el paso de frecuencias en un rango determinado. La respuesta de este filtro está representada en la figura 1.31.

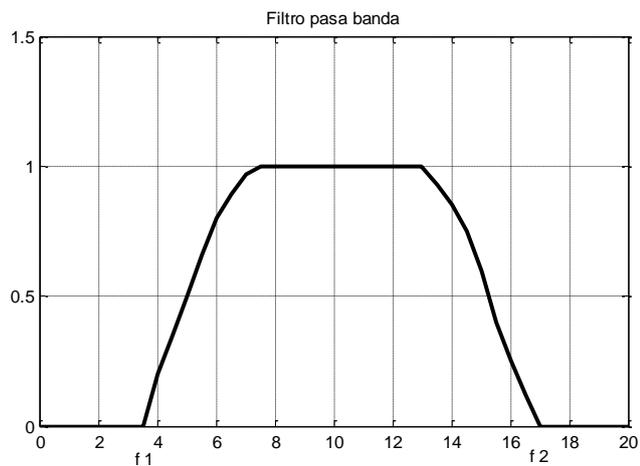


Figura 1.31: *Respuesta en frecuencia de un filtro Pasa Banda.*

- *Filtros elimina banda:* es aquel que no me permite el paso de frecuencias en un rango determinado. La respuesta de este filtro está representada en la figura 1.32.

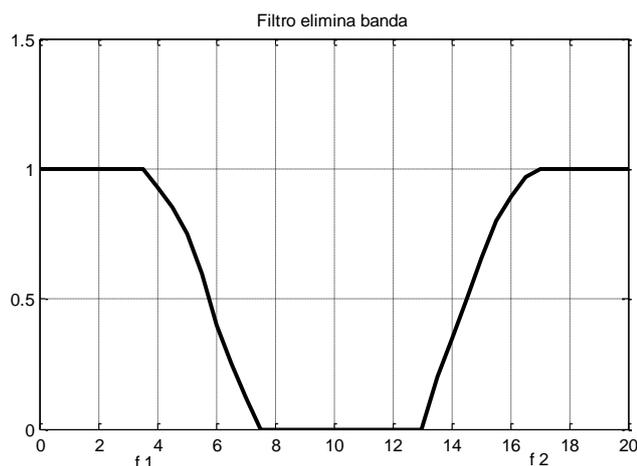


Figura 1.32: Respuesta en frecuencia de un filtro Elimina Banda.

Hay muchas formas de representar un filtro. Por ejemplo, en función de ω (frecuencia digital) o en función de n (número de muestra). Todas son equivalentes, pero a la hora de trabajar a veces conviene más una u otra.

Dominio de n :

$$y(n) = \sum_{k=0}^N b_k \cdot x(n - k) - \sum_{k=1}^M a_k \cdot y(n - k) \quad (1.46)$$

Los coeficientes son \mathbf{a} y \mathbf{b} y son los que definen el filtro.

1.4.2 Convolución.

La convolución es otra de las técnicas del procesamiento digital de señales en la cual se intenta entender como un sistema cambia una señal de entrada en una señal de salida. La señal de entrada puede descomponerse en un conjunto de impulsos, vistos como una función delta escalada y desplazada, la salida resultante para cada impulso es una versión escalada y desplazada de la respuesta al impulso. La salida total del sistema se puede formar sumando todas las respuestas anteriores para cualquier señal de ingreso. Entonces si se conoce la $h[n]$ (respuesta al impulso) de un sistema se puede calcular la salida para cualquier señal de ingreso, es decir se conoce todo a cerca del sistema.

La convolución es formalmente una operación matemática que se realiza sobre dos señales para producir una tercera señal.

En sistemas lineales la convolución se utiliza para describir la relación entre tres señales de interés como se muestra en la figura 1.33, en este caso las señales relacionadas con la señal de entrada, la respuesta al impulso y la señal de salida.

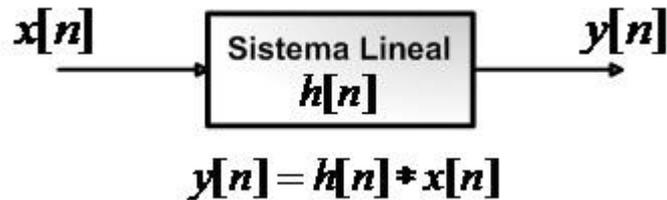


Figura 1.33: *Convolución en un sistema lineal.*

En DSP (procesamiento digital de señales) la convolución puede ser entendida en dos maneras diferentes:

- *Punto de vista de la señal de ingreso:* Analizar cómo cada muestra de la señal de ingreso contribuye a varios puntos de la señal de salida.
- *Punto de vista de la señal de salida:* Analizar cómo cada muestra de la señal de salida ha recibido información de muchos puntos de la señal de ingreso.

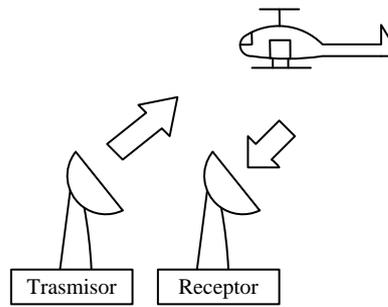
Entonces la idea de que un sistema queda completamente caracterizado por su respuesta al impulso es posible gracias a la convolución, para encontrar la respuesta al impulso en la mayoría de las ocasiones nos ayudamos de la transformada de *Laplace* (ANEXO 2) en el caso de una señal en tiempo continuo o la *transformada z* (ANEXO 3) en el caso de una señal en tiempo discreto.

Entonces una de las tareas del DSP es diseñar una respuesta al impulso apropiada para cada aplicación. Por ejemplo para un filtro digital, detección por radar, supresión de eco, etc.

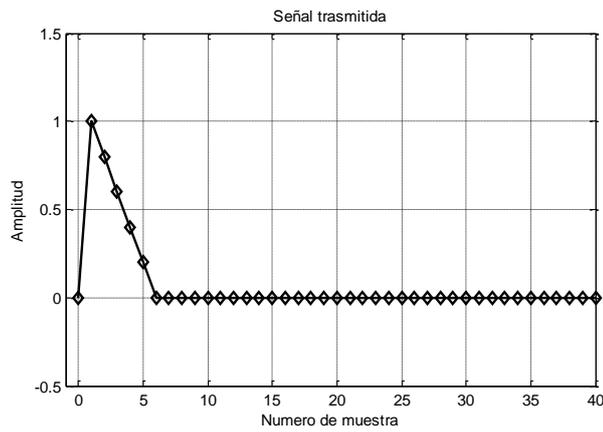
1.4.3 Correlación y Autocorrelación.

La técnica de la correlación la trataremos de explicar mediante un ejemplo en este caso el sistema de un radar.

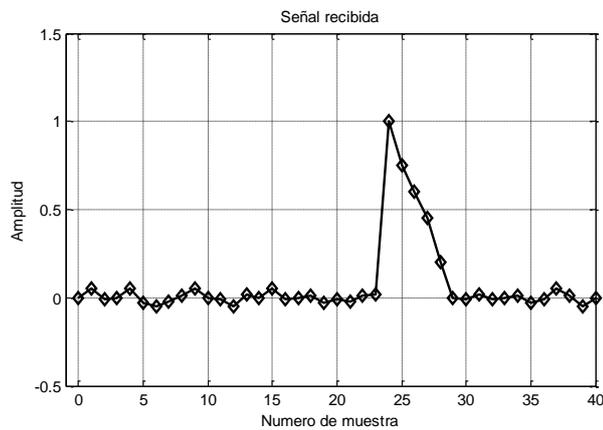
Como todo sistema de radar (figura 1.34a) tenemos una antena Tx que envía una explosión de ondas de radio en una dirección seleccionada, si la propagación de la onda choca con un objeto, una pequeña cantidad de energía es reflejada hacia un receptor localizado cerca del transmisor como se indica en la figura 1.34b. El pulso Tx tiene una forma específica seleccionada tal como una onda triangular como se muestra en la figura 1.34c.



(a)



(b)



(c)

Figura 1.34: Sistema de detección por Radar: (a) Esquema básico del sistema, (b) Señal transmitida, (c) Señal recibida.

La señal Rx consta de dos partes: una versión desplazada y escalada del pulso Tx, y ruido aleatorio; resultante de ondas de radio de interferencia, ruido térmico, etc.

Debido a que las señales de radio viajan a la velocidad de la luz, el desplazamiento entre el pulso Tx y Rx es una medida directa de la distancia a la que está el objeto a detectar.

La correlación es una operación matemática muy similar a la convolución en donde dada una señal de forma conocida, se puede determinar dónde (o si) esta señal ocurre dentro de otra señal. La representación matemática de la correlación es la siguiente:

$$c(n) = a(n)*b(-n) \quad (1.46)$$

La semejanza matemática no debe confundir la correlación con la convolución ya que son dos cosas completamente diferentes.

La convolución es la relación entre la señal de entrada, la respuesta al impulso y la señal de salida de un sistema.

La correlación es una manera de detectar una forma de onda conocida en un fondo ruidoso.

1.5 Software para Simulación.

A continuación se presentan algunos de los programas para simulación más usados en la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica para simulación de circuitos, microcontroladores, instrumentación, procesamiento de señales, entre otros; con la finalidad de dar a conocer una pequeña introducción de las características que tienen estos *software*.

1.5.1 LabView.

LabView es una herramienta gráfica para pruebas, simulación, control y diseño mediante programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Este programa fue creado por National Instruments (1976) para funcionar sobre máquinas MAC. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y Linux. En la figura 1.35 se muestra la presentación de LabVIEW 2009.

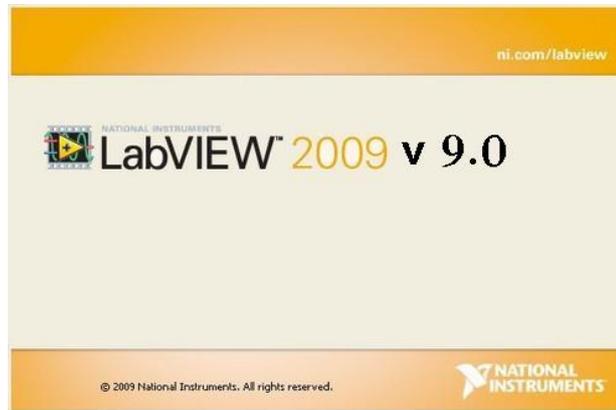


Figura 1.35: Presentación de LabVIEW 2009.⁵

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica sino también a su programación embebida.

Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como:

- Adquisición de datos y análisis matemático.
- Comunicación y control de instrumentos de cualquier fabricante.
- Automatización industrial y programación de PACs (Controlador de Automatización Programable).
- Diseño de controladores: simulación, prototipaje rápido y validación.
- Diseño embebido de micros y chips.
- Control y supervisión de procesos.
- Visión artificial y control de movimiento.
- Robótica.
- Domótica y redes de sensores inalámbricos.

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden

⁵ www.scclebanon.com

hacer programas relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales.

1.5.2 Matlab y Simulink.

Matlab es un entorno de computación y desarrollo de aplicaciones totalmente integrado orientado para llevar a cabo proyectos en donde se encuentren implicados elevados cálculos matemáticos y la visualización gráfica de los mismos. Las aplicaciones típicas que incluye Matlab son:

- Matemáticas y Computación.
- El desarrollo de algoritmos.
- Adquisición de datos.
- Modelado, simulación y creación de prototipos.
- Análisis de datos, exploración y visualización
- Gráficos para Ingeniería y Científicos.
- Desarrollo de aplicaciones, incluyendo la construcción de interfaz gráfica de usuario.

El nombre MATLAB significa “laboratorio matricial”, donde su elemento de básico de datos es una matriz que no requiere dimensionamiento. Permite resolver muchos problemas de computación técnica, especialmente en la formulación de matrices y vectores. En la figura 1.36 se muestra una imagen de la presentación de MATLAB y Simulink versión 2009.

Matlab dispone de una gran familia de herramientas denominadas *toolboxes*, para soluciones adicionales de aplicación específica. En la tabla 1.1 se muestra un listado de *toolboxes* y su campo de aplicación.

ÁREAS DE APLICACIÓN	TOOLBOXES
Matemáticas y Optimización	<ul style="list-style-type: none"> • Optimization Toolbox. • Symbolic Math Toolbox. • Partial Differential Equation Toolbox. • Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox. • Statistics Toolbox.
Diseño y Análisis de Sistemas de Control	<ul style="list-style-type: none"> • Control System Toolbox. • System Identification Toolbox. • Fuzzy Logic Toolbox. • Robust Control Toolbox. • Model Predictive Control Toolbox. • Aerospace Toolbox.
Procesamiento de Señales y Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Signal Processing Toolbox. • Communications Toolbox. • Filter Design Toolbox. • Filter Design HDL Coder. • Wavelet Toolbox. • Fixed-Point Toolbox. • RF Toolbox.
Procesamiento de Imágenes	<ul style="list-style-type: none"> • Image Processing Toolbox. • Image Acquisition Toolbox. • Mapping Toolbox.
Prueba y Medición	<ul style="list-style-type: none"> • Data Acquisition Toolbox. • Instrument Control Toolbox. • Image Acquisition Toolbox. • SystemTest. • OPC Toolbox. • Vehicle Network Toolbox.
Biología	<ul style="list-style-type: none"> • Bioinformatics Toolbox. • SimBiology.
Finanzas	<ul style="list-style-type: none"> • Financial Toolbox. • Financial Derivatives Toolbox. • Datafeed Toolbox. • Fixed-Income Toolbox. • Econometrics Toolbox.

Tabla 1.1: Toolboxes y áreas de aplicación en Matlab.

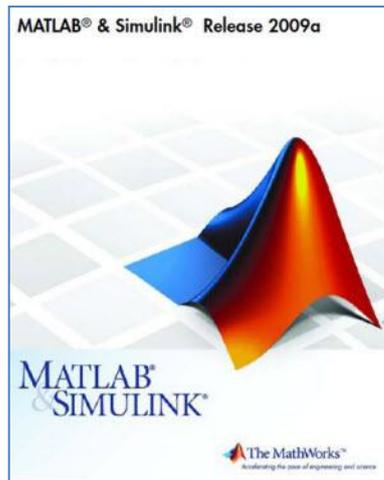


Figura 1.36: *Presentación de MATLAB y Simulink versión 2009.*⁶

Simulink es un entorno para la simulación multidominio y el diseño basado en modelos para sistemas dinámicos y embebidos. Presenta un entorno gráfico interactivo y un conjunto personalizable de bibliotecas de bloques que permiten simular, implementar y probar una serie de sistemas variables con el tiempo, incluido comunicaciones, controles y procesamiento de señales, vídeo e imagen.

Simulink está integrado con MATLAB y ofrece acceso inmediato a una amplia gama de herramientas que permiten desarrollar algoritmos, analizar y visualizar simulaciones, crear series de procesamiento de lotes, personalizar el entorno de modelaje y definir señales, parámetros y datos de pruebas.

1.5.3 NI Multisim.

NI Multisim es un programa de el *Electronics Workbench Group* (anteriormente *Electronics Workbench*) de *National Instruments* para el diseño con herramientas potentes y fáciles de usar para captura de esquemáticos, simulación SPICE interactiva de circuitos, diseño de tarjeta y validación de diseños. En la figura 1.37 se presenta la imagen del paquete de instalación para NI Multisim 10.

⁶ www.elakiri.com/forum/showthread.php?t=203892



Figura 1.37: *Presentación del paquete de instalación para NI Multisim versión 10.*⁷

La familia de productos NI Multisim brinda un juego completo de herramientas para diseñadores profesionales de PCB:

- Entorno de diseño intuitivo.
- Instrumentos de medición virtuales e interactivos para ver simulación y señales reales.
- Asistentes de circuitos para generar automáticamente circuitos usados comúnmente.
- Fácil exportación a NI Ultiboard para diseño PCB.

También se puede usar el software de medidas NI LabVIEW para introducir medidas reales en simulación para rápida generación de prototipos y diseños de pruebas.

1.5.4 PROTEUS.

PROTEUS es un entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño, simulación, depuración y construcción. En la figura 1.38 se muestra la presentación de PROTEUS.

⁷ www.taringa.net/posts/downloads/2879330/Multisim-10-y-Ultiboard-10.html

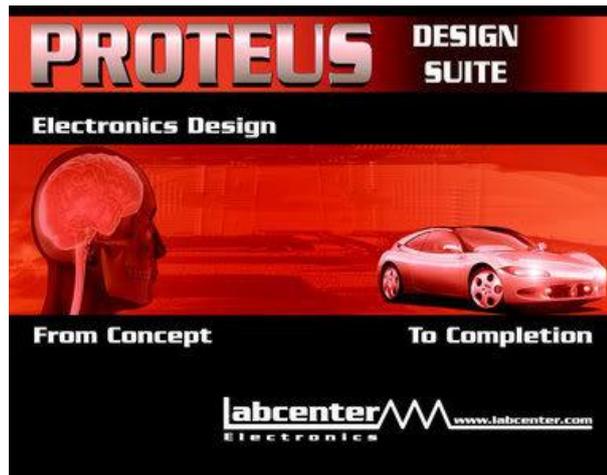


Figura 1.38: *Presentación de PROTEUS.*⁸

El software se compone de cuatro elementos, integrados entre sí:

- **ISIS**, la herramienta para la elaboración avanzada de esquemas electrónicos, que incorpora una librería de más de 6.000 modelos de dispositivos digitales y analógicos.
- **ARES**, la herramienta para la elaboración de placas de circuito impreso con posicionador automático de elementos y generación automática de pistas, que permite el uso de hasta 16 capas.
- **PROSPICE**, la herramienta de simulación de circuitos según el estándar industrial SPICE3F5.
- **VSM**, la revolucionaria herramienta que permite incluir en la simulación de circuitos el comportamiento completo de los microcontroladores más conocidos del mercado. PROTEUS es capaz de leer los ficheros con el código ensamblado para los microprocesadores de las familias PIC, AVR, 8051, HC11, ARM/LPC200 y BASIC STAMP y simular perfectamente su comportamiento. Incluso puede ver su propio código interactuar en tiempo real con su propio hardware pudiendo usar modelos de periféricos animados tales como displays LED o LCD, teclados, terminales RS232, simuladores de protocolos I2C, etc.

⁸ www.blogcachimbon.com/2009/10/proteus-76-spo-full-blogcachimbon.html

1.5.5 Altium Designer.

Altium Designer es un conjunto de programas para el diseño electrónico en todas sus fases y para todas las disciplinas, ya sean esquemas, simulación, diseño de circuitos impresos, implementación de FPGA, o desarrollo de código para microprocesadores. En la figura 1.39 se muestra la presentación del *software* Altium Designer.



Figura 1.39: Presentación de Altium Designer 7.0.⁹

Las características más relevantes de Altium Designer son:

- Conexión a base de datos
- Visor PCB.
- Simulador mixto SPICE.
- Simulación FPGA.
- Signal integrity (reflexiones y diafonía) basado en esquema.

1.6 Aplicaciones del Procesamiento de Señales y Simulación.

Desde el nacimiento de la electrónica, se ha podido observar grandes avances tecnológicos en distintas áreas de la ciencia e ingeniería, lo que ha dado grandes cambios en la manera de vivir de las personas. Sin embargo desde las raíces del DSP en 1960 y 1970, se han tenido avances mucho mayores y a pasos acelerados en distintas áreas de aplicación: radar y sonar, para seguridad nacional; explotación

⁹ www.51xuewen.com/soft/List.aspx?ClassID=70&t=1&pn=4

petrolera, donde la gente obtuvo mucho dinero; la exploración del espacio, en la investigación científica y en la medicina, donde se salvó muchas vidas.

A partir de 1980, con la revolución de la computadora, el procesamiento digital de señales tuvo una gran acogida y se crearon nuevas aplicaciones, siendo el gobierno y los militares los primeros en explotar al máximo sus beneficios.

La rápida expansión del DSP llevó a crear muchos productos para consumo público, como es el caso de los teléfonos móviles, reproductores de disco compacto, correo electrónico de voz.

En la actualidad existe un sin número de aplicaciones en las cuales el DSP se ha vuelto indispensable tanto en el área de la investigación, como en la aplicación.

Entre las distintas aplicaciones del procesamiento digital de señales y sus diferentes campos de investigación están:

- **Telecomunicaciones.**

La finalidad de las telecomunicaciones es transferir información de un lugar a otro, incluyendo muchas formas de información, como las conversaciones telefónicas, señales de televisión, archivos digitales y diferentes tipos de datos. El procesamiento digital de señales ha revolucionado la industria de las telecomunicaciones en muchas áreas, como señalización y detección, filtrado, etc. Podemos mencionar tres ejemplos de aplicaciones específicas en las redes de telefonía: multiplexación, compresión y control de eco.

En la multiplexación, DSP transforma las señales de audio en una trama de datos digitales. Debido a que los bits pueden ser entrelazados fácilmente y separado después, muchas conversaciones telefónicas pueden ser transmitidas sobre un solo canal. Esto marca una gran ventaja frente a los circuitos de conmutación, que se necesitaba un circuito para cada conexión.

La compresión trata de descartar información redundante entre muestras vecinas de una señal de audio digitalizada, pudiendo así reducir la tasa de bits a la cual es enviada la señal de audio.

El control de eco es muy importante en las comunicaciones, ya que a largas distancias una parte de la señal retorna al transmisor y se transforma en un gran problema. El DSP elimina este tipo de problemas mediante la medición de la señal de retorno y cancela la señal eliminando el eco.

- **Procesamiento de Audio.**

El procesamiento digital de señales tiene una gran importancia en la música, ya que se pueden implementar muchas herramientas en la grabación y en la combinación de la voz con la música, como es el filtrado, ecualización, mezcla de señales, edición de señales, etc.

Otra de las grandes aplicaciones del DSP es en la generación y reconocimiento de la voz humana. La voz puede ser fácilmente almacenada en forma digital, comprimida y reproducida para que así muchas horas de grabación ocupen poco espacio de memoria. También con el DSP se pueden lograr tareas muy complicadas como es el caso de una simulación del tracto vocal para poder generar voz humana.

- **Localización de Eco.**

Una de las técnicas más comunes para detectar objetos distantes es a través de la generación, transmisión y detección de una onda.

Una de las aplicaciones prácticas en esta área es el radar. El principio de funcionamiento es el de transmitir pulsos de ondas de radio y examinar en el receptor la señal de eco que retorna, al chocar con algún objeto, pudiendo de esta manera detectar algún avión cercano. Al igual que en un radar, un sonar transmite ondas, pero en este caso son ondas sonoras bajo el agua, pudiendo así detectar submarinos cercanos. Los geofísicos han sondeado la tierra mediante la activación de las explosiones y escuchando los ecos de las capas de rocas profundamente enterradas. Todos estos análisis de las señales de eso, son realizados con la ayuda de un DSP y sus diferentes técnicas.

- **Procesamiento de Imágenes.**

El procesamiento de imágenes y la visión por ordenador se han convertido en un área de investigación importante debido al rápido desarrollo de las nuevas tecnologías. Sus aplicaciones se extienden desde la visión industrial a las imágenes médicas, las

imágenes satelitales, el vídeo y el cine digitales y el arte. Los campos de aplicación del procesamiento de imágenes son numerosos, pudiendo mencionar algunos de ellos: procesamiento de vídeo (con sus múltiples aplicaciones: vigilancia, control de tráfico, seguimiento de objetos en movimiento, etc.) y la creación de herramientas para la postproducción de cine digital, el ámbito de las imágenes médicas (reconstrucción, interpretación y ayuda al diagnóstico), la fotografía digital, la visión artificial y la reconstrucción tridimensional a partir de secuencias de vídeo, la restauración e interpretación de las imágenes tomadas por satélites, el reconocimiento de formas y la búsqueda de imágenes en la web, la compresión de imágenes, el procesamiento de superficies, la síntesis de imágenes y la simulación para videojuegos, etc, entre muchas y variadas aplicaciones.

Como se ha mencionado anteriormente, la simulación se la puede aplicar a cualquier tipo de sistema, por lo cual las aplicaciones de la simulación son innumerables; incluso se puede simular un sistema de procesamiento de señales con todas sus aplicaciones.

En el área de las Ingenierías Eléctrica y Electrónica, podemos tener sistemas tanto eléctricos como electrónicos; para lo cual se hace necesaria la simulación de este tipo de sistemas tanto con fines de enseñanza, como también en la aplicación.

En general se pueden distinguir distintas áreas de aplicación de la simulación, entre estas están las siguientes:

Simulación en la Preparación: La simulación es usada en el entrenamiento o preparación tanto del personal civil como militar; esto sucede cuando es prohibitivamente caro o simplemente muy peligroso para permitirle usar equipo real a un aprendiz en el mundo real. La conveniencia es permitir errores durante el entrenamiento para un sistema crítico de seguridad.

Simulación en la Educación: Este tipo de simulación es un tanto parecida a la de entrenamiento o preparación. En el pasado los videos eran usados por maestros y para educar alumnos a observar, solucionar problemas y jugar un rol; sin embargo se ha visto desplazada por la simulación, puesto que esta incluye visualización y técnicas que se basan en la teoría propuesta por el docente, pudiendo así resolver problemas de aplicación sin tener necesariamente el equipo real.

Simulación Médica: Este tipo de simulación incrementa cada vez más en su desarrollo y se están desplegando cada vez más para enseñar procedimientos terapéuticos y de diagnóstico así como conceptos y la toma de decisión médica al personal en las profesiones médicas. Estos simuladores se han estado desarrollando para el entrenamiento para una gama de procedimientos básicos como la transfusión de sangre, una cirugía laparoscópica, etc.

Simulación en Informática: En informática la simulación tiene un mayor significado especializado. En programación, un simulador es a menudo usado para ejecutar un programa que tiene que correr en ciertos tipos de inconvenientes de computador o en un riguroso controlador de prueba de ambiente.

En el área de las ciencias es de gran ayuda ya que los estudiantes relacionan conceptos abstractos con reales y también ayuda en el sentido de los recursos, ya que solo se tiene que disponer con un par de computadores y no con todo el aparataje de un laboratorio entero.

CAPITULO 2

DEMANDA DE UN LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES Y SIMULACIÓN EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

2.1 Introducción.

El Procesamiento de Señales se ha convertido en una técnica indispensable para el análisis del comportamiento de todo tipo de fenómenos que se requieren estudiar en la naturaleza, por lo cual es de gran importancia para los investigadores o estudiantes de cualquier ámbito de la tecnología, estudiar a profundidad las técnicas necesarias para la correcta interpretación de la información inmersa en las señales, ya que fortalece el desarrollo integral de los profesionales que incorporan los centros educativos y Universidades.

En el área de la Ingeniería, la simulación de los distintos fenómenos físicos, son de gran importancia ya que permite al profesional buscar alguna respuesta o solución en base a modelos computarizados, y así poder comprender mejor su comportamiento y no fracasar en un determinado proyecto ya que es más factible corregir errores en software que en hardware.

La Universidad Politécnica Salesiana, en sus quince años de vida, no ha contado con un laboratorio de Procesamiento de Señales y Simulación, lo cual produce una deficiencia en el aprendizaje en los estudiantes de las diferentes ingenierías, ya que no dispone de equipos para la fortalecer los conceptos teóricos estudiados en el transcurso del estudio universitario.

Es de gran importancia la implementación de un laboratorio de procesamiento de señales y simulación, ya que es aplicable a muchas materias ofertadas en la

Universidad como son: Señales y Sistemas, Teoría de Control, Comunicaciones, Electromagnetismo, Microcontroladores, Instrumentación, Electrónica Digital, Electrónica Analógica, etc., así como también materias afines en las distintas carreras de ingeniería de la Universidad Politécnica Salesiana.

En el transcurso de este capítulo, se analizarán las mallas curriculares que oferta la Universidad en las carreras de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Sistemas, Automotriz, Industrial y Mecánica, para poder determinar la necesidad y el grado de utilización que pueda tener la implementación de un laboratorio de Procesamiento de Señales y Simulación, y así poder cubrir las expectativas académicas y de investigación para los futuros profesionales de la Universidad.

Para poder determinar la demanda del laboratorio, en primer lugar comenzaremos realizando una encuesta tanto a docentes como a los estudiantes para poder apreciar la opinión y sugerencias a cerca de la necesidad y posible implementación del laboratorio. Posteriormente se analizarán las mallas curriculares para poder determinar en qué áreas podría ser aplicado dicho laboratorio. Después se realizará una observación a los equipos e instrumentos que tiene la Universidad en los laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, para finalmente elaborar una recopilación de necesidades académicas y poder así determinar los equipos y *software* necesario para solventar dichas necesidades.

2.2 Encuestas a Docentes.

La opinión de los docentes en diferentes campos del aprendizaje es muy importante, debido a su experiencia en la educación y sobre todo en la utilización de laboratorios y programas de simulación, con los cuales se respaldan para hacer más fácil y entendible el aprendizaje.

Se ha consultado opiniones a varios docentes de la Universidad Politécnica Salesiana con el fin de obtener ideas sobre las necesidades de un laboratorio de procesamiento de señales y simulación.

Casi en su totalidad los docentes opinaron que la universidad tiene la necesidad de adquirir licencias educacionales de distintos tipos de software que se requiere en las distintas áreas de aplicación. En varias materias como instalaciones civiles e

industriales actualmente se utilizan demos para la simulación; por lo cual se requiere obtener software mejores ventajas y prestaciones.

Una idea importante, en la que coinciden varios profesores con el objetivo de este proyecto, es la innovación de los laboratorios, pasando de sistemas individuales a sistemas integrados que permitan vincular la simulación con la implementación; en lo que se refiere a laboratorios integrados es la unificación de equipos e instrumentos, con el fin de disminuir el espacio físico y el tiempo de realización de las practicas.

Como se verá en el transcurso de este capítulo y también fundamentada por los docentes, el procesamiento de señales se relaciona con varias materias en la ingeniería, ya que en el transcurso de las mismas se realiza algún tipo de procesamiento, y es así que un laboratorio de procesamiento de señales ayudaría mucho a los estudiantes a comprender, de una forma más rápida los conceptos teóricos de las materias de ingeniería.

También se ve la necesidad de trabajar con señales reales, ya que mediante las señales reales los estudiantes entenderán los fenómenos e inconvenientes en la realización de algún proyecto, y cuando estén en el mundo laboral podrán superar de una forma más rápida estos inconvenientes, para esto se necesitaría equipos de adquisición de señales y procesamiento de las mismas.

En resumen un laboratorio de procesamiento de señales y simulación ayudaría a reforzar conocimientos a los estudiantes y a familiarizarse con entornos prácticos industriales.

2.3 Equipos Existentes en los laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la U.P.S.

En el Taller de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana existen varios laboratorios creados a lo largo del tiempo para uso de los estudiantes y académicos en las distintas áreas de aprendizaje; así como un inventario de equipos e instrumentos que se encuentran en dichos laboratorios.

Los laboratorios y talleres que actualmente cuenta el Taller de Ingeniería Eléctrica y Electrónica son los siguientes:

- Laboratorio de Electrotecnia I.
- Laboratorio de Electrotecnia II.
- Laboratorio de Electrónica Analógica.
- Laboratorio de PLC.
- Laboratorio de Potencia.
- Laboratorio de Maquinas Eléctricas.
- Laboratorio de PLD.
- Taller de Ajuste y Construcciones.
- Taller de Instalaciones Civiles.
- Taller de Instalaciones Industriales.

En el ANEXO 4 se encuentra detallado todos los equipos e instrumentos existentes en los laboratorios y talleres de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Con respecto a equipos correspondientes al procesamiento de señales, la Universidad Politécnica Salesiana no cuenta con equipos especializados para dicha área, solo cuenta con dos tarjetas de adquisición de datos NIDAQ-6009 de la empresa National Instruments, las cuales tienen como una de sus principales características una velocidad de 250KS/s.

Para el laboratorio de Procesamiento de Señales, se requiere además de equipos e instrumentos tanto para generar, medir y visualizar señales. La universidad cuenta ya con estos equipos; como Generadores de Funciones, Multímetros y Osciloscopios; pero todos estos no son eficientes en función a su tecnología para dicho laboratorio; y además ya se encuentran designados a laboratorios de Electrónica Analógica y Electrotecnia, por lo que se requiere la adquisición de más instrumentos para el laboratorio de Procesamiento de Señales y Simulación.

2.4 Malla Curricular y sus Necesidades.

Para poder realizar el estudio de factibilidad para la implementación de un laboratorio de Procesamiento de Señales y Simulación, es necesario realizar una lista

de necesidades de procesamiento y simulación de las materias de formación profesional en las carreras de Ingeniería Electrónica y Eléctrica; para posteriormente analizar las demás carreras de Ingeniería dentro de la Universidad Politécnica Salesiana.

En base a nuestra experiencia en la universidad y a opiniones obtenidos en las encuestas realizadas a algunos docentes, hemos elaborado una lista de necesidades que poseen las materias en base al procesamiento de señales y simulación. A continuación se analizarán dichas materias de forma individual o en conjunto dependiendo de la similitud de dichas necesidades. En el ANEXO 5 se encuentran los objetivos de cada una de estas materias.

Para el análisis se han dividido las materias en tres grupos, el primero son las materias comunes para la carrera de ingeniería electrónica y eléctrica, el segundo son el resto de materias con necesidades de la carrera de ingeniería electrónica que no son comunes para la ingeniería eléctrica, y el tercer grupo son las materias con necesidad de la ingeniería eléctrica que no son comunes con la ingeniería electrónica.

2.4.1 Materias Comunes para las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Las materias que se nombran a continuación son las materias comunes tanto para la carrera de Ingeniería Eléctrica, como también para la Ingeniería Electrónica.

- *Circuitos Eléctricos I y II, Electrónica Analógica I y II, y Electrónica Digital.*

Estas materias ya poseen laboratorios designados para la realización de prácticas, con todos sus equipos e instrumentos necesarios; pero lo que se ha podido observar es que el estudiante requiere mucho espacio físico y tiempo en armar una práctica, y nos desviamos del objetivo principal el cual es reforzar los conocimientos teóricos.

Hemos podido observar que se necesita la modernización de los equipos e instrumentos, ya que se debería reducir el espacio físico que ocupan los instrumentos existentes, mediante la implementación de laboratorios integrados, donde se pueda compactar la mayor cantidad de instrumentos en un solo equipo.

Existe también la necesidad de simular los circuitos tanto eléctricos como electrónicos, para reforzar conocimientos teóricos y disminuir el tiempo de prueba y falla en la realización física de la práctica; para esto se ve la necesidad de adquirir un software que cubra los objetivos de estas materias.

- ***Instalaciones Civiles e Industriales, Automatización Industrial I y II.***

En las materias de Instalaciones Civiles e Instalaciones Industriales, se requiere de un software de diseño y simulación para poder disminuir el tiempo prueba y falla que toma la realización de una práctica; así como también para las materias de Automatización Industrial I y II, donde se ve la necesidad de simular las practicas tanto de PLC, como para circuitos Oleoneumáticos.

Comúnmente en la realización de prácticas se realiza el diseño en un borrador, para después pasarlo a un programa de dibujo pero en ningún momento se lo simula antes de realización física de la práctica, teniendo así muchos errores difíciles de corregir una vez armada la práctica, lo cual produce el fracaso de la misma. Por esta razón se justifica la necesidad de adquisición de un software de diseño y simulación.

- ***Señales y Sistemas.***

En esta materia se ve la necesidad de adquirir un software de simulación, con el fin de reforzar los conocimientos teóricos, ya que esta materia tiene su grado de complejidad debido a que es una materia netamente teórica, siendo la mejor opción un software matemático para realizar varios tipos de cálculo y simulación de los distintos conceptos que abarca dicha materia.

- ***Sistemas Microprocesados I.***

La materia Sistemas Microprocesados I, tiene la necesidad de adquirir un software tanto para la programación de microcontroladores, como también para la simulación de los mismos; ya que se invierte mucho tiempo en las continuas grabaciones de los microcontroladores para poder probar los programas.

- *Teoría de Control I y II.*

Otras de las materias comunes son Teoría de Control I y II, las cuales requieren principalmente de un Laboratorio especializado, tanto para la realización de prácticas, como también para simulación y diseño.

Estas son materias en las cuales únicamente con la teoría no se logra comprender en su totalidad los conceptos, siendo en sí asignaturas en las cuales se debe invertir más tiempo en la realización de prácticas y simulación, para después, en algún proyecto final, ya se tengan todas las herramientas y no se fracase en la elaboración del mismo debido al tiempo que lleva la elaboración de circuitos y hardware electrónico, dedicándole menos tiempo a la parte esencial del control.

Al trabajar con señales reales ya sea en proyectos o prácticas, es necesario realizar un tratamiento a dichas señales para así poder extraer la información de interés que ellas llevan, por lo cual es necesario una etapa de adquisición y procesamiento de señales; siendo de gran utilidad un laboratorio con estas características.

En las figuras 2.1 y 2.2, se muestran las necesidades generales que presentan algunas materias comunes para las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

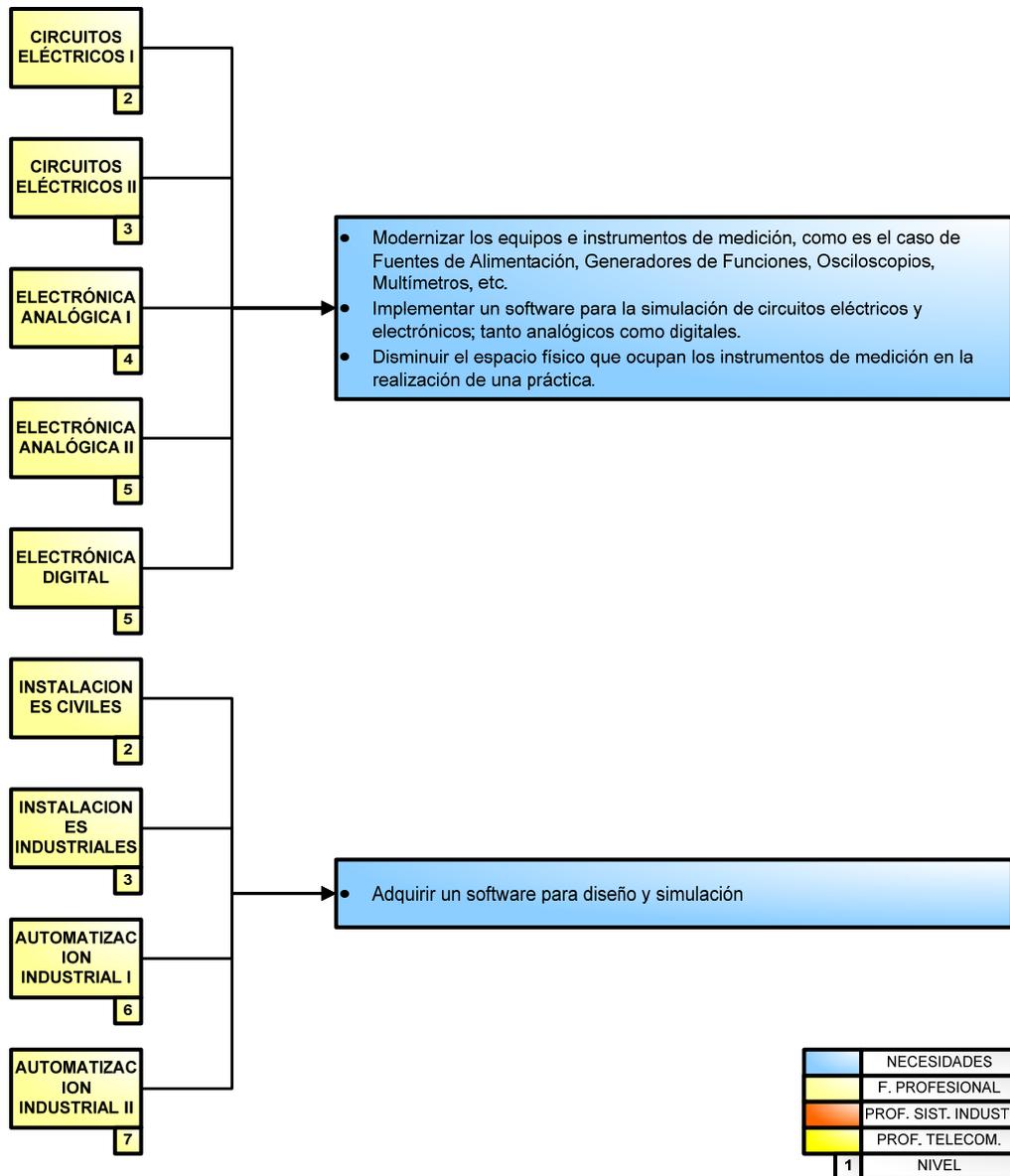


Figura 2.1: Necesidades de las Materias Comunes para Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

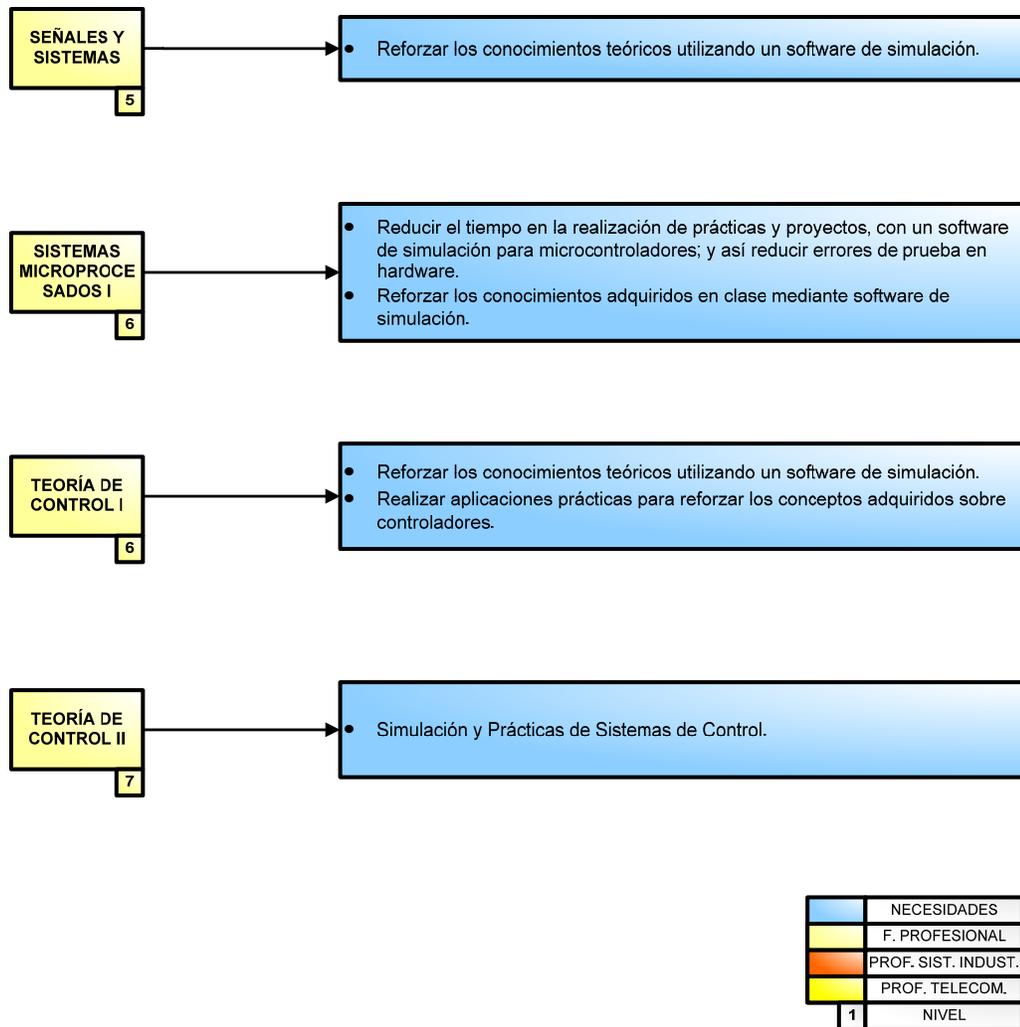


Figura 2.2: Continuación de necesidades de las Materias Comunes para Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

2.4.2 Materias restantes de la carrera de Ingeniería Electrónica.

- *Sistemas Microprocesados II.*

La materia Sistemas Microprocesados II, al igual que Sistemas Microprocesados I tiene la necesidad de adquirir un software tanto para la programación de microcontroladores, como también para la simulación de los mismos; ya que se invierte mucho tiempo en las continuas grabaciones de los microcontroladores para poder probar los programas.

- ***Teoría de Control III.***

Teoría de control III esta íntimamente relacionada con el procesamiento de señales, siendo de gran interés la implementación de un laboratorio tanto para simular señales y sistemas de procesamiento, como para hacer aplicaciones prácticas con señales reales, ya sean estas audio, voz, imágenes, video, sensores y transductores, y así comprender de una mejor manera los conceptos teóricos de esta materia.

En esta materia en la realización de prácticas siempre se han usado señales simuladas y no se ha trabajado con señales reales que existen en nuestro medio, por lo que no se ha podido apreciar los distintos fenómenos que influyen en este tipo de señales, como es el caso del ruido, interferencias, distorsión e histéresis.

En la realización de proyectos siempre ha existido el problema de que los estudiantes dedican la mayor parte del tiempo en realizar el hardware electrónico para la interfaz con la computadora, quedando poco tiempo para analizar y comprender la funcionalidad del proyecto. Además, en la utilización de equipos e instrumentos, se hace de difícil acceso y pérdida de tiempo el tener que trasladar dicho proyecto de un laboratorio a otro o movilizar los equipos tales como osciloscopios, generadores de funciones, etc., por lo que es necesario que el laboratorio también cuente con estos elementos.

Es de especial importancia comenzar a dar aplicación a las prácticas realizadas en el laboratorio, para poder comprender de mejor forma la utilización del procesamiento de señales, por lo que se recomienda adquirir un software de programación rápida y que ya cuente con herramientas del procesamiento de señales para disminuir el tiempo de programación.

- ***DSP.***

Esta materia tiene como objetivo principal el conocer y trabajar con procesadores digitales de señales, que tengan la característica de ser un *systema embedded*¹¹ y en tiempo real, por lo cual se requiere un equipo de estas características, y poder así

¹¹ Sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real. En un sistema embedded la mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la placa base.

aplicar todas las técnicas del procesamiento digital de señales que trabajen sobre un hardware y no bajo un sistema operativo.

- ***Comunicaciones.***

Es necesario un software para simulación de modulaciones AM y FM, digitalización de señales y modulación digital. Ya que esta materia es netamente teórica y es necesario un laboratorio de simulación y practica para reforzar estos conceptos.

Un laboratorio de procesamiento de señales nos podría ayudar para poder interactuar con señales del mundo real y comprender de mejor forma los conceptos teóricos.

- ***Sensores y transductores.***

Mediante un laboratorio de procesamiento de señales se podría conocer la funcionalidad de distintos tipos de sensores y transductores comúnmente utilizados. Para esto se necesita de la adquisición de estos elementos ya que no es conveniente para el estudiante recibir esta materia sin conocerlos físicamente.

- ***Instrumentación.***

Es necesario en esta materia contar con distintos tipos de instrumentos virtuales, para esto se necesita de un software destinado a este propósito, además de un hardware de adquisición de señales y de elementos que nos proporcionen dichas señales como sensores, transductores, generadores de funciones, etc.

- ***Informática industrial.***

En esta materia existe la necesidad de un software para la elaboración de aplicaciones de sistemas SCADA, que sea compatible con equipos comúnmente encontrados en la industria, y poder realizar prácticas con estos equipos.

- ***Teoría del diseño.***

En teoría del diseño es necesario la adquisición de un software tanto para diseño como para simulación de circuitos electrónicos y tarjetas impresas.

- ***Comunicaciones digitales.***

Es necesario un software para simulación de modulación y codificación digital. Ya que esta materia es netamente teórica y es necesario un laboratorio de simulación y practica para reforzar estos conceptos.

Un laboratorio de procesamiento de señales nos podría ayudar para poder interactuar con señales del mundo real y comprender de mejor forma los conceptos teóricos.

- ***Propagación.***

Mediante un kit de antenas, de diferentes tipos y ganancias, y un equipo de adquisición de datos de alta velocidad (en el orden de los GHz), se pueden realizar prácticas de enlaces radioeléctricos, atenuación y propagación; pudiendo trabajar con señales reales de nuestro medio.

- ***Redes Inalámbricas.***

En esta materia es necesario un sistema de recepción y trasmisión de señales inalámbricas, con el fin de poder estudiarlas y analizarlas, junto con sus tecnologías de transmisión.

- ***Taller de Comunicaciones.***

En esta asignatura, es de gran importancia un equipo de adquisición de datos con el que se puedan realizar las aplicaciones prácticas con señales presentes en el medio, como también para el desarrollo de proyectos y tesis que conlleva las comunicaciones.

- ***Electromedicina III.***

En esta asignatura se requiere trabajar con señales que nos proporciona el cuerpo humano, para lo cual es necesario tener el equipamiento adecuado para poder adquirir estas señales, procesarlas y visualizarlas, pudiendo así realizar su análisis.

- ***Inteligencia Artificial I y II.***

Se necesita un software simulación de sistemas de aprendizaje inteligentes.

Para esta materia se puede además realizar aplicaciones prácticas con señales reales, necesitando una etapa de adquisición y procesamiento de señales, por lo que un laboratorio de estas características es de gran utilidad.

- ***Robótica móvil e industrial.***

En esta asignatura se necesita de un software de simulación de sistemas mecánicos para comprender la cinemática y trayectorias. Para la realización de proyectos se requiere trabajar con señales que nos proveen distintos sensores, para lo cual esta materia requiere una etapa de procesamiento.

- ***Visión Artificial.***

La visión artificial es una materia que requiere netamente del procesamiento de imágenes, y así poder trabajar con estas en diferentes tipos de aplicaciones, como es el caso de análisis de partículas, reconocimiento de patrones, visión binocular, etc.

En las figuras 2.3 y 2.4, se muestran las necesidades generales que presentan algunas materias restantes de la carrera de Ingeniería Electrónica.

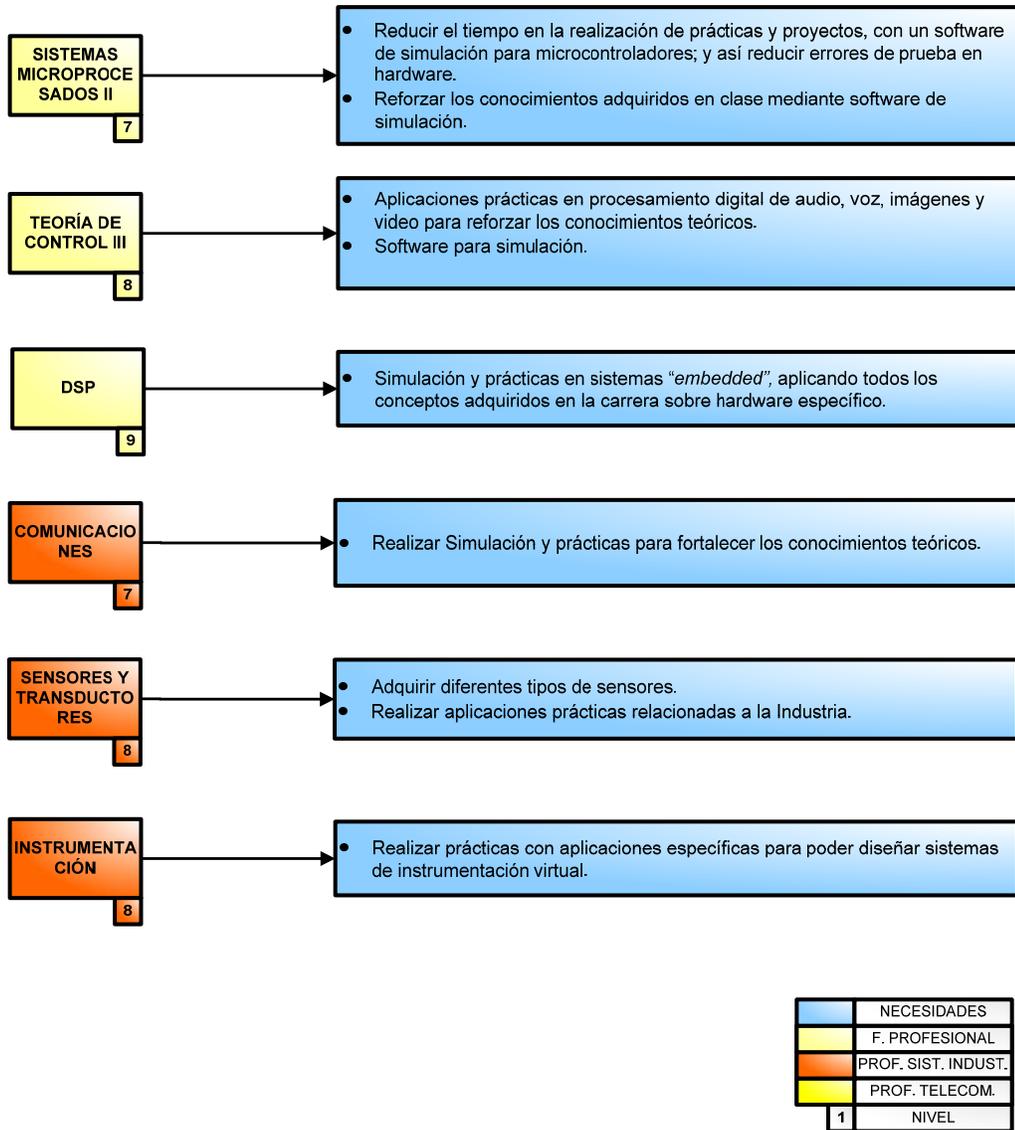


Figura 2.3: Necesidades de las Materias de Ingeniería Electrónica.

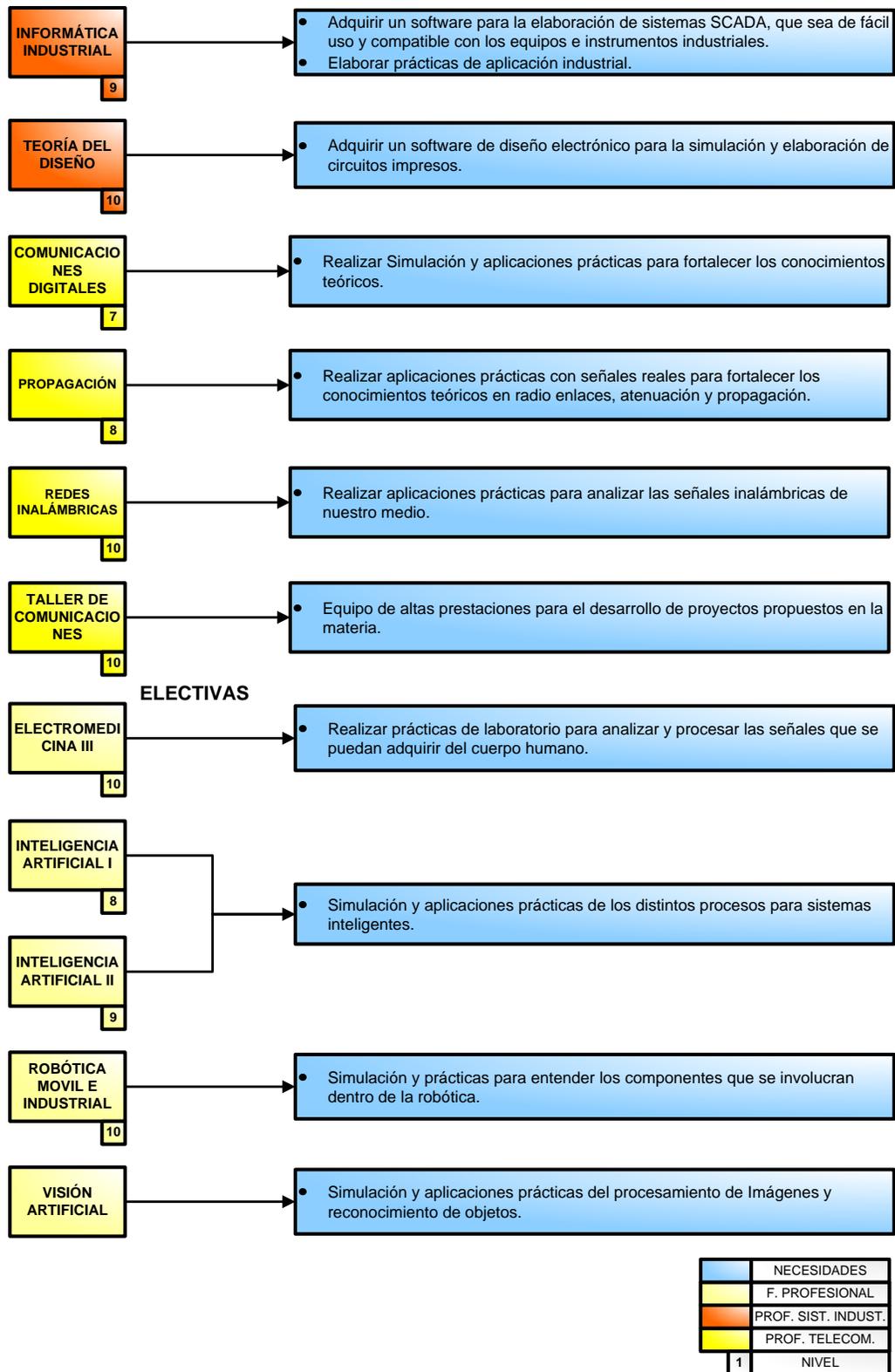


Figura 2.4: Continuación de necesidades de las Materias de Ingeniería Electrónica.

2.4.3 Materias restantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

- ***Robótica.***

En esta asignatura se necesita de un software de simulación de sistemas mecánicos para comprender la cinemática y trayectorias.

- ***Comunicaciones I.***

Se requiere de un software de aplicación en lenguaje G, además de un sistema de adquisición de datos y poder interactuar entre ambas. Un laboratorio de procesamiento de señales puede cubrir con estas necesidades

- ***Comunicaciones II.***

En esta materia existe la necesidad de un software para la elaboración de aplicaciones de sistemas SCADA, que sea compatible con equipos comúnmente encontrados en la industria, y poder realizar prácticas con los mismos.

- ***Sistemas Eléctricos de Potencia I, II y III.***

Es necesario un software de moldeamiento de sistemas eléctricos de potencia, simulación de flujos de potencia, potencia equilibrada y desequilibrada, etc., ya que para fines educativos es muy difícil trabajar con sistemas de potencia reales, y mediante la simulación reforzaremos conocimientos teóricos vistos en el transcurso de las materias.

En la figura 2.5, se muestra las necesidades generales que presentan algunas materias restantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

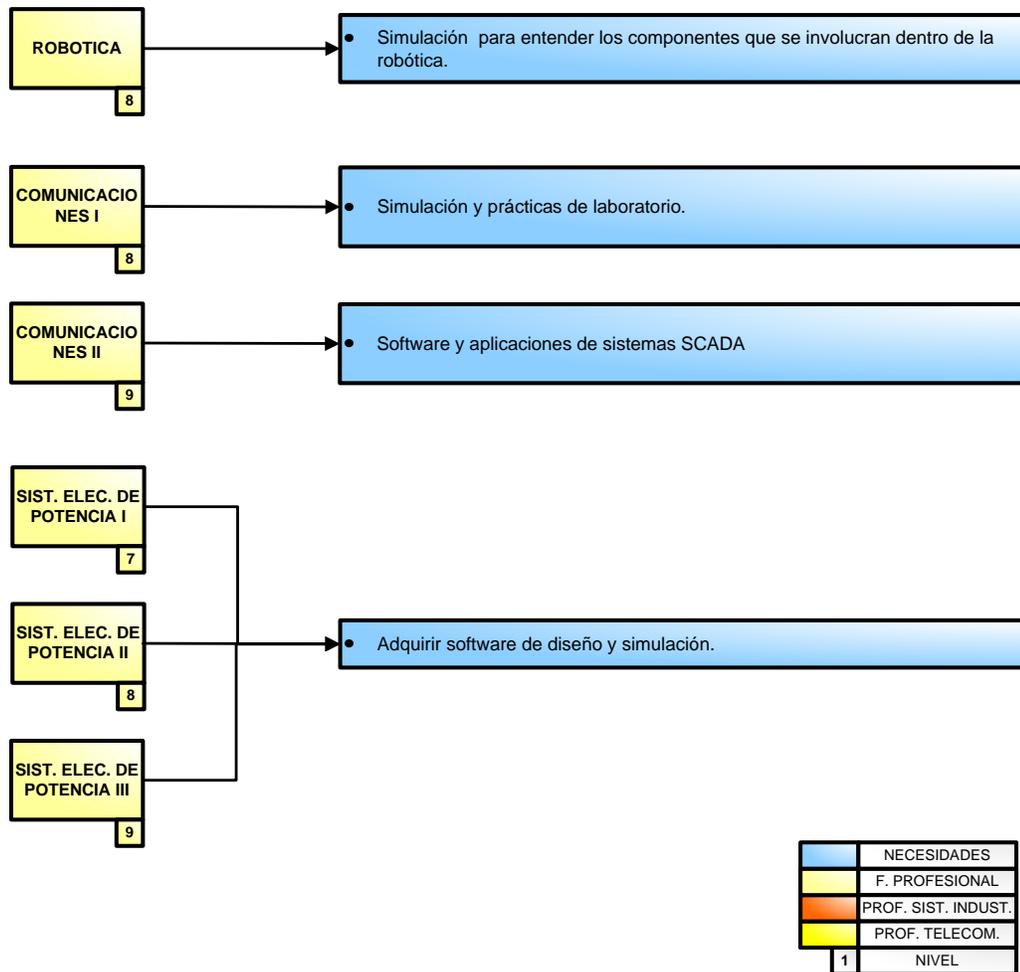


Figura 2.5: Necesidades de las Materias de Ingeniería Eléctrica.

Después de haber realizado un análisis de la malla curricular, podemos decir que la implementación de un Laboratorio de Simulación y Procesamiento de Señales es muy útil ya que en muchas materias de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica se requiere trabajar con señales reales, para lo cual se necesita de un procesamiento previo de la misma; además de un conjunto de software para poder realizar simulaciones de sistemas relacionados a estas carreras, porque en muchos casos se requiere trabajar en modelos diseñados por computador ya que para el estudiante le tomaría tiempo y dinero en realizar dichos sistemas físicamente.

2.5 Equipos y Software necesarios para solventar las necesidades.

2.5.1 Características de los Equipos Necesarios.

Después de haber analizado la malla curricular de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, y haber revisado los equipos e instrumentos en los laboratorios que actualmente cuenta el Taller de las mismas carreras, se puede mostrar en la figura 2.6 un diagrama de bloques en el cual se especifica que equipos son necesarios de acuerdo a su funcionalidad, para el Laboratorio de Procesamiento de Señales.

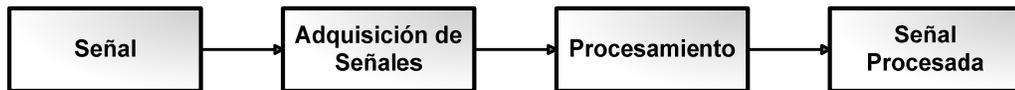


Figura 2.6: *Diagrama de bloques de los Equipos necesarios para el Laboratorio de Procesamiento de Señales.*

El bloque de Señal de la figura 2.6 nos indica la fuente de la señal a procesar; pudiendo ser una señal adquirida desde algún fenómeno por medio de transductores, como también una señal eléctrica creada por algún equipo Generador de Funciones o a su vez una señal proveniente de algún proceso o sistema anterior. Esta señal puede ser tanto analógica como digital.

En el bloque de Adquisición de Señales, hacemos referencia al hardware necesario para poder leer la señal del bloque anterior y servir a su vez de interfaz entre la señal y el procesamiento de la misma. Este hardware de adquisición va a estar caracterizado tanto por su resolución, velocidad y periféricos. La resolución dependerá mucho de la señal a medir, siendo muy importante esta característica para señales en las cuales su rango de variación es mínimo, como por ejemplo algunas señales a las salidas de sensores y transductores, las cuales varían su medida en mili voltios. Para estas señales es conveniente una resolución de hasta 16 bits.

Otra característica del bloque de adquisición de señales es su velocidad de muestreo, la cual va a depender del tipo de señal a medir. Una de las señales más usadas es el audio, el cual tiene una frecuencia máxima de hasta 20000 Hz, necesitando así una tasa de muestreo mínima de 40000 muestras/seg (Teorema de Nyquist). También es de uso común trabajar con señales ultrasónicas para sensores, sonares, etc., las cuales trabajan a una frecuencia de 235k Hz necesitando como mínimo una tasa de

muestreo de 470k muestras/seg. Es necesario trabajar con señales involucradas en las telecomunicaciones, las cuales trabajan en el orden de los MHz y GHz tanto para enlaces radioeléctricos, propagación de ondas, tecnologías inalámbricas, comunicaciones satelitales, comunicaciones móviles, etc.

El número de entradas y salidas, sean analógicas o digitales, va a depender mucho del tipo de aplicación o proyecto que se requiera hacer.

Para un laboratorio de Procesamiento de Señales es necesario sobredimensionar las características de los equipos, ya que la tecnología avanza muy rápidamente y aparecen nuevos dispositivos los cuales requieren de mejores resoluciones y velocidades.

En la etapa del Procesamiento, se refiere tanto al hardware como al software que realiza el procesamiento de la señal. Aquí se encuentran todas las técnicas existentes de procesamiento tales como filtrado, convolución, correlación, transformadas, etc., que pueden ser aplicadas tanto en un computador como en un sistema *embedded*.

Las características del computador sobre el cual se va a montar el software de procesamiento, deben de ser las mejores, ya que para estas aplicaciones se requiere de una rápida y eficaz respuesta.

Los sistemas *embedded* tienen que ser de igual forma de excelentes prestaciones. Se deben basar en nuevas tecnologías como es los FPGA, ya que estos tienen la característica de paralelismo y de trabajar en tiempo real. De igual forma tiene que tener facilidad en su programación y manejo.

La última etapa es ya la señal procesada o la salida del sistema de procesamiento. Esta señal puede tener muchas aplicaciones, según su necesidad. Muchos de los casos esta señal requiere ser medida o visualizada, como también ser utilizada como ingreso de otro sistema cualesquiera.

A lo largo de todo el sistema de procesamiento, se requieren instrumentos de medición y visualización, para poder interpretar o verificar de mejor forma la señal, como osciloscopios, multímetros, analizador de espectros, etc.

Para un puesto de trabajo del laboratorio, se necesita de los siguientes equipos e instrumentos:

- Fuente de Alimentación, Fija y Variable.
- Generador de Funciones.
- Sensores y Transductores.
- Hardware para Adquisición de Señales.
- Computador y Sistema *Embedded* para procesamiento.
- Multímetro.
- Osciloscopio.
- Analizador de Espectros.

Por la cantidad de equipos necesarios para el laboratorio, se intentará buscar la forma de reducir el espacio físico que ocupan estos, buscando la forma de integrar el mayor número de instrumentos en un solo equipo.

2.5.2 Características del Software Necesario.

En el análisis de la malla curricular se ha mencionado las materias, que dependiendo de sus objetivos, requieren de un software de simulación o de diseño.

En la figura 2.7 se muestra un diagrama de bloques para un sistema de simulación, en donde las condiciones de operación son todos los parámetros de funcionamiento del sistema, el modelo de simulación la analogía con el fenómeno físico; dando como resultado un comportamiento del sistema, el cual se lo compara con el objetivo que se ha planteado, modificando así las condiciones de operación para obtener un resultado óptimo del sistema.

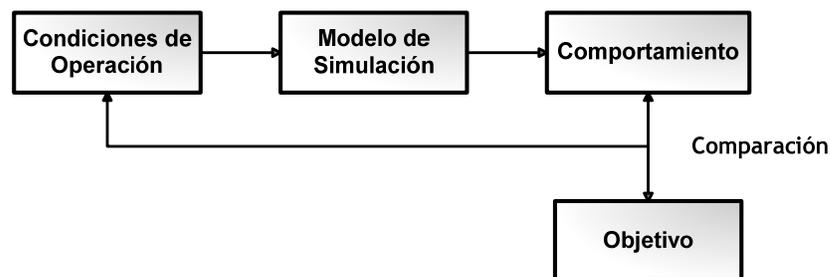


Figura 2.7: Diagrama de bloques de un Sistema de Simulación.

A continuación se exponen las características más importantes que deben tener los distintos tipos de software, para esto se ha tratado de agrupar algunas materias con características similares entre sí, para luego buscar un software que abarque la mayor cantidad de estas características.

- ***CIRCUITOS ELÉCTRICOS I y II, ELECTRÓNICA ANALÓGICA I y II, ELECTRÓNICA DIGITAL.***
 - CIRCUITOS ELÉCTRICOS I
 - Elementos Activos y Pasivos.
 - Instrumentos Virtuales de Medida.
 - Análisis en Corriente Continua.
 - CIRCUITOS ELÉCTRICOS II
 - Análisis en Corriente Alterna.
 - Análisis en Frecuencia.
 - ELECTRÓNICA ANALÓGICA I
 - Elementos Semiconductores y FET.
 - ELECTRÓNICA ANALÓGICA II
 - Amplificadores Operacionales.
 - Circuito Electrónico 555.
 - ELECTRÓNICA DIGITAL
 - Compuertas Lógicas.
 - Módulos Lógicos MSI.
 - Familias Lógicas de C.I. (TTL y CMOS).
 - Circuitos Aritméticos.
 - FLIP-FLOPS.
 - Contadores y Registros.
 - Indicadores Digitales.

- ***INSTALACIONES CIVILES, INSTALACIONES INDUSTRIALES, AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL I y II.***
 - **INSTALACIONES CIVILES**
 - Librerías para circuitos eléctricos residenciales.
 - Simulación de circuitos eléctricos residenciales.
 - Generación de lista de materiales.
 - Luminotecnia.
 - **INSTALACIONES INDUSTRIALES**
 - Librerías para circuitos eléctricos industriales.
 - Simulación de circuitos eléctricos industriales.
 - Generación de lista de materiales.
 - **AUTOMATIZACION INDUSTRIAL II**
 - Librerías para circuitos oleoneumáticos.
 - Simulación de circuitos oleoneumáticos.
 - Generación de lista de materiales.

- ***SEÑALES Y SISTEMAS.***
 - Representación de Señales.
 - Convolución.
 - Transformadas (Laplace y Fourier).
 - Análisis en el Dominio del Tiempo y Frecuencia.
 - Filtros.

- ***SISTEMAS MICROPROCESADOS I Y II.***
 - Programación de diversas familias de PICs (Bajo y Alto Nivel).
 - Simulación de PICs.
 - Elementos Electrónicos Básicos.
 - Elementos de Interfaz (Teclado, LCD, Displays).
 - Simulación de Comunicaciones con Periféricos.

- **TEORÍA DE CONTROL I y II.**
 - TEORÍA DE CONTROL I
 - Modelado matemático de Sistemas Lineales.
 - Representación de Señales.
 - Transformada de Laplace.
 - Diagrama de Polos y Ceros.
 - Control Integral y Derivativo.
 - Controlador PID.
 - Análisis del Lugar Geométrico de Raíces.
 - Análisis en el Dominio del Tiempo.
 - Modelado en el Espacio de Estado.
 - TEORÍA DE CONTROL II
 - Transformada de Fourier.
 - Análisis en el Dominio de Frecuencia.
 - Diagramas de Bode.
 - Transformada Z.
 - Representación de Señales Discretas.
 - Análisis en Tiempo Discreto.

- **TEORÍA DE CONTROL III y DSP.**
 - TEORÍA DE CONTROL III
 - Convolución Discreta.
 - Transformada de Fourier Discreta.
 - Transformada Z.
 - Filtros IIR.
 - Filtros FIR.
 - DSP
 - Técnicas de Procesamiento Digital de Señales.
 - Soporte para sistemas en tiempo real y *embedded*.

- ***COMUNICACIONES, COMUNICACIONES DIGITALES, PROPAGACIÓN, REDES INALÁMBRICAS, TALLER DE COMUNICACIONES.***
 - Técnicas de Modulación Analógica.
 - Técnicas de Modulación Digital.
 - Herramientas de Procesamiento de Señales.

- ***INSTRUMENTACIÓN y COMUNICACIONES I.***
 - Controles e Indicadores.
 - Instrumentos Virtuales.
 - Manejo de Puertos de Comunicaciones.

- ***INFORMÁTICA INDUSTRIAL y COMUNICACIONES II.***
 - Instrumentación Virtual.
 - Manejo de Protocolos Industriales.
 - Compatibilidad con Dispositivos Industriales y de Adquisición de Datos.

- ***TEORÍA DEL DISEÑO.***
 - Simulación de Circuitos Electrónicos Analógicos y Digitales.
 - Diseño de PCB.
 - Librerías de Elementos Electrónicos.
 - Creación de Librerías Propias.

- ***ELECTROMEDICINA III.***
 - Técnicas de Procesamiento de Señales.
 - Instrumentación Virtual.

- ***INTELIGENCIA ARTIFICIAL I Y II.***
 - Diseño y Simulación de Redes Neuronales (Perceptrón, Adaline, Madaline, Backpropagation).
 - Lógica Difusa.
 - Control Difuso.

- ***ROBÓTICA MOVIL E INDUSTRIAL y ROBÓTICA.***
 - Instrumentación Virtual.
 - Simulación cinemática.
 - Simulación de Trayectorias.

- ***VISIÓN ARTIFICIAL.***
 - Manejo de distintos formatos de Imágenes.
 - Compatibilidad con distintos tipos de Cámaras para Adquisición de Imágenes.
 - Técnicas de Procesamiento de Imágenes.

- ***SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA I, II Y III.***
 - SIST. ELÉCT. DE POTENCIA I
 - Modelación de Circuitos de Líneas de Transmisión.
 - Modelación de Sistemas Eléctricos de Potencia.
 - Flujos de Potencia.
 - SIST. ELÉCT. DE POTENCIA II
 - Modelación de Líneas Trifásicas Equilibradas.
 - Modelación de Líneas Trifásicas Desequilibradas.
 - SIST. ELÉCT. DE POTENCIA III
 - Análisis Transitorio.
 - Despacho Económico.

CAPITULO 3

EQUIPOS Y SOFTWARE EXISTENTES EN EL MERCADO

3.1 Empresas proveedoras de equipos y software para laboratorios.

A continuación se va realizar una investigación de las empresas proveedoras de equipos para laboratorios de procesamiento de señales que existen en la actualidad, continuando con empresas proveedoras de software para las materias de las carreras de ingeniería eléctrica y electrónica que requieren simulación. A continuación se nombran algunas empresas y una breve descripción de las mismas.

3.1.1 NATIONAL INSTRUMENTS

*National Instruments*¹² es una empresa fundada en 1976 por James Truchard, Bill Nowlin y Jeff Kodosky en Austin, Texas.

Comenzaron trabajando en el garaje James Truchard trabajando en productos relacionados con GPIB. En la década de los 80 creó su principal producto: LabView. Desde entonces compagina productos software, hardware y servicios. Sus mercados tradicionales son los campos de adquisición de datos, control de instrumentos e instrumentación virtual. En los últimos años también ha extendido su negocio a sistemas de comunicaciones y sistemas embebidos, en buena parte apoyándose en a la arquitectura PXI.

Electronics Workbench es una empresa subsidiaria de National Instruments que produce Multisim, un programa de diseño y análisis de circuitos electrónicos.

National Instruments es una empresa pionera y líder en la tecnología de la instrumentación virtual, un concepto revolucionario que ha cambiado la forma en

¹² www.ni.com

que ingenieros y científicos abordan las aplicaciones de medición y automatización. Aprovechando el poder de la PC y sus tecnologías relacionadas, la instrumentación virtual aumenta la productividad y reduce los costos por medio de software de fácil integración (como el ambiente de desarrollo gráfico LabVIEW de NI) y hardware modular (como los módulos PXI para adquisición de datos, control de instrumentos y visión artificial).

3.1.2 LAB VOLT

*Lab-Volt*¹³ es una empresa dedicada al diseño y fabricación de laboratorios de capacitación para la educación, la industria y los militares. Sus productos preparan a los estudiantes de carreras técnicas en las áreas de Electricidad y Electrónica, Energía Eléctrica, Telecomunicaciones, Fluidos, Instrumentación y Control de Procesos, Automatización y Robótica, Aire Acondicionado y Refrigeración.

Lab-Volt ha desarrollado la formación por ordenador, software de simulación, programas multimedia y sistemas de administración en el aula. Algunos de sus productos más conocidos incluyen la serie de cursos de FACET para el estudio de electrónica, LVSIM simulaciones para la formación en campos que van desde la potencia hidráulica a las telecomunicaciones, Tech-Design y Tech-World en favor de programas multimedia basados en la tecnología, la educación y la manufactura; y de Formación Industrial Zone para la formación en línea en mantenimiento industrial.

3.1.3 MATHWORKS

*MathWorks*¹⁴ es el líder mundial en el desarrollo de software de cálculo técnico. Fue fundada en el año 1984, y tiene su sede en Natick, Massachusetts.

Los clientes de esta empresa son profesionales, del área ingenieril, científica y matemática, que trabajan en grandes empresas tecnológicas, en laboratorios gubernamentales de investigación, en instituciones financieras, y en universidades. MATLAB y Simulink se han convertido en la herramienta imprescindible para sus trabajos científicos y de ingeniería.

¹³ www.labvolt.com

¹⁴ www.mathworks.com

Usando los productos de The MathWorks, los científicos mejoran constantemente sus conocimientos colectivos sobre la tierra, el medio ambiente y el universo. Los ingenieros desarrollan vehículos más seguros y eficientes, mejoran la seguridad del transporte aéreo; contribuyen a mejorar las comunicaciones. Consiguen nuevos avances en las técnicas de investigación médica y de diagnósticos, descubren nuevas fuentes de energía y están formando a las nuevas generaciones de ingenieros y científicos.

3.1.4 CADENCE

*Cadence*¹⁵ PSpice A / D es un estándar industrial basado en el simulador Spice para el diseño de sistemas. Simula diseños complejos de señal mixta que contiene tanto partes analógicas como digitales, y es compatible con una amplia gama de modelos de simulación como IGBTs, moduladores de ancho de pulso, DAC y ADC. Incorpora funciones matemáticas y técnicas de modelado que permite una simulación rápida y precisa de los diseños con la depuración eficiente. PSpice A / D también permite a los usuarios diseñar y generar modelos de simulación para los transformadores y bobinas de CC.

PSpice Advanced Analysis incluye opciones de estabilidad, capacidad e integración con MATLAB y Simulink para la co-simulación. Las capacidades avanzadas tales como la temperatura, simulación electro-mecánico, el análisis del peor caso, el análisis de Monte Carlo, y optimizadores de corte ajustado al ayudar a los ingenieros de diseño de circuitos de alto rendimiento que son fiables y resistan las variaciones de los parámetros.

La integración completa con Allegro Design Entrada HDL y OrCAD Capture ofrece a los clientes una opción entre las herramientas de esquema para capturar sus diseños.

¹⁵ www.cadence.com

3.1.5 LABCENTER

*Labcenter Electronics Ltd*¹⁶. fue fundada en 1988 por el Presidente y Arquitecto Jefe de Software John Jameson. El lanzamiento inicial fue la suite de diseño Proteus, evolucionando hacia una de las herramientas más rentables, con todas las funciones de paquetes EDA en el mercado.

LABCENTER ha introducido un software incorporando co-simulación con Proteus VSM, así como numerosas características de la suite Proteus que posteriormente se filtró a través de ofertas de la competencia.

Por lo general, LABCENTER crea de tres a cuatro versiones por año con importantes mejoras funcionales, además de mantenimiento y versiones menores según sea necesario.

3.1.6 ALTIUM

En 1985, *Altium*¹⁷ presentó el primer producto, fueron unos de los primeros en utilizar las computadoras personales de IBM recién llegados para las tareas de diseño de electrónica. En 1991, antes de que Microsoft Windows se convirtió en el sistema operativo para PC estándar, lanzaron el primer software de diseño de circuitos impresos basados en Windows. En 1998 se introdujo Protel-98, el primer paquete de software para manejar todas las tareas de diseño de componentes electrónicos esenciales en una aplicación integrada.

En 2005 se introdujo Altium Designer que redefine las herramientas de diseño electrónico. Además de apoyar el diseño de circuitos impresos, el núcleo de los sistemas electrónicos, también incluía herramientas integradas de diseño para el hardware programable emergiendo rápidamente en los sistemas electrónicos. Desde entonces, se introdujo una serie de innovaciones del primer mundo.

A medida que la tecnología de los dispositivos programables se ha desarrollado, han creado nuevos enfoques para permitir a los diseñadores de electrónica aprovechar estas capacidades utilizando sus habilidades de diseño existentes.

¹⁶ www.labcenter.co.uk

¹⁷ www.altium.com

3.1.7 MICROCHIP

*Microchip Technology Inc*¹⁸. es un proveedor líder de microcontroladores y semiconductores analógicos, proporcionando el desarrollo de productos a menor costo. Con sede en Chandler, Arizona, Microchip ofrece soporte técnico, junto con la entrega confiable y de calidad.

Además microchip ofrece a sus clientes software de aplicación, como lo es MPLAB para la programación de microcontroladores en lenguaje ensamblador.

3.1.8 MECANIQUE

*Mecanique*¹⁹ es la empresa creadora de Microcode, su función apunta a una nueva forma de programar en lenguaje de Alto Nivel, IDE o Rads. La idea es simplificar el trabajo al programador, consistiendo en minimizar la tarea de desarrollo escribiendo cada vez menos código pero con la misma utilidad. Esto radica en un sustancial beneficio a los desarrolladores de más edad que ya no le es fácil recordar líneas de código. Mecanique también se encarga de ventas de equipos para grabación de microcontroladores y kits de aprendizaje.

3.1.9 MIKROELEKTRONIKA

*Mikroelektronika*²⁰ fue creada en 1997 como una editorial especializada en electrónica, y ha ampliado en gran medida tanto en dominio e influencia.

Hoy en día, Mikroelektronika fabrica sistemas de la competencia de desarrollo. Esta empresa es un consultor oficial sobre microcontroladores PIC y socio de terceros de la empresa Microchip.

Mikroelektronika también fabrica los compiladores y entornos de desarrollo para las series de microcontroladores populares. Ofrecen los software MikroC, MikroBASIC, MikroPascal y compiladores para PIC, dsPIC, AVR y microcontroladores 8051.

¹⁸ www.microchip.com

¹⁹ www.mecanique.co.uk

²⁰ www.mikroe.com

3.1.10 DIAL

La empresa *DIAL*²¹ se fundó en 1989, con la finalidad de tratar conocimientos iluminotécnicos, orientándose por las necesidades del usuario.

DIAL GmbH es un prestador de servicios independiente y neutral para la técnica de alumbrado y de edificios.

Los servicios que prestan son los siguientes:

- Seminarios y talleres al tema de la Luz.
- Seminarios y talleres al tema Técnica de edificios.
- Mediciones de lámparas y luminarias en el laboratorio de medición de luz.
- Controles y test alrededor de aparatos EIB.
- DIALux la herramienta de planificación de alumbrado para todos los planificadores a escala mundial.
- Administración de datos y desarrollo de software.
- Consultoría, planificación y otros servicios.

3.1.11 POWERWORLD CORPORATION

*PowerWorld Corporation*²² es una empresa que ofrece productos y servicios que hace más eficiente y poderoso el análisis y la operación de los sistemas de potencia.

El amplio rango de productos provee las herramientas necesarias para los planeadores de transmisión eléctrica, comercializadores de energía eléctrica, operadores de sistemas, educadores, y cualquier persona que necesite tener acceso a la información y al análisis de sistemas de potencia en un formato amigable. Las visualizaciones de sistemas de potencia, ventanas interactivas y herramientas para presentaciones pueden serle útiles a las organizaciones en actividades que van desde una presentación interna o entrenamiento dentro de su empresa hasta el marketing para clientes y preparación para auditorías reguladoras.

²¹ www.dial.de

²² www.powerworld.com

Además de una línea de programas, PowerWorld ofrece soporte técnico, conferencias para clientes, reuniones de grupos de usuarios, desarrollo de programas personalizados, y servicios de desarrollo de diagramas unifilares que se ajustan a las necesidades.

3.1.12 DIgSILENT

*DIgSILENT GmbH*²³ es una empresa de consultoría y software que proporciona servicios de alta especialización en el ámbito de los sistemas de energía eléctrica para la transmisión, distribución, generación y plantas industriales. DIgSILENT desarrolla el sistema integrado de energía que cubre toda la gama de aplicaciones estándar y muy sofisticados, incluyendo un sistema de monitoreo del desempeño.

DIgSILENT GmbH es una compañía completamente independiente, ubicada en Gomaringen, Alemania, donde las nuevas oficinas se encuentran en operación desde principios de 2002

3.1.13 FAMIC TECHNOLOGIES INC

*Famic Technologies Inc.*²⁴ ha estado ofreciendo desde 1986 una gama completa de productos y servicios de calidad en los campos de la ingeniería de software y automatización industrial como lo es el software AUTOMATION STUDIO. La misión de la empresa es desarrollar, integrar y comercializar soluciones de software, cumpliendo con las necesidades del cliente en el diseño, operación, gestión y formación.

3.2 Equipos para el procesamiento de señales.

En el mercado actual existen varias empresas las cuales se dedican a producir equipos para laboratorios de aprendizaje. En este capítulo se ha investigado las empresas que tengan equipos relacionados al procesamiento de señales, pudiendo encontrar a dos principales empresas proveedoras de los mismos, que son National Instruments y LabVolt.

²³ www.digsilent.de

²⁴ www.famictech.com

Uno de las necesidades es adquirir equipos integrados para laboratorios. Ambas empresas tienen estos equipos, por lo cual en esta sección se mostrarán las características de los mismos.

3.2.1 Equipos LabVolt.

La empresa LabVolt tiene a disposición la SERIE 91000 que es un sistema de capacitación electrónica basada en la detección de fallas (FACET), completamente computarizada y abarca cuatro áreas de estudio: principios básicos de electricidad y electrónica, electrónica digital y de microprocesadores, electrónica industrial y telecomunicaciones. F.A.C.E.T. está disponible como un programa asistido por computadora para Microsoft Windows.

La configuración asistida por computadora tiene una gran presentación, así como sistemas de administración y edición usados para presentar, reportar y personalizar los temas técnicos tratados en cada uno de los 26 módulos de capacitación F.A.C.E.T. Estas configuraciones pueden ser usadas como unidades autónomas o como un laboratorio en red.

El sistema F.A.C.E.T. incluye la modificación de circuitos incorporados y la capacidad de preparar la inserción de fallas.

Cada módulo está conectado con una unidad básica que distribuye la energía y controla los circuitos en el tablero.

Las fallas y las modificaciones de los circuitos (MC) son configuradas dentro de los circuitos y los estudiantes deben entonces localizar, aislar y solucionar el mal funcionamiento a través de una serie de pasos para solucionar problemas comunes, que incluyen el uso de instrumentos de prueba. Veinte MC, introducidas desde la unidad base, reducen la necesidad de conectar caminos y permiten la valoración práctica del conocimiento del circuito por parte del estudiante.

El sistema de capacitación de la serie F.A.C.E.T. 91000 está en continuo crecimiento. Actualmente se encuentran disponibles los siguientes módulos:

- Fundamentos de CC.
- Teoremas de redes CC.
- Fundamentos de CA 1.
- Fundamentos de CA 2.
- Dispositivos semiconductores.
- Circuitos amplificadores con transistores.
- Amplificadores de potencia con transistores.
- Circuitos de realimentación con transistores.
- Circuitos de regulación de alimentación.
- Fundamentos de los FET.
- Tiristores y circuitos de control de potencia.
- Fundamentos de los amplificadores operacionales.
- Aplicaciones de los amplificadores operacionales.
- Fundamentos de la lógica digital.
- Fundamentos de circuitos digitales 1.
- Fundamentos de circuitos digitales 2.
- Microprocesador de 32 bits.
- Telecomunicaciones analógicas.
- Fundamentos de los transductores.
- Magnetismo y electromagnetismo.
- Telecomunicaciones digitales 1.
- Telecomunicaciones digitales 2.
- Motores, generadores y controles.
- Telecomunicaciones por fibras ópticas.
- Transistores de potencia y tiristor GTO.
- Procesador de señales digitales.

Los equipos que nos proporciona LabVolt presentan las siguientes características:

- Construcción durable con componentes mecánicos capaces de soportar miles de ciclos de operación.
- Componentes eléctricos capaces de soportar cualquier combinación de voltaje o conexiones desde la unidad base.

- Regulación de voltaje y protección contra sobre carga y cortocircuito, lo cual ofrece mayor seguridad durante el proceso de capacitación.
- Tecnología de conectores de fuerza de inserción nula (ZIF) enchapados en oro.
- Circuito con impresión sobre la pantalla para la identificación de componentes.
- Tableros de circuitos montados en placas de poliestireno robusto para facilitar el manejo y la conexión a la unidad de base.
- Mínima utilización de cables para ahorrar tiempo de trabajo en laboratorio.
- Variedad de componentes de tipo industrial que ofrecen una experiencia de capacitación práctica y real.
- Componentes activos montados en conectores de circuito impreso (CI) para ser reemplazados fácilmente.
- Modo de modificación de circuitos controlada por los estudiantes (sistema manual).
- Modo de inserción de fallas controlada por el profesor (sistema manual).
- Modificación de circuitos e inserción de fallas activados por computadora (sistema controlado por computadora).
- Configuración manual y autónoma.
- Configuración controlada por computadora.
- Configuración en red.

Para el laboratorio de Procesamiento de Señales, se necesitaría adquirir los siguientes equipos:

3.2.1.1 Modelo 91000-40 – Unidad de Base F.A.C.E.T.

Las unidades de base F.A.C.E.T. proveen protección y circuitería de acondicionamiento de voltaje para ejecutar cada tablero F.A.C.E.T. Las características específicas de todas las unidades de base F.A.C.E.T. incluyen:

- ± 15 V CC distribuidos y potencia variable de $\pm 0-10$ V CC para la circuitería de los diferentes módulos de capacitación. Controles finos y gruesos incluidos para ajustar las fuentes variables de $\pm 0-10$ V CC.

- Autoprotección contra cortocircuito, voltaje inverso y condiciones de sobre corriente.
- Conectores de larga vida ZIF, con manija rotatoria que ajusta el módulo de capacitación en la unidad de base. El conector ZIF por sí mismo está protegido contra avería por paradas integradas.
- Las patas de los conectores son chapadas en oro para mayor durabilidad.

La unidad de base computarizada 91000-40 contiene treinta y dos relevos controlados por comandos del microcomputador servidor. La unidad de base computarizada está conectada al microprocesador a través de un puerto serie. Las modificaciones de circuitos (MC) y las fallas son encendidas y apagadas automáticamente por el software. Un mensaje en la pantalla de la computadora del estudiante indica que una MC o una falla está activada. En los ejercicios de detección de fallas, las fallas son también insertadas automáticamente por la computadora, liberando por lo tanto al profesor para ayudar a los estudiantes con actividades individuales.



Figura 3.1: Unidad de Base FACET modelo 91000-40.²⁵

3.2.1.2 Modelo 91027 – Procesador de Señales Digitales (DSP).

El módulo Procesador de señales digitales (DSP) está diseñado para enseñar a los estudiantes cómo un DSP controla los dispositivos y procesa los datos. Por medio del material didáctico de acompañamiento los estudiantes profundizan sus

²⁵ <http://www.labvolt.com/products/electricity-and-electronics/facetsupsup-support-products/facetsupsup-computer-interface-base-units-91000-40-and-91000-20>

conocimientos sobre la arquitectura interna de un DSP. El módulo puede utilizarse con la unidad de base FACET o como un equipo didáctico autónomo.

El módulo contiene una fuente cc, un preamplificador de micrófono y un amplificador de audio. Ocho conmutadores DIP, una pantalla de 4 dígitos, interruptores con pulsadores y conexiones de entrada y salida analógicas para el DSP proporcionan diferentes formas de analizar y estudiar la estructura del DSP TMS320C50 instalado en el módulo del Procesador de señales digitales. Un bloque de circuitos auxiliar de E/S tiene conexiones físicas que permiten al estudiante diseñar experimentos suplementarios o desarrollar prototipos de circuitos controlados por DSP.



Figura 3.2: Módulo DSP modelo 91027. ²⁶

3.2.1.3 Modelo 1250 – Conjunto de Instrumentos Virtuales.

El Conjunto de instrumentos virtuales de Lab-Volt, con un poderoso software y un paquete de instrumentación permite ahorrar espacio y da a los estudiantes las herramientas para medir, analizar, observar y reportar los resultados de las pruebas de los circuitos electrónicos.

Totalmente integrada con el programa de capacitación en electrónica FACET, la instrumentación virtual de Lab-Volt permite a los estudiantes realizar todos los experimentos que de otra manera serían realizados con instrumentos de experimentación separados.

²⁶ <http://www.labvolt.com/products/electricity-and-electronics/dsp/digital-signal-processor-91027>

El conjunto de instrumentos virtuales de Lab-Volt completo incluye una interfaz para la adquisición de datos, tal como se indica en la figura 3.3, y los siguientes instrumentos:



Figura 3.3: *Conjunto de Instrumentos Virtuales modelo 1250.*²⁷

- Osciloscopio.

El osciloscopio de dos canales tiene una tasa de muestreo de 25 MS/s en el modo de canal en vivo y una tasa de muestreo de 50 MS/s en el modo de canal individual. Los cursores están disponibles para hacer mediciones de voltaje, fase y frecuencia en la señal visualizada. Una entrada de disparo externa se localiza en la parte posterior de la unidad.

- Multímetro.

El multímetro de doble canal mide voltaje (AC/CC), corriente (AC/CC), resistencia y frecuencia. La respuesta de frecuencia AC máxima es de 10 MHz. Están disponibles diversos tipos de mediciones, tales como el valor RMS verdadero, pico a pico, promedio, dBm, máx., mín., potencia y ciclo útil.

²⁷ <http://www.labvolt.com/products/electricity-and-electronics/instrumentation/virtual-instrument-package-model-1250-10>

- Generador de señales.

El generador de señales de canal simple produce formas de onda sinusoidales, cuadradas y triangulares con una gama de frecuencias de 0,01 Hz a 2 MHz. La amplitud de salida es de 0-20 V sin carga y con una impedancia de salida de 50Ω.

- Analizador de espectros.

El Analizador de espectros de dos canales muestra gráficamente el voltaje como una función de frecuencia. Tiene un rango de frecuencia máximo de 25 MHz con una precisión de 0,1%. El software puede soportar seis funciones de ventana.

- Grabadora de transitorios.

La grabadora de transitorios de dos canales mide eventos que cambian lentamente tales como los cambios de temperatura o presión. La medida del tiempo entre los eventos es de 0,01 a 300 s. Los cursores están disponibles para analizar la señal medida.

El instrumento virtual de Lab-Volt es una unidad de interfaz, de peso ligero, compacta y portátil. Puede alimentarse con 100 a 240 V CA (50/60 Hz), o con 12 a 24 V CC para portabilidad.

Este módulo se debe conectar a la computadora en la que se está ejecutando el software de Instrumentación virtual. Las señales que se desean medir con los instrumentos virtuales se conectan en los canales de entrada de la interfaz. Durante el muestreo de las señales en cada canal, la interfaz envía al software los datos necesarios para que los instrumentos virtuales muestren y midan las señales.

3.2.1.4 Modelo 91019 – Fundamentos de los transductores.

El módulo Fundamentos de los transductores guía a los alumnos a través de los circuitos y dispositivos para interconectar la computadora y los circuitos de control con el mundo exterior. El tablero de circuitos contiene ocho bloques de circuitos del transductor, un horno para mostrar los transductores térmicos, un amplificador de

instrumentación con ganancia seleccionable y un bloque de circuitos de fuente de referencia con interfaz de computadora. Los temas cubiertos son los siguientes:

- Medición de temperatura
- Control de temperatura
- Características del termistor.
- Características del RTD.
- Características del termopar.
- Sensor de capacitancia.
- Sensor de tacto y posición.
- Características del extensímetro.
- Celda de medición de desviación del haz (extensímetro).
- Principios de ultrasonido.
- Medición de distancia.
- Transmisión y recepción de infrarrojo.
- Control remoto con IR.
- Medición de la fuerza.
- Medición computarizada de la fuerza.

3.2.2 Equipos National Instruments.

La empresa National Instruments, tiene una gama de equipos destinados para la adquisición, tratamiento y manejo de señales; además cuenta con el software LabView el cual es una plataforma de programación gráfica donde se puede desarrollar cualquier etapa de procesamiento de señales y un sin número de aplicaciones en los campos de Instrumentación, Control y Automatización, Robótica, Comunicaciones, etc. Una de las etapas importantes a considerar en la selección de equipos es la adquisición de señales, con lo que National Instruments tiene varios equipos destinados para este fin.

3.2.2.1 Equipos de Adquisición de Datos DAQ USB.

Aprovechando su alta velocidad, excelente confiabilidad y flexibilidad para ser usados tanto en Computadores de escritorio, Portátiles o Industriales, los Equipos de Adquisición de Datos (DAQ: Data Acquisition) por medio del Bus USB han ganado

un espacio muy grande en los sistemas de Medición y Control de las Industrias y de Laboratorios en general.

A continuación, en la tabla 3.1, se muestran las características de los distintos tipos de equipos de Adquisición de Datos USB que tiene National Instruments.

	Entradas Analógicas	Salidas Analógicas	DIO
NI USB-6009 	8 (14bits) 48kS/s	2 (14bits) 48kS/s	12
NI USB-6211 	16 (16bits) 250kS/s	2 (16bits) 250kS/s	4
NI USB-6016 	16 (16bits) 400kS/s	2 (16bits) 250kS/s	32
NI USB-6251 	16 (16bits) 1.25MS/s	2 (16bits) 2.8MS/s	24
NI USB-6281 	16 (18bits) 625kS/s	2 (16bits) 2.8MS/s	24

Tabla 3.1: Características técnicas de las principales tarjetas de adquisición de datos (DAQ) de National Instruments.

3.2.2.2 Suite de Instrumentación Virtual para Laboratorio Educativo (NI ELVIS II+).

El *Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite* (NI ELVIS II+) tiene un conjunto integrado de los 12 instrumentos más usados en el laboratorio, en un formato compacto para el laboratorio o área de trabajo personal con conectividad con Hi-Speed USB plug-and-play.

Basado en el software de diseño gráfico de sistemas NI LabVIEW, NI ELVIS II+ con habilidades USB plug-and-play, ofrece la flexibilidad de la instrumentación virtual y permite una rápida y fácil adquisición y visualización de datos.

Para el diseño, generación de prototipos y validación de circuitos, se puede considerar a NI Multisim, con el software de simulación SPICE, y NI Ultiboard para diseño de PCB, ambos parte del Circuit Design Suite. Este paquete de software es totalmente compatible con NI ELVIS II+, pudiendo insertar señales reales a nuestra simulación de circuitos electrónicos.

Con NI LabVIEW se puede crear aplicaciones de adquisición de datos personalizadas gracias a la facilidad de la programación gráfica de más de 500 funciones de análisis y herramientas de programación avanzadas. Los sistemas de desarrollo Completo y Profesional de LabVIEW incluyen LabVIEW SignalExpress para registro de datos interactivo.



Figura 3.4: *Presentación física de NI ELVIS II+.* ²⁸

²⁸ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/207244>

NI ELVIS II+ consta de los siguientes instrumentos virtuales:

- Osciloscopio
- Generador de Funciones
- Multímetro Digital (DMM)
- Generador de Forma de Onda Arbitraria.
- Analizador de Bode.
- Analizador Voltaje - Corriente de 2 hilos.
- Analizador Voltaje - Corriente de 3 hilos.
- Analizador de Señal Dinámica (DSA).
- Analizador de Impedancias.
- Lectura Digital.
- Escritura Digital
- Fuente de Alimentación Variable.

NI ELVIS II+ consta de un osciloscopio de 100 MS/s, un Multímetro Digital (DMM) de 5½ dígitos de precisión, generador de forma de onda y fuente de alimentación C.C. fija ($\pm 15V$ y $+5V$) y regulable ($0 - \pm 12V$).

Además consta de un modulo de Adquisición con 16 entradas analógicas de una sola terminal de 16 bits, con una velocidad máxima de muestreo de 1.25 MS/s, modo de escaneo de 1 MS/s. Dos salidas analógicas de 16 bits (2.8 MS/s), 24 E/S digitales, dos contadores de 32 bits.

El equipo NI ELVIS II+ puede ser extendido en sus aplicaciones con productos de Quanser (Control), Freescale (Microcontroladores), Emona (Telecomunicaciones y Fibra Óptica) y más; para diversas aplicaciones en la Ingeniería. En la figura 3.5 se muestran algunas aplicaciones de NI ELVIS II+ con productos de otras empresas.

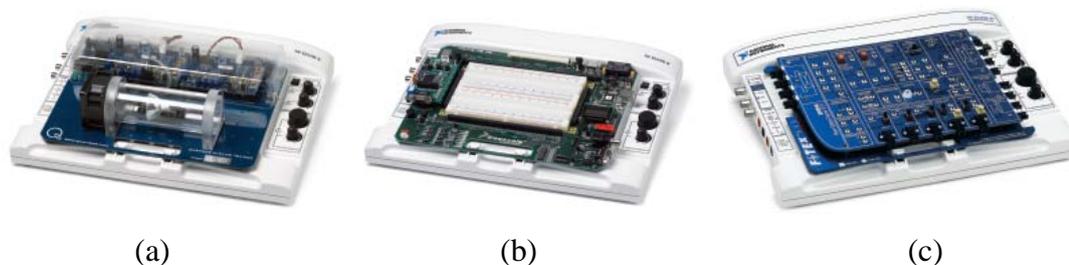


Figura 3.5: NI ELVIS II+ aplicado a productos de (a) Quanser, (b) Freescale y (c) Emona.²⁹

3.2.2.3 Paquete NI Single-Board RIO para Control Embebido en Tiempo Real.

Los dispositivos embebidos de control y adquisición de datos de NI Single-Board RIO integran los tres componentes principales de un sistema NI CompactRIO que son el procesador en tiempo real, arreglo (FPGA) y E/S, en una sola tarjeta de circuito impreso (PCB).

Al usar NI LabVIEW, se puede implementar algoritmos avanzados de control y medida en el procesador en tiempo real, en el FPGA o cualquier PC con el mismo entorno de programación. Además, se puede combinar programación gráfica con modelos de programación textual, como LabVIEW MathScript, VHDL y ANSI C y utilizar el Módulo LabVIEW *Control Design and Simulation* para diseñar, simular, generar prototipos y desplegar algoritmos avanzados personalizados.

Estos dispositivos están diseñados para robustez, confiabilidad y flexibilidad con un rango de entrada de suministro de potencia de 19 a 30 VDC y rango de temperatura de operación de -20 a 55 °C. Las herramientas de programación gráfica del Módulo NI LabVIEW FPGA permiten personalizar fácilmente su hardware y E/S con temporización personalizada, procesamiento en línea y control avanzado. Además, también se puede usar el Módulo LabVIEW *Real-Time* para crear aplicaciones confiables, determinísticas y embebidas para procesamiento de punto flotante, registro de datos y comunicación en red. Los dispositivos NI sbRIO-96x1 tienen un procesador industrial de 266 MHz, 64 MB DRAM, almacenamiento no volátil de 128 MB y un FPGA Spartan 3 de 1M de compuertas. Los dispositivos sbRIO-96x2 tienen un procesador industrial de 400 MHz, 128 MB DRAM, almacenamiento no volátil de 256 MB y un FPGA Spartan 3 de 2M de compuertas. En la figura 3.6 se muestra la presentación del NI sbRIO 9642.

²⁹ <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7290>



Figura 3.6: NI sbRIO 9642. ³⁰

En la tabla 3.2, se muestran algunas características importantes de los distintos tipos de NI sbRIO.

Product	Processor Speed (MHz)	DRAM Memory (MB)	Internal Nonvolatile Storage (MB)	FPGA Size (gates)	3.3 V DIO Lines	AI Channels	AO Channels	24 V DI/DO Lines
sbRIO-9601	266	64	128	1M	110	0	0	0
sbRIO-9602	400	128	256	2M	110	0	0	0
sbRIO-9611	266	64	128	1M	110	32	0	0
sbRIO-9612	400	128	256	2M	110	32	0	0
sbRIO-9631	266	64	128	1M	110	32	4	0
sbRIO-9632	400	128	256	2M	110	32	4	0
sbRIO-9641	266	64	128	1M	110	32	4	32/32
sbRIO-9642	400	128	256	2M	110	32	4	32/32

Tabla 3.2: Características técnicas de los distintos tipos de NI sbRIO de National Instruments. ³¹

3.2.2.4 Equipo PXI para Comunicaciones.

PXI combina el bus eléctrico de Interconexión de Componentes Periféricos (PCI) con el robusto y modular paquete Eurocard de CompactPCI, y añade buses de sincronización especializados y características clave de software. PXI también añade características mecánicas, eléctricas y de software que definen sistemas completos para aplicaciones de pruebas y medidas, de adquisición de datos y de manufactura. Estos sistemas son útiles para aplicaciones tales como militares, aeroespaciales y automotrices; y para pruebas tales como de manufactura, industriales y telecomunicaciones. A continuación se describen el chasis y los módulos necesarios para el equipo PXI en comunicaciones.

³⁰ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/207169>

³¹ http://www.ni.com/pdf/products/us/cat_sbRIO_96xx.pdf

- **CHASIS DE 18 RANURAS NI PXIe-1075**

National Instruments tiene una variedad de poderosos chasis PXI para aplicaciones de medida y automatización. Presenta planos traseros de alto rendimiento y un paquete mecánico, robusto y confiable. En la figura 3.7 se muestra la presentación del NI PXIe-1075.

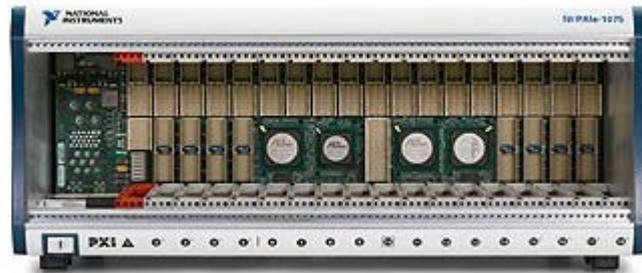


Figura 3.7: NI PXIe-1075.³²

Las características de este equipo son las siguientes:

- 8 ranuras híbridas, 8 ranuras PXI Express, 1 ranura de temporización del sistema PXI Express.
- Potencia total de 791 W.
- Compatible con módulos PXI, PXI Express, CompactPCI y CompactPCI Express.
- Para usarse con los controladores NI PXIe-8130, PXIe-810x, PXIe-PCIe837x, PXIe-PCIe836x, PXIe-ExpressCard8360.
- Alto rendimiento - hasta 1 GB/s por ranura de ancho de banda dedicado y 4 GB/s de ancho de banda del sistema.

- **CONTROLADOR NI PXIe-8108**

El NI PXIe-8108 es un controlador embebido Intel Core 2 Duo de alto rendimiento basado en T9400 para usarse en sistemas PXI Express y CompactPCI Express. Con su procesador de 2.53 GHz dual-core, memoria de 800 MHz DDR2 y 6 MB de L2 cache, el PXIe-8108 es ideal para aplicaciones de instrumentación modular y de adquisición de datos. En la figura 3.8 se muestra una imagen del NI-PXIe-8108.

³² www.sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/205962



Figura 3.8: NI PXIe-8108.³³

Las características de este equipo son las siguientes:

- Procesador dual-core Intel Core 2 Duo T9400 de 2.53 GHz.
 - Hasta 25% mayor rendimiento que el NI PXIe-8106.
 - Hasta 1 GB/s de ancho de banda del sistema y ancho de banda en ranura de 250 MB/s.
 - GB DDR2 RAM DDR2 (4 DIMM x 1 GB) de 800 MHz.
 - Tarjeta Ethernet de 10/100/1000BASE-TX (Gigabit), ExpressCard/34, 4 puertos de Hi-Speed.
 - USB, GPIB, serial y otras E/S.
 - SO Windows y controladores ya instalados; recuperación del sistema desde el disco duro.
 - 80 GB integrated hard-drive standard.
 - Incluye monitor de pantalla plana de 19", teclado, ratón, unidad externa DVD.
- **ANALIZADOR DE SEÑALES VECTORIALES DE 6.6 GHZ NI PXIe-5663.**

El analizador RF de señales vectoriales NI PXIe-5663 de 6.6 GHz con amplio ancho de banda instantáneo está optimizado para pruebas automatizadas. Combinado con controladores PXI de alto rendimiento y el bus de datos PCI Express de alta velocidad, este analizador de señales vectoriales puede realizar medidas

³³ www.sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/207075

automatizadas comunes significativamente más rápido que la instrumentación tradicional. En la figura 3.9 se muestra el modulo PXIe-5663.



Figura 3.9: NI PXIe-5663.³⁴

Las características de este equipo son las siguientes:

- Rango de frecuencia de 10 MHz a 6.6 GHz
- Ancho de banda instantáneo (3 dB) de 50 MHz
- Plano típico de ± 0.35 dB en ancho de banda de 20 MHz
- Precisión típica de amplitud de ± 0.65 dB
- Ruido típico de < -158 dBm/Hz a 1 GHz
- Típico rango dinámico sin espurio (SFDR) de 80 dB

- **GENERADOR DE SEÑALES VECTORIALES RF NI PXIe-5673/512MB**

El NI PXIe-5673E es un generador RF de señales vectoriales de 6.6 GHz de amplio ancho de banda. El bus de datos PCI Express de alta velocidad permite al NI PXIe-5673E escribir directamente desde disco, así se puede generar formas de onda continua que tienen hasta varios terabytes de longitud. Además, con el modo de lista de RF, se puede realizar cambios rápidos y determinísticos en configuración de RF, el cual reduce significativamente el tiempo de pruebas para medidas multi-banda.

Usando el NI LabVIEW Modulation Toolkit, el NI PXIe-5673E se puede generar diferentes formas de onda incluyendo AM, FM, CPM, ASK, FSK, MSK, PSK, QAM

³⁴ www.sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/205592

(4, 16, 64 y 256), señales multi tono y formas de onda arbitraria. Además, usted puede combinar este generador de señales vectoriales con software estándar para generar señales para GSM/EDGE/WCDMA, WLAN, WiMAX, LTE, GPS, DVB-C/H/C, ISDB-T, ZigBee y otros. En la figura 3.10 se muestra el módulo PXIe-5673/512MB.



Figura 3.10: NI PXIe-5673/512MB.³⁵

Las características de este equipo son las siguientes:

- Rango de frecuencia de 85 MHz a 6.6 GHz.
- Más de 100 MHz de ancho de banda de RF.
- Hasta +10 dBm RF de potencia.
- Desfase de ruido de -112 dBc/Hz a 10 kHz (1 GHz).
- Radio de fuga de canal contiguo de -66 dBc para señales como WCDMA.
- Supresión típica de imagen y dispositivo de -64 dBc a 2.4 GHz.

- **NI PXI-2596 MULTIPLEXOR DE ANTENAS**

El NI PXI-2596 es un módulo multiplexor de conmutación 6x1 dual para enrutar señales de RF o de microonda en aplicaciones de pruebas automatizadas. Al estar diseñado para operar con menos de 1 dB de pérdida de inserción hasta 26.5 GHz, el PXI-2596 es casi invisible para señales a frecuencias mucho menores también.

Ofrece una opción de multiplexor sin terminación de alta densidad con bancos de multiplexor 6x1 dual en el mismo módulo. El PXI-2596 también es adecuado para

³⁵www.sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/205593

pasar armónicos de alto orden desde convertidores de RF, como el generador RF de señales vectoriales NI PXIe-5673 de 6.6 GHz, o para enrutar múltiples recursos a convertidores de RF, como el analizador RF de señales vectoriales NI PXIe-5663 de 6.6 GHz. En la figura 3.11 se muestra el módulo NI PXI-2596.



Figura 3.11: NI PXI-2596.³⁶

- Las características de este equipo son las siguientes:
- Rendimiento de 26.5 GHz (típico): Pérdida de inserción de -0.3 dB; VSWR de 1.25.
- Rendimiento de 6.6 GHz (típico): Pérdida de inserción de -0.15 dB; VSWR de 1.13.
- Impedancia característica de 50 Ω .
- Rastreo interno de cuenta de relés.
- Habilidad para almacenar información sobre calibración de RF con NI Switch Executive.

3.3 Software para Simulación.

En nuestro medio existen diversos software dedicados para la simulación. Estos dependen mucho del tipo de simulación o del tipo de sistema que se requiere simular.

Para poder escoger los mejores software de simulación para las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, se ha podido agrupar en el capítulo II algunas materias con características de software similares, para las cuales se va a proponer algunos

³⁶www.sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/202258

software encontrados en el mercado y que podrían cumplir con las características necesarias.

MATERIAS	SOFTWARE
<i>CIRCUITOS ELÉCTRICOS I Y II, ELECTRÓNICA ANALÓGICA I Y II, ELECTRÓNICA DIGITAL</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ORCAD • MULTISIM • PROTEUS • ALTIUM
<i>INSTALACIONES CIVILES, INSTALACIONES INDUSTRIALES, AUTOMATIZACION INDUSTRIAL I y II</i>	<ul style="list-style-type: none"> • AUTOMATION STUDIO • CADe SIMU • DIALUX
<i>SEÑALES Y SISTEMAS</i>	<ul style="list-style-type: none"> • MATLAB • LABVIEW
<i>SISTEMAS MICROPROCESADOS I Y II</i>	<ul style="list-style-type: none"> • MPLAB • MICROCODE • MIKROBASIC • PROTEUS
<i>TEORÍA DE CONTROL I y II</i>	<ul style="list-style-type: none"> • MATLAB • LABVIEW
<i>TEORÍA DE CONTROL III y DSP</i>	<ul style="list-style-type: none"> • MATLAB • LABVIEW
<i>COMUNICACIONES, COMUNICACIONES DIGITALES, PROPAGACIÓN, REDES INALÁMBRICAS, TALLER DE COMUNICACIONES</i>	<ul style="list-style-type: none"> • MATLAB • LABVIEW
<i>INSTRUMENTACIÓN, COMUNICACIONES I</i>	<ul style="list-style-type: none"> • LABVIEW
<i>INFORMÁTICA INDUSTRIAL, COMUNICACIONES II</i>	<ul style="list-style-type: none"> • LABVIEW • INTOUCH
<i>TEORÍA DEL DISEÑO</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ORCAD • MULTISIM • PROTEUS • ALTIUM
<i>ELECTROMEDICINA III</i>	<ul style="list-style-type: none"> • LABVIEW
<i>INTELIGENCIA ARTIFICIAL I Y II</i>	<ul style="list-style-type: none"> • MATLAB • LABVIEW
<i>ROBÓTICA MOVIL E INDUSTRIAL, ROBÓTICA</i>	<ul style="list-style-type: none"> • MATLAB • LABVIEW
<i>VISIÓN ARTIFICIAL</i>	<ul style="list-style-type: none"> • MATLAB • LABVIEW
<i>SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA I, II Y III</i>	<ul style="list-style-type: none"> • POWER WORLD SIMULATOR • DIgSILENT

Tabla 3.3: Software existentes en el mercado por materias.

En la tabla 3.3 se puede observar una clasificación de las materias que tienen características similares en cuanto a necesidades del software para simulación. Por cada clasificación se mencionan varios programas que pueden ser aplicados para dichas materias; ya sea en su totalidad, o parte de ellas.

Para poder decidir que software se va a proponer, a continuación se analizarán las características principales de cada uno de ellos.

3.3.1 ALTIUM DESIGNER.

Altium Designer es un conjunto de programas para el diseño electrónico en todas sus fases y para todas las disciplinas, ya sean esquemas, simulación, diseño de circuitos impresos, implementación de FPGA, o desarrollo de código para microprocesadores.

- Plataforma DXP.
- Visor de Esquemáticos.
- Visor PCB.
- Visor de archivos CAM.
- Editor de Esquemáticos.
- Simulación VHDL.
- Soporte NanoBoard.
- Diseño FPGA.
- Instrumentos para FPGA.
- Simulación mixta de señales.
- Editor e Importación de archivos CAM.
- PCB-3D.
- PCB-Layout.
- Ruteado Automático e Interactivo.
- Numero de pines Ilimitado.

3.3.2 ORCAD.

OrCAD ofrece una solución total para las tareas de diseño y simulación electrónica: esquemas - entradas al diseño basadas en VHDL; síntesis de diseño FPGA y CPLD; digital, analógico, y simulación de señales mixtas; así como el diseño de placas de

circuito impreso. Los productos OrCAD son un conjunto de aplicaciones construidas alrededor del flujo de diseño de un ingeniero; no son sólo una colección de herramientas desarrolladas de forma independiente. PSpice A/D es uno de los elementos en el flujo del diseño de la solución total de OrCAD.

OrCAD tiene a su disposición varias herramientas. En la tabla 3.4 se muestran las características más importantes de las distintas herramientas que tiene OrCAD.

HERRAMIENTAS	CARACTERÍSTICAS
Capture Schematic Entry	<ul style="list-style-type: none"> • Schematic Editor. • Component Information System • Part Selection • Internet Component Assistant • Interface Capabilities
PSPICE A/D Circuit Simulation	<ul style="list-style-type: none"> • MATLAB Simulink interface • Análisis Smoke para determinación de sobrecargas de componentes. • Análisis Monte Carlo para rendimiento de componentes. • Más de 15 tipos de Análisis. • Análisis de Sensibilidad de componentes para el rendimiento del circuito. • Optimizador de circuitos analógicos y sistemas.
PCB Designer Place and Route	<ul style="list-style-type: none"> • Ruteo automático e interactivo. • In-place footprint editor.

Tabla 3.4: *Características principales de ORCAD CADENCE.*

3.3.3 NI CIRCUIT DESIGN SUITE.

Multisim provee a los educadores, estudiantes y profesionales con las herramientas para analizar el comportamiento de los circuitos. La plataforma de software intuitiva y fácil de usar combina la captura de esquemáticos y simulación SPICE estándar en la industria en un solo entorno integrado. Multisim abstrae las complejidades y dificultades de la simulación tradicional basada en sintaxis.

Como parte de una Plataforma de Educación en Electrónica, NI Multisim y NI Ultiboard se combinan con NI Signal Express y NI LabVIEW para ofrecer a estudiantes y educadores recursos de calibre profesional para el aprendizaje de la electrónica. En la tabla 3.5 se muestran las características más importantes de NI Multisim.

HERRAMIENTAS	CARACTERÍSTICAS
NI Multisim Schematic Capture	<ul style="list-style-type: none"> • Virtual NI ELVIS I/II series schematics. • Programmable logic device (PLD) schematic to VHDL. • Device library (number of components 14,697). • Unlimited components in design
NI Multisim Circuit Simulations	<ul style="list-style-type: none"> • Interactive simulation • Fully mixed-mode A/D simulation • Standard SPICE 3X5/XSPICE • Insert faults into components and circuits • NI LabVIEW VIs as instruments and sources • Cosimulation of microcontrollers (MCUs) • Circuit wizards • Analyses (20) • Integrated NI-ELVISmx instruments (8) • Virtual Instruments (22)
NI Ultiboard Printed Circuit Board Layout	<ul style="list-style-type: none"> • Crossprobing with Multisim • Gerber, DXF, IPC-D-356A, SVG • 3D visualization inside circuit board • In-place footprint editor • Number of pins supported (1500)
NI Ultiboard Routing	<ul style="list-style-type: none"> • Interactive autorouting • Manual replacement: components, vias, traces. • Pin number limit • Maximum number of layers

Tabla 3.5: Características principales de NI Circuit Design Suite.

Los tipos de análisis que tiene NI Multisim para la Simulación son los siguientes:

- AC
- AC single frequency
- DC operating point
- DC sweep
- Fourier
- Monte Carlo
- Nested sweep
- Noise figure
- Parameter sweep
- Temperate sweep
- Transients
- Worst case
- Batched
- Distortion
- Noise
- Pole zero
- Sensitivity
- Trace width
- Transfer function
- User-defined

3.3.4 PROTEUS.

PROTEUS es un entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño, simulación, depuración y construcción.

Los tipos de análisis que tiene NI Multisim para la Simulación son los siguientes:

- Análisis Transitorio Analógico.
- Análisis Transitorio Digital.
- Análisis Transitorio Mixto.
- Análisis de Frecuencia.
- Análisis de Fourier.
- Análisis de Ruido.
- Análisis de Distorsión.
- Análisis Transitorio Analógico.
- Análisis de la Curva de Transferencia.
- Análisis de barrido DC.

- Análisis de barrido AC.
- Análisis Interactivo.

A continuación, en la tabla 3.6, se muestran las características más importantes de este software.

HERRAMIENTAS	CARACTERÍSTICAS
Proteus PCB Design	<ul style="list-style-type: none"> • Número máximo de pines de 1000 a 2000. • Planos de alimentación ilimitado. • Ruteado Automático • Visualización de la placa en 3D. • Colocación Automática de componentes. • Simulación Básica.
Proteus VSM	<ul style="list-style-type: none"> • Disponible para procesadores PIC, 8051, AVR, HC11, ARM7/LPC200 y Basic Stamp • Interactúa con hardware simulado en tiempo real. • Modelos de periféricos I/O para teclados, displays, etc. • Más de 8000 modelos de dispositivos análogos y digitales • Depuración de errores a través de single step ó de otras aplicaciones, incluyendo un diagnóstico del sistema entero. • Compatible con todos los compiladores y ensambladores más populares.

Tabla 3.6: *Características principales de PROTEUS.*

3.3.5 AUTOMATION STUDIO.

Famic Technologies ha creado, en respuesta a las necesidades de enseñanza, de formación técnica y/o profesional, una solución única que une el ambiente intuitivo y fácil de usar con poderosas funciones de diseño, de animación, de simulación y de análisis de sistemas; en diversos materias relativas a las tecnologías de automatización, demostración de principios teóricos, comportamiento de sistemas

hidráulicos, neumáticos, eléctricos, control, entre otras. Las librerías, módulos y características de este programa son los siguientes:

- Neumática
- Hidráulica e Hidráulica Proporcional
- Control Eléctrico (IEC, JIC).
- Sinóptico y tableros de control.
- Electrotecnia (IEC, NEMA).
- Autómatas Programables Industriales.
- Grafcet.
- Electrónica digital.
- Una simulación dinámica, realista y visual para una comprensión inmediata.
- Herramientas fáciles de usar y de configurar.
- Parámetros de simulación preconfigurados y ajustables para una asimilación rápida.
- Trazado de las curvas para un análisis básico o Detenido.
- Animación en vistas en corte para una mejor comprensión de los comportamientos internos.
- Herramientas simples y eficaces de dibujo en un ambiente intuitivo.
- Miles de símbolos a disposición.
- Edición y creación de símbolos, bibliotecas y modelos.
- Un módulo de dimensionamiento amistoso.
- Interfaz de los Autómatas Programables Industriales (API) o de la parte operativa.

3.3.6 CADe SIMU.

CADe_SIMU es un programa de CAD electrotécnico que permite insertar los distintos símbolos organizados en librerías y trazar un esquema eléctrico de una forma fácil y rápida para posteriormente realizar la simulación.

El programa en modo simulación visualiza el estado de cada componente eléctrico cuando esta activado al igual que resalta los conductores eléctricos sometidos al paso de una corriente eléctrica.

Entre los elementos que tiene para insertar están casi todos los que comúnmente se usan (Fusibles, térmicos, motores, pulsantes, etc.) aparte de otros más complejos (variadores de velocidad de CA y CC, entre otros).

3.3.7 DIALUX.

DIALux es un software gratuito de la empresa DIAL para crear proyectos de iluminación profesionales, abierto a las luminarias de todos los fabricantes.

Las características más importantes de DIALux en su visualización son:

- Planificación con luminarias LED y otras fuentes de luz de color.
- Planificación con filtros de color, fuentes de luz de color, y materiales de colores.
- La visualización 3D interactiva.
- Grabación del recorrido de la cámara mediante la visualización fotorrealista.
- Texturas y muebles realistas.
- El módulo de raytracing integrado genera una impresión fotorrealista.

Las características más importantes de DIALux en su manejo son:

- Planificación de iluminación de lo más simple paso a paso con DIALux Light.
- Los Asistentes ayudan según se desee en la planificación de iluminación de espacios interiores y alumbrado de vías.
- Colocación automática del número apropiado de luminarias en paredes y en el espacio.
- Las guías ayudan paso a paso a resolver dudas especiales en el proceso de planificación de iluminación.

Los puntos más destacados en su funcionamiento son:

- La evaluación energética conforme a la DIN V 18599 y EN 15899 se genera en paralelo, y es útil para la justificación energética.
- Incorporación de objetos 3D al proyecto de iluminación.

- Importación y exportación de archivos .dwg y .dxf incluyendo los resultados tras finalizar con éxito un proyecto de iluminación.
- Alumbrado de emergencia conforme a la EN 1838. Colocación del número apropiado de luminarias.

3.3.8 MATLAB.

Matlab es un entorno de computación y desarrollo de aplicaciones totalmente integrado orientado para llevar a cabo proyectos en donde se encuentren implicados elevados cálculos matemáticos y la visualización gráfica de los mismos. Las aplicaciones típicas que incluye Matlab son:

- Matemáticas y Computación.
- El desarrollo de algoritmos.
- Adquisición de datos.
- Modelado, simulación y creación de prototipos.
- Análisis de datos, exploración y visualización
- Gráficos para Ingeniería y Científicos.
- Desarrollo de aplicaciones, incluyendo la construcción de interfaz gráfica de usuario.

En la tabla 3.7 se muestra un listado de los *toolboxes* que tiene Matlab y sus diferentes áreas de aplicación de los mismos.

ÁREAS DE APLICACIÓN	TOOLBOXES
Matemáticas y Optimización	<ul style="list-style-type: none"> • Optimization Toolbox. • Symbolic Math Toolbox. • Partial Differential Equation Toolbox. • Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox. • Statistics Toolbox.
Diseño y Análisis de Sistemas de Control	<ul style="list-style-type: none"> • Control System Toolbox. • System Identification Toolbox. • Fuzzy Logic Toolbox. • Robust Control Toolbox. • Model Predictive Control Toolbox. • Aerospace Toolbox.
Procesamiento de Señales y Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Signal Processing Toolbox. • Communications Toolbox. • Filter Design Toolbox. • Filter Design HDL Coder. • Wavelet Toolbox. • Fixed-Point Toolbox. • RF Toolbox.
Procesamiento de Imágenes	<ul style="list-style-type: none"> • Image Processing Toolbox. • Image Acquisition Toolbox. • Mapping Toolbox.
Prueba y Medición	<ul style="list-style-type: none"> • Data Acquisition Toolbox. • Instrument Control Toolbox. • Image Acquisition Toolbox. • SystemTest. • OPC Toolbox. • Vehicle Network Toolbox.
Biología	<ul style="list-style-type: none"> • Bioinformatics Toolbox. • SimBiology.
Finanzas	<ul style="list-style-type: none"> • Financial Toolbox. • Financial Derivatives Toolbox. • Datafeed Toolbox. • Fixed-Income Toolbox. • Econometrics Toolbox.

Tabla 3.7: Toolboxes y áreas de aplicación en Matlab.

3.3.9 LABVIEW.

La programación gráfica de LabVIEW ha revolucionado el desarrollo de aplicaciones de pruebas, medidas y control. Desde adquirir datos con hardware de medida a desplegar un diseño embebido hasta automatizar un sistema de pruebas de producción, LabVIEW proporciona una solución rápida y rentable.

Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como:

- Adquisición de datos y análisis matemático.
- Comunicación y control de instrumentos de cualquier fabricante.
- Automatización industrial y programación de PACs (Controlador de Automatización Programable).
- Diseño de controladores: simulación, prototipaje rápido y validación.
- Diseño embebido de micros y chips.
- Control y supervisión de procesos.
- Visión artificial y control de movimiento.
- Robótica.
- Domótica y redes de sensores inalámbricos.

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer programas relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales.

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones (puerto serie, puerto paralelo, TCP/IP, Bluetooth, USB, etc.)
- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones (ActiveX, Multisim, Matlab, Simulink, Auto CAD, etc.)
- Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
- Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- Adquisición y tratamiento de imágenes.
- Control de movimiento.
- Tiempo Real.

- Programación de FPGAs para control o validación.
- Sincronización entre dispositivos.

3.3.10 MPLAB

MPLAB es un software gratuito, creado por la empresa Microchip, el cual junto con un emulador y un programador de los múltiples que existen en el mercado, forman un conjunto de herramientas de desarrollo muy completo para el trabajo y diseño con los microcontroladores PIC desarrollados y fabricados por esta empresa.

Entre las características del programa están las siguientes:

- Incorpora todas las utilidades necesarias para la realización de cualquier proyecto.
- Permite editar el archivo fuente en lenguaje ensamblador de un proyecto, además de ensamblarlo y simularlo en pantalla.
- Depurador de código fuente (muestra las instrucciones en ensamblador conforme las va ejecutando) que permite la ejecución paso a paso, por rutina y puntos de ruptura.
- El programa es completamente interactivo, lo que nos permite modificar cualquier registro o localidad de memoria en cualquier momento.

3.3.11 MICROCODE

MicroCode Studio es un Entorno de Desarrollo Integrado visual (IDE) con la Depuración de Circuito (ICD), tiene la capacidad de diseño específicamente para el compilador PICBASIC PRO. Entre algunas características principales se encuentran las siguientes:

- Resaltado de sintaxis del código fuente.
- Saltar rápidamente para incluir archivos, los símbolos, las variables y etiquetas usando la ventana del explorador de código.
- Identificar y corregir errores de compilación y ensamblador.
- Visualizador de comunicación serial del microcontrolador.
- Ayuda sensible al contexto.
- Soporte para MPASM.

El compilador PICBASIC PRO es una manera fácil para programar los microcontroladores PIC. PICBASIC PRO convierte los programas BASIC en archivos que pueden ser programados directamente en un microcontrolador PIC.

Soporta más de 300 de los microcontroladores PIC de Microchip, incluyendo los lanzamientos más recientes. Desde el pequeño, de bajo costo de 6 pines a los de 100 pines. PBP le permite elegir el microcontrolador que mejor se adapte a su aplicación.

3.3.12 MIKROBASIC

Este compilador es traído gracias a la empresa mikroElektronika, misma que distribuye una serie de compiladores entre los que destacan el ya antes mencionado mikroBasic y mikroC.

Entre las características más destacadas de estos compiladores tenemos:

- Inclusión de IDE que para facilitar la programación, resalta la sintaxis del lenguaje, proporciona acceso rápido a la ayuda incluida, presenta estadísticas sobre el uso de recursos del micro controlador, entre otras ventajas más.
- MikroElektronika permite descargar una versión gratuita del compilador para ser probado, aunque este demo está limitado en la generación de código a 2Kb, esta cantidad resulta más que suficiente para pequeños proyectos y para personas que desee aprender poco a poco.
- MikroBasic soporta muchos modelos de PICs, ya que dependiendo del PIC que vayamos a programar existe una versión creada para abarcar la mayoría de PICs de la misma familia.
- MikroBasic dispone de un extenso grupo de librerías, que están distribuidas en comunicaciones RS-232, RS-485 e I2C; así también como teclados PS/2, conexiones USB, interfaz para LCD, biblioteca CAN, Ethernet PIC18FxxJ60, librería de sonido, librería trigonométrica, y muchas más.

3.3.13 INTOUCH

El software InTouch ofrece funciones de visualización gráfica que llevan sus capacidades de gestión de operaciones, control y optimización a un nivel

completamente nuevo. Aquello que ahora se conoce en la industria como HMI (Human Machine Interface) comenzó hace más de veinte años con el software.

Esto se traduce en sistemas basados en estándares que permiten incrementar al máximo la productividad, optimizar la efectividad del usuario, mejorar la calidad y reducir los costos operacionales, de desarrollo y de mantenimiento.

Las características de este software son las siguientes:

Facilidad de uso que le permite a desarrolladores y operarios ser más productivos de manera simple y rápida.

- Gran integración de dispositivos y conectividad a prácticamente todos los dispositivos y sistemas.
- Sus capacidades de representación gráfica y la interacción con sus operaciones permiten entregar la información correcta a las personas correctas en el momento correcto.
- Migración de versiones de software sin interrupción, lo que significa que la inversión en sus aplicaciones HMI está protegida.
- Gráficos de resolución independiente y símbolos inteligentes que visualmente dan vida a su instalación directamente en la pantalla de su computadora.
- Sofisticado sistema de scripting para extender y personalizar aplicaciones en función de sus necesidades específicas.
- Alarmas distribuidas en tiempo real con visualización histórica para su análisis.
- Graficación de tendencias históricas integrada y en tiempo real.
- Integración con controles Microsoft ActiveX y controles .NET
- Librería extensible con más de 500 de objetos y gráficos prediseñados, inteligentes y personalizables.

3.3.14 LABVIEW DSC MODULE

Utilizando LabVIEW y el módulo Datalogging and Supervisory Control, se podrá desarrollar aplicaciones de monitoreo, control supervisorio y registro de datos de tipo

SCADA/HMI para una gran cantidad de señales de entrada y salida de uno o más controladores. A través de una herramienta de fácil uso, el programador puede simplemente diseñar la interfaz humano-máquina (HMI) de su preferencia (colocando los objetos gráficos en el panel frontal de LabVIEW) y configurar las señales de E/S.

Con el Módulo DSC de LabVIEW, se puede extender una aplicación de LabVIEW para ver datos históricos y en tiempo real, configurar alarmas y eventos, establecer seguridad a las aplicaciones, conectar fácilmente en red dispositivos en tiempo real y OPC de LabVIEW, juntos en un sistema completo, registrando datos de manera eficiente a una base de datos histórica y distribuida. El Módulo DSC de LabVIEW también contiene asistentes intuitivos y cajas de dialogo para ayudar a desarrollar aplicaciones más rápido y mejor.

Entre algunas características principales se pueden mencionar las siguientes:

- Desarrollo gráfico para monitoreo y control distribuido.
- Seguridad para aplicaciones a nivel de usuario.
- Tendencia histórica y de tiempo real.
- Red integrada para compartir datos e integrar dispositivos de terceros.
- Base datos en red para registro de datos distribuido.
- Alarmas y eventos basados en configuración.

3.3.15 POWER WORLD SIMULATOR

PowerWorld Simulator es un paquete interactivo de simulación de sistemas de potencia diseñado para simular la operación de sistemas de potencia de alta tensión en intervalos que van desde algunos minutos hasta varios días. El programa contiene un paquete de análisis altamente eficiente capaz de solucionar sistemas de hasta 100,000 barras. Las características más importantes son:

- Compatibilidad.
- Capacidad de Modelado.
- Sensitvidades.
- Diagramas Interactivos y Animados.

- Herramientas de Creación y Modificación Automáticas de Diagramas.
- Análisis de Contingencias.
- Control de Generación de Área (AGC).
- Diferencia de Flujos.
- Contorneo de Diagramas.
- Comandos Script.
- Soporte al Cliente.

3.3.16 DIgSILENT PowerFactory

Es una herramienta para aplicaciones en generación, transmisión, distribución y sistemas industriales. Integra todas las funciones, es fácil de utilizar, totalmente compatible con Windows y combina una serie de capacidades de modelado confiable y flexible del sistema con algoritmos innovadores y un concepto de base de datos única.

Permite realizar flujos de carga balanceados y desbalanceados, análisis de fallas, armónicos, barrido de frecuencia, estabilidad, Simulaciones electromagnéticas (EMT) para tres, dos y una fase en sistemas de CA y CD, simulación y coordinación de protecciones, confiabilidad en distribución, transmisión y generación, análisis de pequeñas señales, estabilidad de voltaje estática y dinámica, despacho de potencia activa y reactiva, estimación de estado, ubicación óptima de capacitores, selección de cables, interfaces para la integración de GIS y SCADA, compatibilidad con PSS/E.

DIgSILENT incorpora una lista de funciones de simulación que incluye:

- Flujos de carga y Análisis de fallas de una red con una representación completa en CA y CD.
- Optimización de redes de distribución.
- Dimensionamiento de cables según IEC.
- Simulación Dinámica.
- Simulación electromagnética (EMT).
- Análisis del comportamiento de protecciones.
- Análisis armónico.
- Análisis de confiabilidad.

- Análisis de estabilidad de voltaje.
- Análisis de contingencias.
- Modelado de dispositivos de electrónica de potencia.
- Interfaz para SCADA/GIS/NIS.
- Compatibilidad con otros programas como PSS/E y PSS/U.
- Base de datos multi-usuarios.
- Herramientas avanzadas: Flujos óptimos de potencia.

CAPITULO 4

DISEÑO Y ANÁLISIS TÉCNICO

4.1 Equipos y Software para el montaje del Laboratorio.

4.1.1 Equipos para el Laboratorio.

Como se ha visto en los capítulos anteriores, la necesidad de un laboratorio de Procesamiento de Señales y Simulación es de gran importancia para la Universidad Politécnica Salesiana; no solo para la carrera de Ingeniería Electrónica, sino también para la de Ingeniería Eléctrica.

Más adelante se verá la utilización de dicho laboratorio para el resto de carreras de ingeniería que cuenta la Universidad, ya que existen materias afines al procesamiento de señales en las carreras como Ingeniería Mecánica, Ingeniería en Sistemas, etc.

La elección de los equipos y software más óptimos para el montaje del laboratorio, se lo hará en base a las necesidades de las mallas curriculares, características y costos de los mismos. A continuación se lista las necesidades principales que pudimos extraer del análisis del capítulo II:

- Reducir espacio físico que ocupan equipos e instrumentos.
- Reducir tiempo en la elaboración de prácticas.
- Trabajar con señales reales y simuladas.
- Dedicar más tiempo en analizar un fenómeno, en vez de la construcción física de proyectos.
- Realizar procesamiento de señales reales y simuladas en un computador.
- Realizar aplicaciones en sistemas embebidos y en tiempo real.
- Trabajar con Instrumentación Virtual.
- Desarrollar aplicaciones prácticas en el área de las Telecomunicaciones.

Se ha realizado una búsqueda de empresas proveedoras de equipos que puedan abarcar la mayor cantidad de necesidades. De muchas empresas que ofrecen equipos para laboratorios, se ha podido encontrar dos principales empresas como son Lab-Volt y National Instruments, las cuales tienen a su disposición equipos con estas características.

En lo que respecta a reducción de espacio físico, para la realización de una práctica, actualmente en la Universidad se requiere la utilización de muchos equipos e instrumentos, lo cual abarca mucho espacio físico, como se puede apreciar en la figura 4.1.

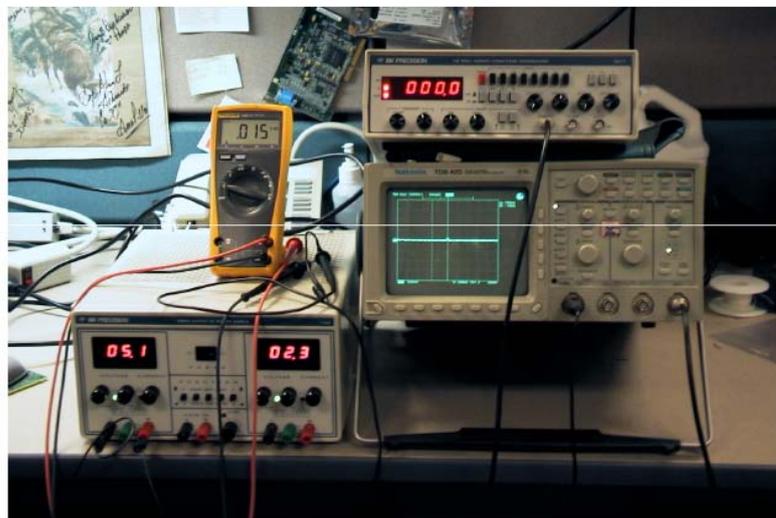


Figura 4.1: *Equipos necesarios para la realización de una práctica.*

Esto requiere además del espacio físico, mucho tiempo en el armado de dichas prácticas y existe gran probabilidad de cometer errores en las conexiones en dichos equipos. Además que no todos los instrumentos de medida en los laboratorios están en óptimas condiciones, por lo que se resta tiempo en la búsqueda de otro instrumento confiable.

Si eligiéramos equipos Lab-Volt, obtendríamos algo parecido a la figura 4.2, donde tenemos un modulo de instrumentos virtuales, el equipo FACET y un ordenador.



Figura 4.2: *Equipos Lab-Volt para montaje de laboratorio.*

En el caso de trabajar con equipos National Instruments, se requeriría del NI ELVIS II y un computador para trabajar con el mismo. Por la extensa aplicabilidad de este equipo, se puede decir que este es el que tiene mayor aplicación en un espacio menor. En la figura 4.3 se puede apreciar los equipos que se necesitan.



Figura 4.3: *Equipos National Instruments para montaje de laboratorio.*

Para poder trabajar con señales reales de nuestro entorno físico, se requiere en primer lugar, sensores y transductores, los cuales convierten nuestro fenómeno físico en una señal eléctrica. La Universidad debería adquirir diversos tipos de sensores para diversas aplicaciones, así el estudiante además de conocer que sensores existen en el mercado, puede conocer su funcionamiento y aplicación.

Una vez que ya tengamos nuestra señal real, se requiere de un módulo de adquisición de señales para poder trabajar o procesar las mismas en un computador. Lab-Volt cuenta con el equipo de Instrumentación Virtual Modelo 1250, el cual puede adquirir señales y llevarlas hacia el computador; pero solo para medir y visualizar las mismas.

National Instruments, con el equipo NI ELVIS II, se tiene un modulo de Adquisición con 16 entradas analógicas de una sola terminal de 16 bits, con una velocidad máxima de muestreo de 1.25 MS/s, dos salidas analógicas de 16 bits (2.8 MS/s), 24 E/S digitales y dos contadores de 32 bits. Con este equipo, nosotros además de tener dicho módulo de adquisición de señales, podemos realizar un sin número de aplicaciones en la PC con la ayuda del software LabView y Multisim. Esta empresa, además de proporcionar el ELVIS II, tiene a su disposición una gama extensa de tarjetas de Adquisición de Datos, las cuales se dedican exclusivamente a dicha función, y lo que se requiere en nuestro laboratorio no es solo adquisición, sino también un conjunto de instrumentación virtual y una estación de trabajo.

Una de las necesidades principales es la de reducir el tiempo en la elaboración de física de un proyecto, ya que en muchos de ellos se necesita una etapa de adquisición de datos y manejarlos desde el computador, además de que generalmente se tienen muchos errores en la adecuación y funcionamiento de la misma; por lo que se dedica más tiempo en prueba y falla de hardware, que en entender el fenómeno que se está controlando o manejando; siendo esto el objetivo principal de un proyecto. Los equipos Lab-Volt están dedicados exclusivamente al aprendizaje, mas no al desarrollo de proyectos o aplicaciones; mientras que los equipos de National Instruments tienen la facilidad de aplicarlos en cualquier tipo de proyecto, ya que son totalmente compatibles con el software LabView de la misma empresa y pueden ser utilizados con otros software de uso comercial que manejen comunicaciones con distintos tipos de puertos, como es el caso del puerto USB que maneja NI ELVIS II.

Para el procesamiento de señales, Lab-Volt cuenta con un modulo de DSP, el cual se dedica exclusivamente al procesamiento digital; en cambio con NI ELVIS II, al transferir nuestra señal al computador, se puede aplicar cualquier tipo de técnica de procesamiento, utilizando el procesador del computador.

National Instruments ofrece el equipo NI sb-RIO, el cual es un sistema *embedded* en el cual se puede realizar aplicaciones en tiempo real, gracias a su facilidad de programación gráfica con LabView; pudiendo así realizar aplicaciones de DSP. Lab-Volt cuenta con distintos tipos de módulos de uso exclusivo de enseñanza, por lo cual no es factible su adquisición.

Como ya se ha mencionado anteriormente, una de las características principales de nuestro laboratorio es el de minimizar el espacio físico de los instrumentos, por lo cual, una de las maneras más factibles de resolver esto es mediante la Instrumentación Virtual, la cual es la medición de los fenómenos físicos representados en una señal eléctrica mediante un ordenador.

En la tabla 4.1, se muestra una tabla comparativa de las características que tienen los instrumentos virtuales, tanto de la empresa Lab-Volt, como National Instruments; donde se puede apreciar que el modelo 1250 consta de 5 instrumentos virtuales, mientras que NI ELVIS II+ tiene 12 instrumentos. El equipo NI ELVIS II+ presenta mayores ventajas en sus características con respecto al modelo 1250 de Lab-Volt; por lo cual se puede concluir que el equipo de National Instruments es el más óptimo para Instrumentación Virtual.

En base a el análisis de las características y de los equipos que brindan las dos empresas, podemos mencionar que los equipos de National Instruments (NI ELVIS II+ y NI sbRIO) son los más óptimos para la implementación en el laboratorio de Procesamiento de Señales, ya que cumple con las necesidades que se presentaron anteriormente. Además, el costo aproximado de los equipos Lab-Volt para un puesto de trabajo es de \$35000,00; mientras que los de National Instruments suman aproximadamente \$9000,00. Estos costos fueron obtenidos por comunicación directa con los distribuidores autorizados en Ecuador.

Para las Telecomunicaciones, es de gran utilidad un equipo de adquisición de datos de alta velocidad, para aplicaciones en radio frecuencia. Un equipo de características óptimas para este uso es el PXI de National Instruments, el cual consta de un modulo de recepción y otro de generación de señales hasta los 6.6 GHz.

Instrumentos	Lab-Volt Modelo 1250	National Instruments NI ELVIS II+
Multímetro	Voltaje (CC, AC) Corriente (CC, AC) Resistencia Frecuencia	Voltaje (CC, AC) Corriente (CC, AC) Resistencia Capacitancia Inductancia Diodo Continuidad
Osciloscopio	2 canales, 50 MS/s	2 canales, 100 MS/s
Generador de Funciones	1 canal, de 0.01 Hz a 2 MHz Señales sinusoidales, cuadradas y triangulares. Amplitud de salida 0-20V	1 canal, de 0.186 Hz a 5 MHz Señales sinusoidales, cuadradas y triangulares. Amplitud de salida 0-10V
Analizador de Espectros	Frecuencia máxima 25 MHz	Frecuencia máxima 50 MHz (DSA)
Grabadora de Transitorios	De 0.01 a 300s	Aplicable con LabView
Generador de Onda Arbitraria	No aplica	2 canales, 2.8 MS/s
Analizador de Bode	No aplica	1 Hz a 5 MHz
Analizador Voltaje-Corriente de 2 hilos	No aplica	$\pm 10V$, $\pm 40mA$
Analizador Voltaje-Corriente de 3 hilos	No aplica	$\pm 10V$, $\pm 40mA$
Analizador de Impedancia	No aplica	1 Hz a 35kHz
Fuente Variable	No aplica	0V a $\pm 12V$, 500mA
Lectura Digital	No aplica	24 bits
Escritura Digital	No aplica	24 bits

Tabla 4.1: Características de los Instrumentos Virtuales de Lab-Volt y National Instruments.

La adquisición de este equipo conlleva una gran inversión (aproximadamente \$100000,00); sin embargo se justifica ya que es de mucha ayuda para la experimentación con señales reales de nuestro entorno, como también es un buen soporte para la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de las Telecomunicaciones.

4.1.2 Software para el Laboratorio.

En base a las necesidades listadas en el capítulo II, y a las características de los software más utilizados en nuestro medio, mencionadas en el capítulo III, se tomará la decisión del software más adecuado para cada grupo de materias.

- ***CIRCUITOS ELÉCTRICOS I y II, ELECTRÓNICA ANALÓGICA I y II, ELECTRÓNICA DIGITAL.***

Para este grupo de materias se ha elegido como software de simulación el NI Circuit Design Suite, ya que posee una interfaz amigable con el usuario, además de su fácil uso y un gran número de análisis SPICE. Este software tiene la ventaja de ser totalmente compatible con NI LabView y NI ELVIS II+, y de esta manera tiene una gran aplicabilidad con Instrumentos Virtuales y aplicaciones prácticas con los equipos de National Instruments. Por su amplia librería de componentes (alrededor de los 14697 elementos) se pueden realizar simulaciones en todo ámbito de la ingeniería electrónica.

- ***INSTALACIONES CIVILES, INSTALACIONES INDUSTRIALES, AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL I y II.***

El software más óptimo para estas materias es el Automation Studio, el cual cubre en su totalidad las cuatro materias. Teniendo una interfaz amigable con el usuario, una simulación dinámica, realista y visual para el mejor entendimiento; además de la compatibilidad de trabajar con PLCs más comunes en el campo industrial, como son Siemens y Allen Bradley. Incorpora una gran cantidad de elementos en sus librerías para aplicaciones en todo ámbito de la automatización industrial.

Otro software recomendable para Instalaciones Civiles es Dialux, el cual es un software libre para aplicaciones de luminotecnia, en lo referente a proyectos de

iluminación de interiores y exteriores, visualización en 3D y gran número de componentes de las marcas más usadas en el entorno.

- ***SEÑALES Y SISTEMAS.***

Al ser una materia netamente teórica, es recomendable el uso de Matlab, ya que se necesita la comprensión de los procesos matemáticos de las señales; en cambio LabView es un software enfocado a la aplicación, el cual simplifica los pasos de los procesos y no es un programa dedicado netamente a la simulación.

- ***SISTEMAS MICROPROCESADOS I Y II.***

Estas materias necesitan el uso de software para la programación y simulación de microcontroladores. Para la programación se ha optado por MPLAB, que es un software libre de programación en bajo nivel. Para la programación en alto nivel, se optó por MicroBasic, el cual presenta grandes ventajas frente a los otros programas ya que cuenta con un gran número de librerías para diferentes aplicaciones con periféricos, además de su fácil uso y programación Basic. Para la simulación, el software necesario es PROTEUS, ya que con este se puede armar el circuito y simularlo antes de grabarlo físicamente en el microcontrolador, disminuyendo así el tiempo de desarrollo de prácticas.

- ***TEORÍA DE CONTROL I, II, III y DSP.***

Para estas materias es factible el uso de Matlab como también de LabView. Matlab para el aprendizaje de los conceptos teóricos, y LabView para la utilización de herramientas en la aplicación práctica, ya que con este software se disminuye en gran medida el tiempo de implementación, pudiendo así realizar un mayor número de prácticas en el transcurso de las cátedras. Además se puede usar con productos de National Instruments, como el caso de NI ELVIS II+ y NI sbRIO, gracias a su total compatibilidad y aplicabilidad en el desarrollo de aplicaciones prácticas y de investigación.

- ***COMUNICACIONES, COMUNICACIONES DIGITALES, PROPAGACIÓN, REDES INALÁMBRICAS, TALLER DE COMUNICACIONES.***

Para estas materias el software más recomendable es LabView, ya que el mismo incorpora un *toolkit* dedicado a la modulación analógica y digital de señales; además que en este grupo de materias existe la necesidad de realizar aplicaciones prácticas, con lo cual la compatibilidad con el equipo PXI es de gran ayuda en el análisis de señales reales y en la realización de proyectos investigativos.

- ***INSTRUMENTACIÓN y COMUNICACIONES I.***

Para la Instrumentación y el manejo de puertos en el computador, LabView es la mejor opción en el mercado, ya que es un software dedicado exclusivamente para esta finalidad, por su fácil programación ayuda al estudiante a utilizar de mejor manera las herramientas para el desarrollo de prácticas y simulaciones.

- ***FORMÁTICA INDUSTRIAL y COMUNICACIONES II.***

El software más recomendable es el uso de LabView DSC, el cual nos permite la simulación e implementación de sistemas SCADA, con fácil programación y entorno gráfico amigable para el usuario; además que otros programas como INTOUCH, que presenta mayores ventajas en el campo industrial, son de alto costo; por lo que no es factible adquirirlo en la Universidad, la cual tiene objetivos educativos.

- ***TEORÍA DEL DISEÑO.***

Para esta materia el software más óptimo, tanto para la educación como también para el campo profesional es Altium Designer, ya que es un programa creado exclusivamente para el diseño de circuitos impresos, por sus altas prestaciones y la capacidad de creación de componentes personalizados; así como también herramientas de multicapa y de montaje superficial.

- ***ELECTROMEDICINA III.***

El objetivo en esta materia es la comprensión del comportamiento del cuerpo humano, por lo cual se requiere de un software destinado a la instrumentación virtual y al procesamiento de señales; por lo que LabView es la mejor opción por su variedad de herramientas destinadas a estos fines.

- ***INTELIGENCIA ARTIFICIAL I Y II.***

Para la simulación en estas materias es totalmente recomendable el uso de Matlab, ya que el mismo tiene las herramientas para la simulación y el aprendizaje de sistemas inteligentes. Para la aplicación en control difuso, es de gran ayuda la utilización de LabView, ya que es compatible con NI sbRIO, pudiendo así desarrollar aplicaciones prácticas de estos conceptos.

- ***ROBÓTICA MOVIL E INDUSTRIAL y ROBÓTICA.***

Mediante el uso de Simulink, se puede simular los diversos tipos de movimientos cinemáticos y trayectorias que puede tener el diseño de un robot. Para la realización de proyectos, es recomendable el uso de LabView Robotics y de NI sbRIO, ya que cuentan con las herramientas necesarias para una fácil programación e implementación de diversos tipos de mecanismos, y así reducir el tiempo en la elaboración y programación de hardware.

- ***VISIÓN ARTIFICIAL.***

Para esta materia el software más recomendable es LabView, ya que cuenta con un *toolkit* para el tratamiento de imágenes, como así también la compatibilidad con diversos tipos de cámaras. Una gran ventaja con respecto a Matlab es el tiempo de programación, ya que LabView es un software de programación gráfica y contiene todas las herramientas listas para ser utilizadas.

- **SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA I, II Y III.**

Después de haber analizado las características de los programas POWER WORLD SIMULATOR y DIgSILENT, se puede llegar a la conclusión de que DIgSILENT es el software más óptimo para la simulación de sistemas de potencia, tanto para sistemas balanceados como también desbalanceados, completa integración con GIS y SCADA, análisis de contingencias, análisis de armónicos y protecciones. El costo aproximado de la licencia ilimitada para 11 usuarios es de \$24000,00, lo cual es un costo elevado para la Universidad, sin embargo se podría adquirir la versión estudiantil con un límite de 50 barras y 25 usuarios por el coste de \$180,00. También es necesario la versión demo de POWER WORLD SIMULATOR, que es completamente gratuita con un límite de 12 barras, con lo cual se puede mandar al estudiante a realizar simulaciones en casa.

4.2 Características Técnicas de los Equipos a Considerar.

A continuación se detalla todas las características técnicas de los equipos NI ELVIS II+, NI sBRIO y PXI para poder así apreciar sus capacidades y analizar su alcance en aplicación y uso.

4.2.1 NI ELVIS II+.

Las características técnicas del equipo NI ELVIS II+ se detallan a continuación:

- **Entradas Analógicas**
 - 8 canales diferenciales o 16 de un solo terminal.
 - ADC de 16 bits de resolución.
 - Tasa máxima de muestreo de 1.25 MS/s en canal simple y 1 MS/s en multicanal.
 - Rango de Voltaje de entrada ± 10 , ± 5 , ± 2 , ± 1 , ± 0.5 , ± 0.2 , y ± 0.1 V.
 - Máximo Voltaje de entrada ± 11 V para AIGND.
 - Impedancia de entrada con el dispositivo encendido, entre AI+ ó AI- a AIGND es mayor a $10G\Omega$, $100pF$.
 - Impedancia de entrada con el dispositivo apagado, entre AI+ ó AI- a AIGND es de 820Ω .
 - Ancho de Banda (-3dB) es de 1.2 MHz

- **Triggers Analógicos**
 - 1 Trigger Analógico.
 - Fuente desde AI0 a AI15.
 - Funciones: Start Trigger, Reference Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Convert Clock, Convert Clock, Sample Clock Timebase.
 - Nivel de fuente: \pm Full Escala.
 - 10 bits de Resolución.
 - Modos: Analog edge triggering, analog edge triggering with hysteresis, and analog window triggering.
- **Generador de Forma de Onda Arbitraria/ Salidas Analógicas.**
 - 2 Canales.
 - DAC de 16 bits de Resolución.
 - Máxima Tasa de Actualización: 2.8 MS/s en 1 canal, 2.0 MS/s en 2 canales.
 - Tiempo de Resolución 50ns.
 - Voltaje de Salida ± 10 V, ± 5 V.
 - Slew Rate 20 V/ μ s.
- **Digital I/O y PFI**
 - 24 DIO y 15 PFI.
 - Cada línea es individualmente programable como ingreso o salida.
 - Resistencia Pull-down 50k Ω típica, 20k Ω mínima.
- **Contadores/Timers de Propósito General.**
 - 2 Contadores/Timers.
 - 32 bits de Resolución.
 - Mediciones del Contador: Conteo de flancos, Pulsos, Semiperiodos, Periodos, Separación entre dos flancos.
 - Posición de Medición: X1, X2, X4 codificación de cuadratura con Canal Z; codificación de dos pulsos.
 - Aplicaciones de Salida: Pulso, tren de Pulsos con actualización dinámica, división de Frecuencia, muestreo de tiempo equivalente.
 - Frecuencia base del reloj externo de 0 a 20 MHz
 - Precisión del reloj 50 ppm.
 - Frecuencia máxima 1 MHz

- Entradas: Gate, source HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down.
- **Generador de Frecuencia.**
 - 1 Canal.
 - Reloj de Referencia 10 MHz, 100 kHz.
 - De 1 a 16 Divisores.
 - Frecuencia Máxima 1 MHz
 - Precisión del reloj de referencia 50 ppm.
- **Triggers Digitales Externos.**
 - Fuente: TRIG BNC o algún PFI.
 - Funciones de entrada Analógica: Start trigger, reference trigger, pause trigger, sample clock, convert clock, sample clock timebase.
 - Funciones de salida Analógica: Start trigger, pause trigger, sample clock, sample clock timebase.
 - Funciones del Contador/timer: Gate, source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down.
- **Multímetro Digital (DMM).**
 - Funciones Aisladas: Voltaje DC-AC, Corriente AC-DC, Resistencia, Diodo.
 - Nivel Aislado de 60 VDC/20 Vrms.
 - 5 dígitos de resolución.
 - Impedancia de Ingreso 11M Ω .
 - Funciones no Aisladas: Capacitancia, Inductancia.
- **Medidas de Voltaje.**
 - Rangos DC: 100 mV, 1 V, 10 V, 60 V.
 - Rangos AC: 200 mVrms, 2 Vrms, 20 Vrms.
- **Medidas de Corriente.**
 - Rango DC: 2A.
 - Rangos AC: 500 mA_{rms}, 2 A_{rms}.
 - Resistencia Shunt de 0.1 Ω .
 - Carga de Tensión <0.6V.
 - Fusible de protección reemplazable de 5.15A a 250V.
- **Medidas de Resistencia.**
 - Rangos: 100 Ω , 1k Ω , 10k Ω , 100k Ω , 1M Ω , 100M Ω .

- **Medidas del Diodo.**
 - Rango 10V.
 - Corriente de test nominal de 100 μ A (10 V).
- **Medida de Capacitancia.**
 - Rango: 50 pF a 500 μ F
 - Presición del 1%.
- **Medidas de Inductancia.**
 - Rango: 100 μ H a 100 mH.
 - Presición del 1%.
- **Generador de Funciones.**
 - 1 Canal.
 - Tipo de forma de onda: Seno, Cuadrada, Triangular.
 - Rango de Frecuencia de 0.186 a 5MHz (Seno), 0.186 a 1MHz (Cuadrada y Triangular).
 - 0.186 Hz de Resolución de Frecuencia.
 - Rango de la Amplitud de la Forma de Onda de 10Vpp.
 - Resolución de la Amplitud de la Forma de Onda de 10 bits.
 - Precisión de la Amplitud de la Forma de Onda de 1% \pm 15 mV.
 - Rango de offset de \pm 5 V.
 - Rango del Duty Cycle de 0 al 100%.
 - Impedancia de Salida de 50 Ω .
 - Corriente Máxima de Salida de 100mA.
- **Modulación.**
 - 2 Ingresos (AM y FM).
 - Rango de Modulación de Ingreso de \pm 10 V.
 - Factor de Modulación en Amplitud de 10%/V
 - Factor de Modulación en Frecuencia de 20%/V
- **Osciloscopio.**
 - 2 Canales.
 - Acoplamiento de entrada: AC, DC, GND.
 - Impedancia de Entrada: 1M Ω , 21pF.
 - Ancho de Banda (-3dB) 35 MHz (en el rango de 40mVpp) y 50 MHz (en todos los otros rangos).

- Filtro de Ruido Opcional de 20 MHz
- Frecuencia de Corte (-3dB) de 12 Hz
- 8 bits de Resolución.
- Tasa de Muestreo Máxima de 100 MS/s (dos canales).
- Presición en Timebase de 50 ppm.
- Memoria para la Forma de Onda de 16384 muestras por canal.
- **Analizador de Señal Dinámica.**
 - Frecuencia de Resolución controlada por software (200, 400, 800, 1600, 3200 líneas).
- **Analizador de Bode.**
 - Rango de Frecuencia de 1 Hz a 5 MHz
- **Analizador de 2 Hilos Corriente-Voltaje.**
 - Rango de Corriente ± 40 mA.
 - Rango de Barrido de Voltaje ± 10 V
- **Analizador de 3 Hilos Corriente-Voltaje.**
 - Soporta transistores NPN y PNP.
 - Mínimo incremento de corriente de base de $0.48 \mu\text{A}$.
 - Máxima corriente de Colector ± 40 mA.
 - Máximo voltaje de Colector ± 10 V.
- **Analizador de Impedancias.**
 - Rango de Medida de Frecuencia de 1 Hz a 35 kHz.
- **Fuentes de Alimentación.**
 - Fuente de +15V y -15V: tolerancia de $\pm 5\%$, 500mA de corriente máxima, protección reseteable.
 - Fuente de +5V: tolerancia de $\pm 5\%$, 2A de corriente máxima, protección reseteable.
- **Fuente de Alimentación Variable Positiva y Negativa.**
 - Voltaje de Salida de 0 a +12V y de 0 a -12V.
 - 10 bits de Resolución en cada una.
 - Precisión de voltaje sin carga de 100mV
 - Corriente de salida máxima 500mA
 - Protección de corto circuito reseteable.

- **Calibración.**
 - Tiempo de calentamiento recomendado de 15 minutos.
 - Intervalo de calibración de 1 año.
- **Comunicación.**
 - Bus de interfaz Hi-Speed USB.
- **Características Físicas.**
 - Dimensiones 34.2 cm x 28.0 cm x 7.6cm
 - Peso con protoboard de 1.9 kg (4.2 lb)
- **Características Ambientales.**
 - Temperatura de Operación de 10 a 35°C
 - Temperatura de Almacenamiento de 65°C
 - Humedad del 10 al 90% relativa no condensada.

4.2.2 NI sbRIO-9642.

Las características técnicas del equipo NI sbRIO-9642 se detallan a continuación:

- **Características de Red.**
 - Interface de Red: 10BASE-T y 100BASE-TX Ethernet.
 - Compatibilidad con IEEE 802.3
 - Tasa de Comunicación de 10 Mb/s, 100Mb/s autonegociado.
 - Distancia de cableado máxima de 100m/segmento.
- **Requisitos de Energía.**
 - Rango de Fuente de voltaje de 19 a 30V.
 - Potencia de consumo interno sin carga de 8.00W.
- **FPGA reconfigurable Xilinx Spartan-3.**
 - 46080 celdas lógicas.
 - 720 kb de RAM embebida.
- **Digital I/O de 3.3V**
 - 110 canales.
 - 3mA de corriente máxima por canal.
 - Voltaje de Salida Alto: 2.7V mínimo, 3.3V máximo.
 - Voltaje de Salida Bajo: 0.07V mínimo, 0.54V máximo.
 - Voltaje de Entrada Alto: 2.0V mínimo, 5.25V máximo.

- Voltaje de Entrada Bajo: 0V mínimo, 0.8V máximo.
- **Entradas Analógicas.**
 - 32 canales simples o 16 canales diferenciales.
 - ADC de 16 bits de resolución.
 - Tiempo de conversión de 4 μ s (250 kS/s).
 - Rango de Voltaje de entrada: ± 10 , ± 5 , ± 1 , ± 0.2 V.
- **Salidas Analógicas.**
 - 4 canales.
 - DAC de 16 bits de resolución.
 - Tiempo de Actualización (un canal) de 3 μ s.
 - Rango de Voltaje de Salida de ± 10 V.
- **Entradas Digitales de 24V.**
 - 32 canales.
 - Voltaje de Ingreso en estado Bajo ≤ 5 V.
 - Corriente de Ingreso en estado Bajo ≤ 150 μ A.
 - Voltaje de Ingreso en estado Alto ≥ 10 V.
 - Corriente de Ingreso en estado bajo ≥ 330 μ A.
- **Salidas Digitales de 24V.**
 - 32 canales.
 - Voltaje de Alimentación Externo de 6 a 35VDC.
 - Corriente de Salida por cada canal de 250mA sin disipador de calor, y 1.5A máximo con disipador externo.
- **Características Físicas.**
 - Peso de 292.0 g.
 - Dimensiones: 20.8cm x 14.2cm.
- **Características Ambientales.**
 - Temperatura de trabajo de -20 a 55°C.
 - Temperatura de Almacenamiento de -40 a 85°C.
 - Humedad de 10 a 90% relativa no condensada.

4.2.3 NI PXI para Comunicaciones.

El NI PXI propuesto se compone de los siguientes módulos:

4.2.3.1 Controlador NI PXIe-8108.

- Características Generales.
 - Procesador Intel Core 2 Duo T9400 (2.53 GHz), 1066 MHz FSB.
 - 6 MB de caché L2.
 - Single-Channel DDR2 RAM, PC2 6400 de 1 GB estándar y 4 GB máximo.
 - Disco Duro de 80 GB Serial ATA.
 - Comunicación 10/100/1000 BASE TX Ethernet.
 - GPIB (Controlador IEEE 488).
 - Puerto Serial (RS-232).
 - Puerto Paralelo.
 - 4 puertos USB (2.0).
 - Slot para ExpressCard/34.
 - Trigger PXI.
 - Sistemas Operativos: Windows 7 Profesional, Windows Vista Business.
- Características Eléctricas.

Las características eléctricas del controlador se especifican en la tabla 4.2.

Voltaje (V)	Corriente (Amps)	
	Típica	Máxima
+3.3 V	2.25 A	3 A
+5 V	1.25 A	1.8 A
+12 V	2 A	2.8 A
-12 V	0 A	0 A
+5 V Aux	0.330 A	0.400 A

Tabla 4.2: Características Eléctricas del Controlador NI PXIe-8108.

- **Características Físicas.**
 - Dimensiones: 4 slots 3U PXI Express.
 - Completamente compatible con *PXI Express Specification 1.0*
 - Peso de 0.983 kg.
- **Características Ambientales de Operación.**
 - Rango de Temperatura Ambiente de 5 a 50°C.
 - Humedad de 10 a 90% relativa no condensada.
- **Características Ambientales de Almacenamiento.**
 - Rango de temperatura Ambiente de -40 a 65°C.
 - Humedad de 5 a 95% relativa no condensada.

4.2.3.2 NI PXIe-5663.

- **Características Generales.**
 - Compatible con PXI Híbrido y con PXI Express.
 - Sistema Operativo Windows.
 - Soporte para LabView RT.
 - Disparo Analógico y Digital.
 - Reloj Externo.
 - Bus de sincronización (RTSI).
 - Dimensiones 21.6 cm x 6 cm.
 - Altura 13 cm.
 - Conector SMA Hembra para Entradas y Salidas.
- **Entrada Analógica.**
 - 1 canal.
 - 16 bits de Resolución.
 - Ancho de Banda de 50 MHz
 - Impedancia de Entrada de 50 Ω .
 - Memoria Interna de 256 MB.
 - Rango de frecuencia de 10 MHz a 6.6 GHz
 - Conversión digital a Banda Base.
 - Ruido de Fase de -105 dBc/Hz
 - Ruido de Planta a -50 dBm de -159 dBm/Hz

4.2.3.3 NI PXIe-5673.

- **Características Generales.**
 - Compatible con PXI Híbrido y con PXI Express.
 - Sistema Operativo Windows.
 - Soporte para LabView RT.
 - Disparo Analógico y Digital.
 - Reloj Externo.
 - Bus de sincronización (RTSI).
 - Dimensiones 21.6 cm x 8 cm.
 - Atura 13 cm.
 - Conector SMA Hembra y SMB Macho.
- **Salida Analógica.**
 - 1 canal.
 - 16 bits de Resolución.
 - Impedancia de Salida de 50 Ω .
 - Memoria Interna de 256 MB.
 - Rango de frecuencia de 85 Hz a 6.6 GHz
 - Ruido de Fase de -105 dBc/Hz
 - Ruido de Planta Típico a 1 GHz de -159 dBm/Hz

4.2.3.4 NI PXI-2596.

- **Características Generales.**
 - Compatible con PXI Híbrido.
 - Sistema Operativo Windows, Real-Time y Linux.
 - Soporte para LabView RT.
 - Disparo Digital.
 - Bus de sincronización (RTSI).
 - Dimensiones 16 cm x 2 cm.
 - Atura 10 cm.
 - Conector SMA Hembra para entradas y salidas.
 - Requerimiento de Corriente para Riel de +3.3V: 0.75 A
 - Requerimiento de Corriente para Riel de +5V: 0.2 A
 - Requerimiento de Corriente para Riel de +12V: 0.5 A

- Requerimiento de Corriente para Riel de -12V: 0 A
- **Características de los Conmutadores.**
 - Máximo Voltaje de Conmutación de AC de 90 Vrms.
 - Máxima Corriente de Conmutación de 1.75 Arms.
 - Máxima Corriente de Arrastre de 1.73 Arms.
 - Máxima Potencia de Conmutación de 150 W.
 - Ancho de Banda de 26.5 GHz
 - Tipo de Relé Electromecánico.
 - Rastreo de Cuenta de Relés.
 - Tasa de Muestreo de 5 ciclos/s.
 - Razón VSWR 1.2.
 - Frecuencia VSWR 3 GHz.
 - Aislamiento (Típica) de 80 dB
 - Pérdida de Inserción (Típica) de 0.2 dB.
 - Característica de Impedancia de 50 Ω .
 - 2 Bancos de Configuración de Multiplexor

4.3 Diseño del Laboratorio.

El laboratorio deberá tener la capacidad para veinte estudiantes y para un mejor aprendizaje deberán estar un máximo de dos estudiantes por puesto de trabajo; por lo cual, para el laboratorio se requieren de diez puestos de trabajo, además de un escritorio para el docente.

Los equipos a adquirir requieren el uso de un ordenador, por lo tanto se necesita un total de 10 computadoras con las características más óptimas para el correcto soporte de los equipos y software a adquirir, además de una computadora extra para el docente.

Como ya se ha visto en los capítulos anteriores, el propósito del laboratorio es la simulación y disminución del tiempo en la elaboración de prácticas; por lo que el equipo que más se adapta a estas características es el NI ELVIS II+, ya que mediante su conjunto de instrumentos virtuales, adquisición de datos y su total compatibilidad con LabView, nos ayudará en el desarrollo de prácticas y prototipos, tanto para el

aprendizaje, como también para la investigación. Por estas razones se requiere de un total de 10 NI ELVIS II+, uno por cada puesto de trabajo.

El NI sbRIO es un equipo destinado a dar soporte al desarrollo de aplicaciones prácticas y proyectos, por su característica como equipo embebido puede desarrollar cualquier tipo de aplicación que este dentro de su capacidad tanto para el control, automatización, robótica, DSP, etc. Por lo común, para el desarrollo de proyectos, los estudiantes forman grupos de un promedio de 5 personas, por lo cual la adquisición de 4 NI sbRIO-9642 es suficiente para el laboratorio.

Para las comunicaciones, el equipo a adquirir es el PXI, el cual por su elevado costo es recomendable la compra de una unidad, además que este equipo se puede conectar en red y de esta manera todos los estudiantes tendrán acceso al equipo para poder recibir o transmitir datos a altas velocidades. Este equipo, por sus capacidades, también está destinado para la investigación y el desarrollo tanto de nuevas tecnologías, como también para las comunicaciones.

A continuación en la tabla 4.3 se hace un resumen de los equipos y hardware necesarios para el laboratorio.

EQUIPOS Y MUEBLES	CANTIDAD
Escritorios de madera	11
Sillas	21
Computadoras	11
NI ELVIS II+	10
NI sbRIO 9642	4
PXI	1

Tabla 4.3: Elementos necesarios para el laboratorio.

Como se vio en el punto 4.1.2, el software necesario para el laboratorio es el siguiente, con licencias para una cantidad de 11 usuarios.

- NI Circuit Design Suit.
- Automation Studio.
- Dialux.
- Matlab.
- MPLAB.
- MicroBasic.
- Proteus.
- LabView.
- Altium Designer.
- PowerWorld Simulator.
- DigSilent.

4.4 Laboratorio Propuesto y Cumplimiento de Necesidades.

El laboratorio propuesto de Procesamiento de Señales y Simulación fue diseñado en base a las necesidades analizadas en el capítulo II, es decir los equipos y software de simulación fueron escogidos en base a las mismas; por lo tanto como se ha visto en punto 4.1, estas necesidades han sido cubiertas en su totalidad.

Es necesario tomar en cuenta de que no todos los software deberían ser instalados en la misma sala destinada para el laboratorio, ya que algunas de las materias solo tienen la necesidad de simulación; por lo tanto estas materias no requieren del uso de los equipos mencionados en este proyecto y deberían ser impartidas en otras salas destinadas a sus respectivos propósitos.

A continuación en las figuras 4.4 y 4.5 se muestra los grupos de materias que cubre el laboratorio de Procesamiento de Señales y Simulación (PSS) tanto para ingeniería Eléctrica como para Electrónica, en la cuales se identifican las materias que requieren el uso de los equipos como también los que solo necesitan de simulación.

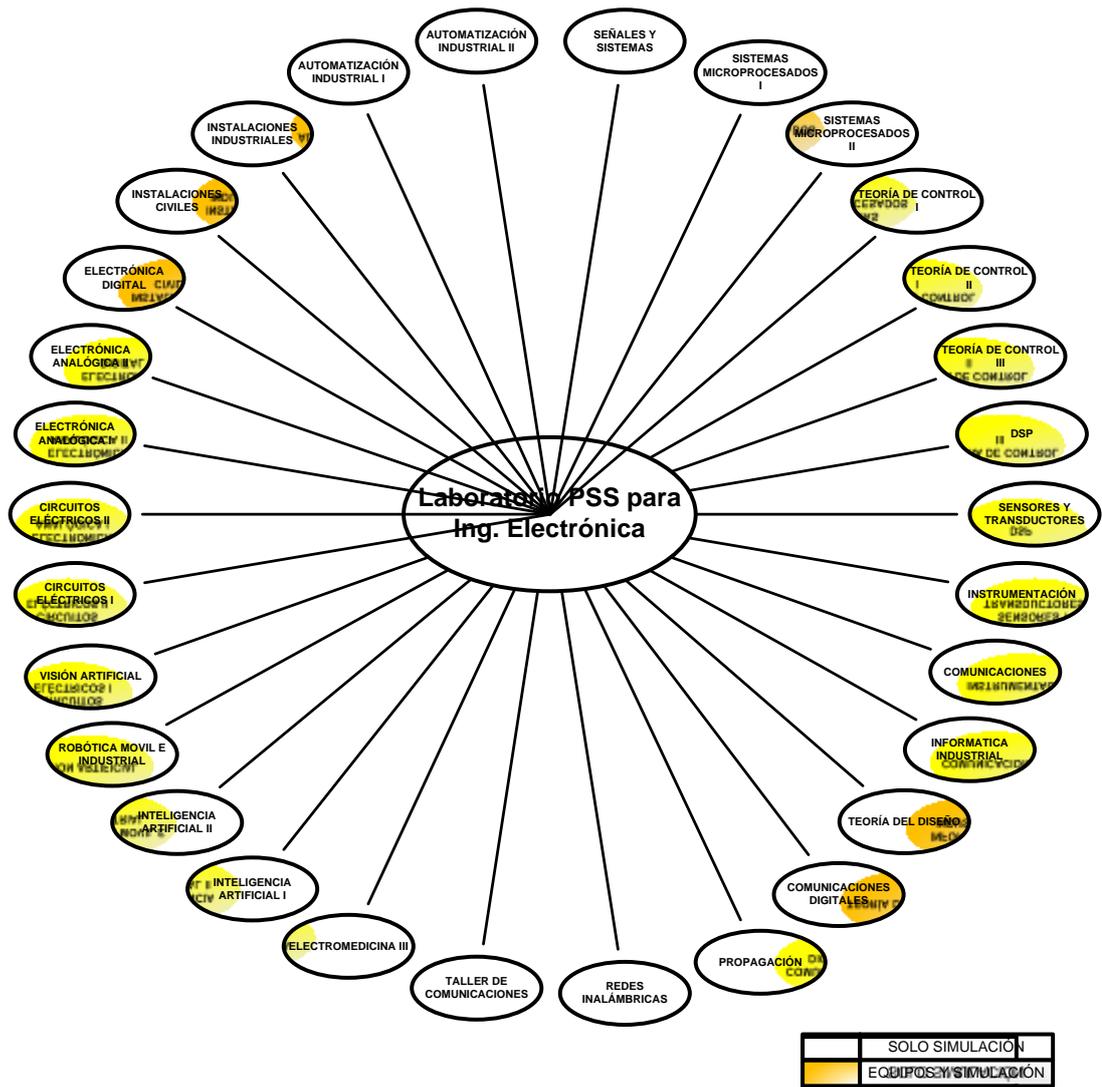


Figura 4.4: Materias de Ingeniería Electrónica que cubre el laboratorio PSS.

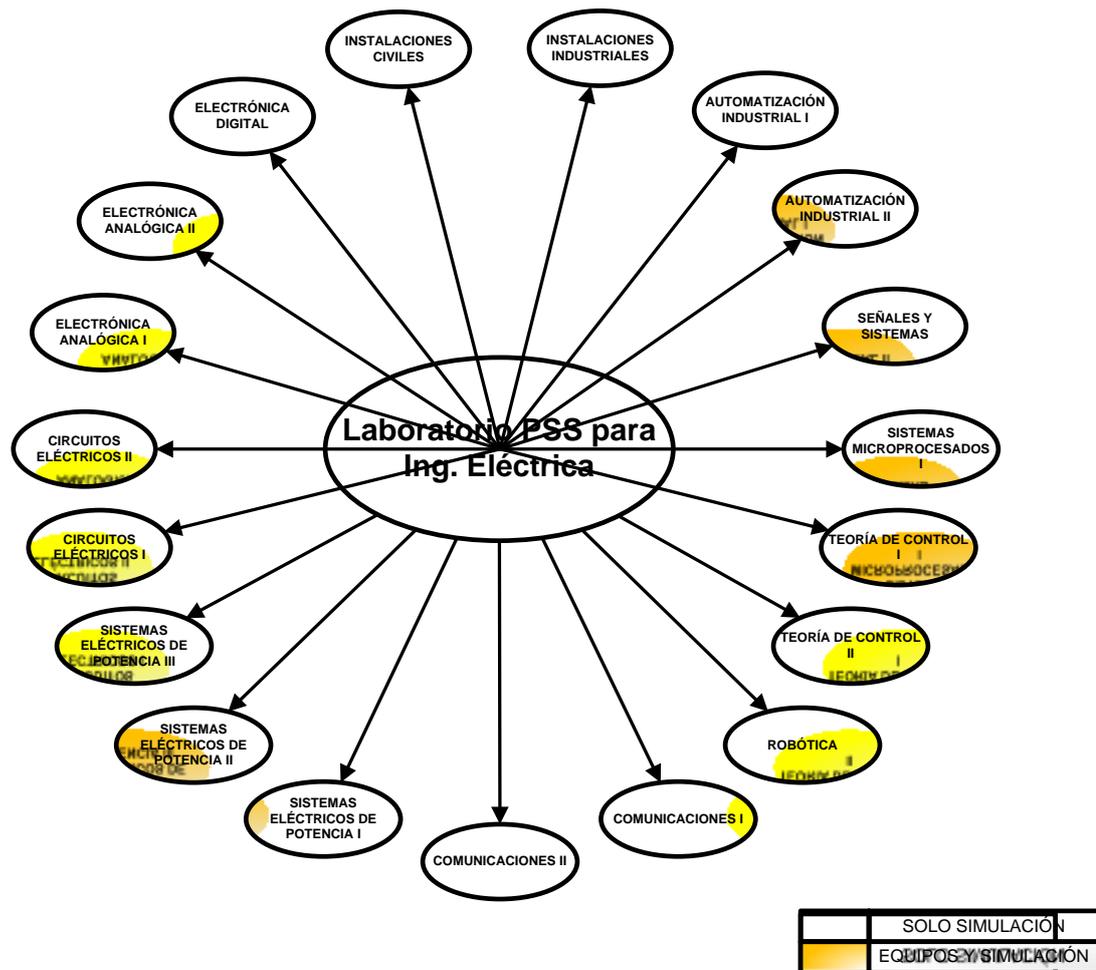


Figura 4.5: Materias de Ingeniería Eléctrica que cubre el laboratorio PSS.

El laboratorio propuesto, además de abarcar materias de las ingenierías Eléctrica y Electrónica, también cubre con los objetivos de materias de otras carreras, como son Ingeniería en Sistemas, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Automotriz e Ingeniería Industrial. A continuación en las figuras 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9 se muestran las materias de estas carreras que puede abarcar el laboratorio PSS.

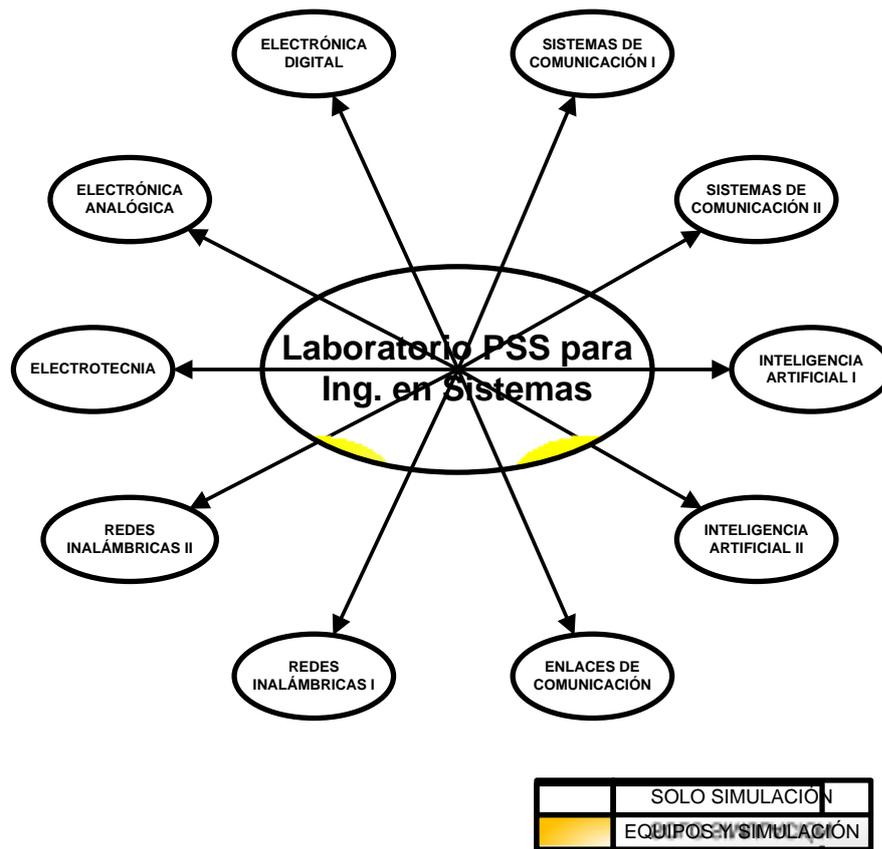


Figura 4.6: Materias de Ingeniería en Sistemas que cubre el laboratorio PSS.

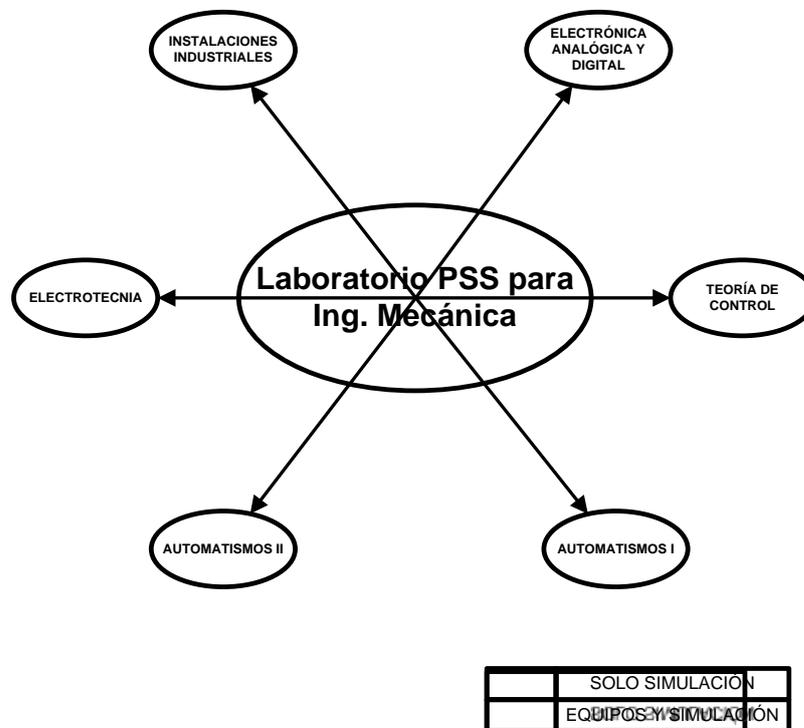


Figura 4.7: Materias de Ingeniería Mecánica que cubre el laboratorio PSS.

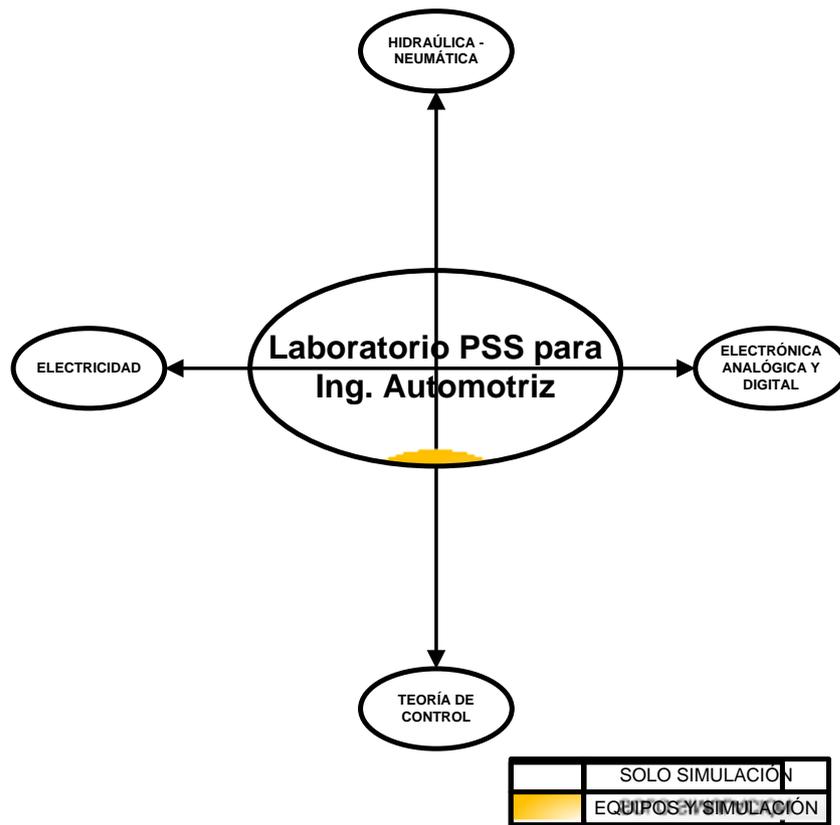


Figura 4.8: Materias de Ingeniería Automotriz que cubre el laboratorio PSS.

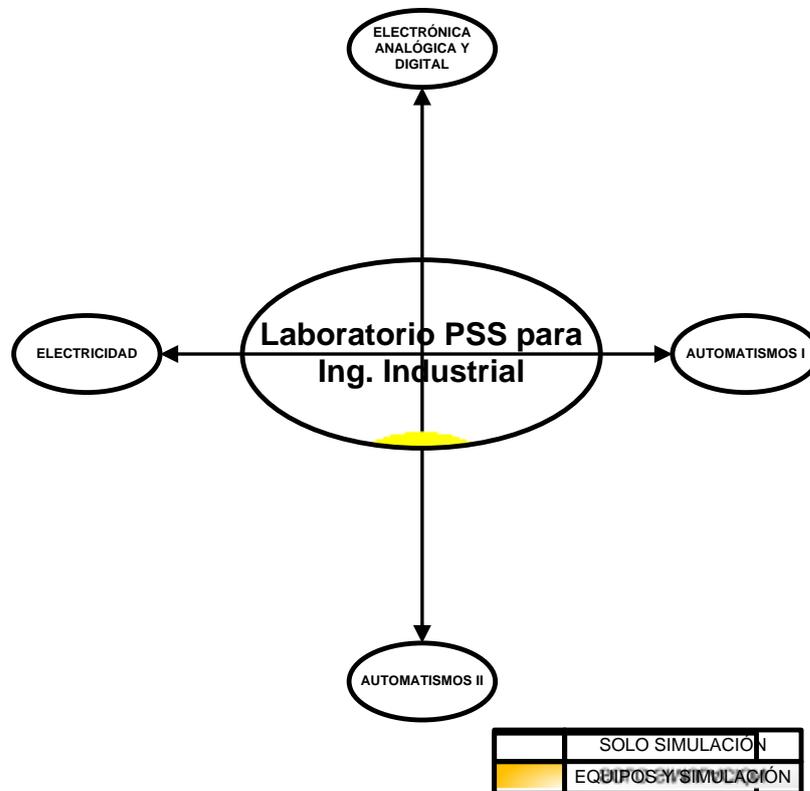


Figura 4.9: Materias de Ingeniería Industrial que cubre el laboratorio PSS.

4.5 Aplicaciones prácticas del Laboratorio.

El laboratorio PSS propuesto consta de equipos para una amplia gama de aplicaciones, desde prácticas sencillas como la comprobación de la ley de Ohm, como también procesamiento digital de audio, control de robots articulados, hasta recepción y transmisión de señales vía radio.

A continuación se propone algunas de las innumerables prácticas que se podrían realizar con los equipos propuestos para el laboratorio PSS.

- ***Circuitos Eléctricos I y II, Electrónica Analógica I y II, y Electrónica Digital.***
 - Comprobación de la ley de Ohm.
 - Comprobación de las leyes de Kirchhoff.
 - Análisis por nodos y mallas.
 - Curva característica del capacitor e inductor.
 - Medición de Impedancia.
 - Circuitos RLC.
 - Curva de trabajo de los diferentes tipos de filtros.
 - Curva característica de diodos y transistores.
 - Curva de trabajo de circuitos Amplificadores de Potencia.
 - Funcionamiento de diferentes configuraciones de Amplificadores Operacionales.
 - Funcionamiento del CI 555.
 - Análisis del funcionamiento y control de circuitos digitales.

- ***Teoría de Control I y II.***
 - Respuesta en tiempo de sistemas con señales de prueba.
 - Diseño de controladores PID para control de distintos tipos de sistemas.
 - Análisis del LGR.
 - Diagramas de Bode.
 - Análisis de Sistemas de Control en Tiempo Discreto.

- ***Sistemas Microprocesados II.***
 - Generación y recepción de señales.
 - Instrumentación para el desarrollo de aplicaciones.

- ***Teoría de Control III.***
 - Digitalización de señales.
 - Filtrado de señales.
 - Convolución y correlación de señales.
 - Procesamiento digital de Audio, Imágenes, Video, etc.
 - Análisis en frecuencia de distintos tipos de señales.

- ***DSP.***
 - Procesamiento digital de distintos tipos de señales en un sistema embebido.
 - Ecuilizador de audio.
 - Detección de tonos DTMF.
 - Filtrado digital de señales.

- ***Comunicaciones.***
 - Modulación y demodulación de señales analógicas (AM-FM).
 - Modulación y demodulación de señales digitales (PCM).
 - Análisis del espectro electromagnético.

- ***Sensores y transductores.***
 - Curva de trabajo de distintos tipos de sensores.
 - Eliminación de ruido interferente en las señales emitidas por los sensores.

- ***Instrumentación.***
 - Utilización y contraste de los instrumentos virtuales.
 - Diseño de nuevos instrumentos virtuales.
 - Instrumentación para diferentes de tipos de sistemas.

- ***Comunicaciones digitales.***
 - Codificación de señales de texto, voz, imagen y video.
 - Codificación Digital.
 - Multiplexación y demultiplexación de señales.
 - Modulación de la portadora.

- ***Propagación.***
 - Establecimiento de un enlace radioeléctrico.
 - Análisis de pérdidas.
 - Transmisión y recepción de señales radioeléctricas.

- ***Redes Inalámbricas.***
 - Análisis del Espectro Electromagnético.

- ***Taller de Comunicaciones.***
 - Realización de enlaces radioeléctricos para distintas aplicaciones.
 - Enlaces Satelitales.

- ***Electromedicina III.***
 - Electrocardiogramas.
 - Encefalogramas.
 - Tratamiento de imágenes biomédicas.

- ***Inteligencia Artificial I y II.***
 - Realización de aplicaciones usando redes neuronales artificiales.
 - Controlador difuso para aplicaciones en robótica.

- ***Robótica móvil e industrial y Robótica (Ing. Eléctrica).***
 - Funcionamiento de sensores y actuadores.
 - Control de actuadores para articulaciones en aplicaciones robóticas.

- ***Visión Artificial.***
 - Reconocimiento de patrones.
 - Visión binocular.
 - Control de sistemas utilizando el procesamiento de imágenes.

- ***Comunicaciones I (Ing. Eléctrica).***
 - Manejo de los puertos y periféricos del computador.
 - Adquisición de señales reales de diferentes fuentes.

CAPITULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 Introducción.

La Universidad Politécnica Salesiana es una institución sin fines de lucro, enfocada a la formación de profesionales; sin embargo para justificar la inversión del laboratorio se ve la necesidad de realizar un estudio económico para analizar la rentabilidad del proyecto, basándose en un ingreso por uso de laboratorio y considerando un costo por hora que debería cobrar por alquilar el laboratorio a una persona en particular.

En el presente análisis económico, se analizarán los factores TIR y VAN para definir la factibilidad del montaje del laboratorio PSS en la Universidad; pudiendo examinar de esta manera el tiempo de recuperación de la inversión.

5.2 Cotización de Equipos y Software a Adquirir.

Para realizar la cotización de equipos y software necesarios para la implementación del laboratorio de Procesamiento de Señales y Simulación, se ha buscado proveedores disponibles en nuestro medio. Algunos de ellos tienen sus oficinas en el país, mientras que otros se los ha podido ubicar por la web.

A continuación en la tablas 5.1 y 5.2 se presenta un resumen de las cotizaciones recibidas de las distintas empresas, además en el ANEXO 6 se presenta el detalle de las cotizaciones.

EQUIPOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Computadoras	11	1000	11.000,00
NI ELVIS II+	10	4.752,00	47.520,00
NI sbRIO 9642	4	3.960,00	15.840,00
NI PS-15 Fuente	4	276,00	1.104,00
PXI	1	90.687,60	90.687,60

Tabla 5.1: Costos de los Equipos.

SOFTWARE	TOTAL
NI Circuit Design Suit.	Ya tiene Licencia
Automation Studio.	9.537,50
Dialux.	Libre
Matlab.	Ya tiene Licencia
MPLAB.	Libre
MikroBasic.	2.189,00
Proteus.	6.580,00
LabView.	Ya tiene Licencia
Altium Designer.	8.462,00
PowerWorld Simulator	Demo
DigSilent (Educational)	191,42

Tabla 5.2: Costos del Software.

Los costos han sido proporcionados por proveedores de diferentes países, por lo cual estos precios están sin IVA. En la tabla 5.3 se muestran los costos totales para el laboratorio.

EQUIPOS	166.151,00
SOFTWARE	26.959,92
MUEBLES E INSTALACIÓN	2.000
SUBTOTAL	195.110,92
IVA (12%)	23.413,31
TOTAL	218.524,23

Tabla 5.3: Costos totales para montaje de laboratorio.³⁷

³⁷ Revisado en Junio del 2010

5.3 Grado de Utilización del Laboratorio.

El grado de utilización del laboratorio se refiere al número de horas que el laboratorio es utilizado, con respecto al número de horas que el mismo se encuentra disponible.

$$\text{Grado de Utilización (\%)} = \frac{\text{Horas de Utilización}}{\text{Horas Disponibles}} \times 100 \quad (5.1)$$

El análisis del grado de utilización se lo realizará con respecto al número de horas semanales, ya que los créditos de cada materia son el número de horas semanales de clases.

El Taller de Ingeniería Eléctrica y Electrónica está disponible de Lunes a Viernes de 7:00 AM a 1:00 PM, y de 2:00 PM a 10:00 PM. Los días Sábados el horario de disponibilidad del Taller es de 7:00 AM a 1:00 PM; por lo tanto se obtiene un total de 76 horas semanales en las que el laboratorio PSS se encontraría disponible.

Un año de estudios consta de dos ciclos, en los cuales la Universidad oferta distintas materias en cada uno de estos; por lo tanto se ve necesario realizar el análisis del grado de utilización por ciclo, ya sea este par o impar.

Para el cálculo no se va a considerar materias como Circuitos Eléctricos, Electrónica Analógica y Digital, con el fin de no sobrecargar el laboratorio, además de que estas ya poseen laboratorios independientes; pero se podrían realizar excepciones en casos de proyectos o investigaciones. De las materias que se considerará, se ha visto en la malla curricular que no poseen laboratorios designados; por tal motivo se propondrá un número de horas aproximado que debería asignarse a cada materia para la realización de prácticas en el laboratorio.

En las tablas 5.4 y 5.5, se muestran los índices del grado de utilización por carreras y sus valores totales, considerando las materias de los ciclos impares y pares respectivamente, y en las figuras 5.1 y 5.2 se detallan los gráficos porcentuales.

	MATERIAS	HORAS SEMANALES	HORAS DESTINADAS AL LABORATORIO	GRUPOS	TOTAL DE HORAS SEMANALES	SUBTOTAL DE HORAS POR CARRERA	GRADO DE UTILIZACIÓN POR CARRERA (%)
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	SISTEMAS MICROPROCESADOS II	4	2	2	4	21	27,63
	TEORÍA DE CONTROL II	4	2	2	4		
	DSP	4	4	2	8		
	COMUNICACIONES	4	2	1	2		
	COMUNICACIONES DIGITALES	4	2	1	2		
	INTELIGENCIA ARTIFICIAL II	4	1	1	1		
INGENIERÍA ELÉCTRICA	TEORÍA DE CONTROL II	4	2	1	2	2	2,63
INGENIERÍA EN SISTEMAS	SISTEMAS DE COMUNICACIÓN I	4	1	1	1	4	5,26
	INTELIGENCIA ARTIFICIAL I	4	1	1	1		
	ENLACES DE COMUNICACIÓN	4	1	1	1		
	REDES INALÁMBRICAS I	4	1	1	1		
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	TEORÍA DE CONTROL	6	2	1	2	2	2,63
TOTAL						29	38,16

Tabla 5.4: Grado de Utilización para ciclo impar.

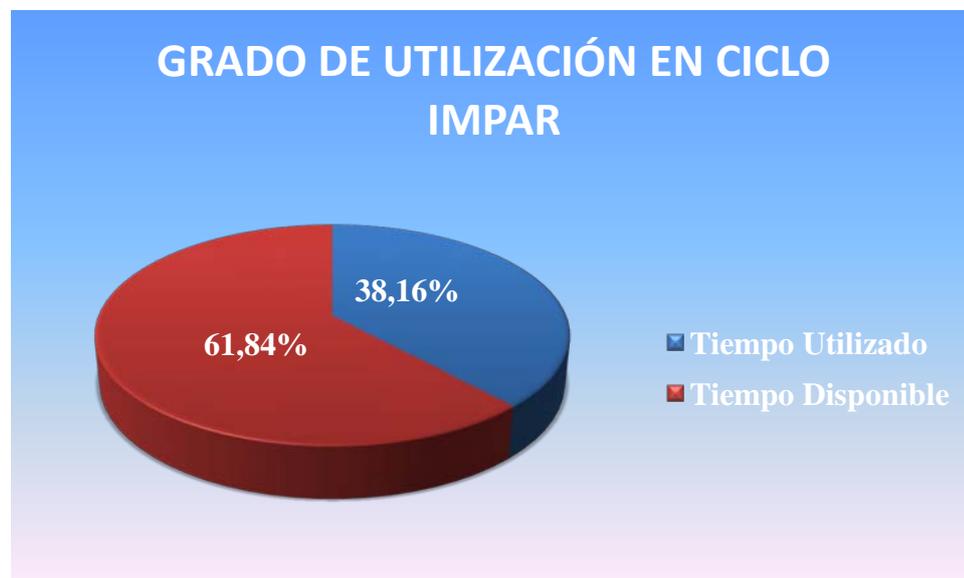


Figura 5.1: Gráfico porcentual del grado de utilización para ciclo impar.

	MATERIAS	HORAS SEMANALES	HORAS DESTINADAS AL LABORATORIO	GRUPOS	TOTAL DE HORAS SEMANALES	SUBTOTAL DE HORAS POR CARRERA	GRADO DE UTILIZACIÓN POR CARRERA (%)
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	TEORÍA DE CONTROL I	4	1	2	2	30	39,47
	TEORÍA DE CONTROL III	4	4	2	8		
	SENSORES Y TRANSDUCTORES	4	2	1	2		
	INSTRUMENTACIÓN	6	4	1	4		
	PROPAGACIÓN	4	1	1	1		
	REDES INALÁMBRICAS	6	2	1	2		
	TALLER DE COMUNICACIONES	4	2	1	2		
	ELECTROMEDICINA III	4	2	1	2		
	INTELIGENCIA ARTIFICIAL I	4	1	1	1		
	ROBÓTICA MÓVIL E INDUSTRIAL	4	2	1	2		
VISIÓN ARTIFICIAL	4	4	1	4			
INGENIERÍA ELÉCTRICA	TEORÍA DE CONTROL I	4	1	1	1	5	6,58
	ROBÓTICA	4	2	1	2		
	COMUNICACIONES I	4	2	1	2		
INGENIERÍA EN SISTEMAS	SISTEMAS DE COMUNICACIÓN II	4	1	1	1	3	3,95
	INTELIGENCIA ARTIFICIAL II	4	1	1	1		
	REDES INALÁMBRICAS	4	1	1	1		
INGENIERÍA MECÁNICA	TEORÍA DE CONTROL	6	2	1	2	2	2,63
TOTAL						40	52,63

Tabla 5.5: Grado de Utilización para ciclo par.

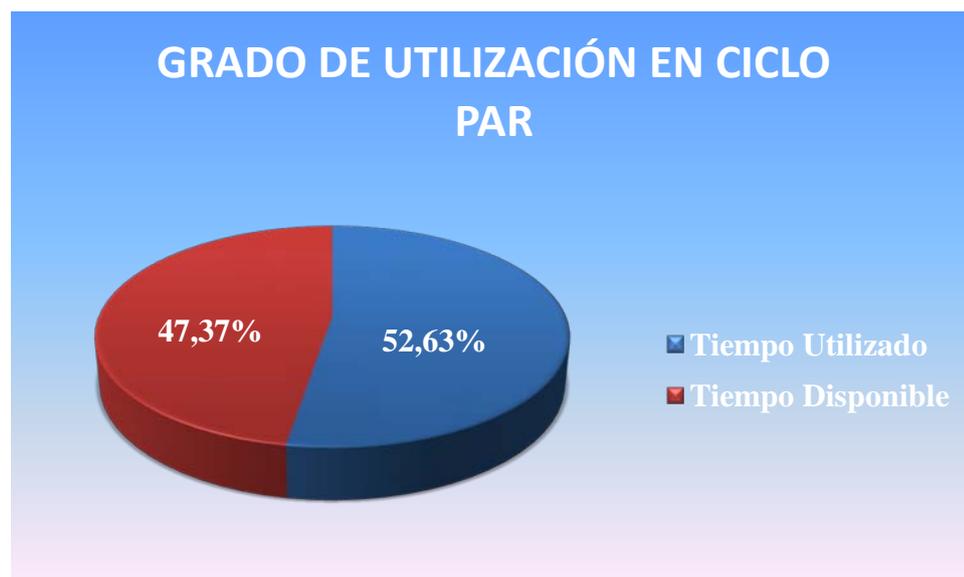


Figura 5.2: Gráfico porcentual del grado de utilización para ciclo par.

5.4 Ingresos por uso de Laboratorio.

La Universidad Politécnica Salesiana incluye a los estudiantes en sus rubros de matrícula, un porcentaje destinado al uso de los equipos e instrumentos que se encuentran en los laboratorios. Este valor es estimado en base a cuánto le costaría a personas particulares alquilar dichos laboratorios, siendo un costo aproximado de 50,00 dólares por hora.

Para calcular el ingreso que tiene la universidad por el uso del laboratorio PSS, se tomará en cuenta las horas de uso de dicho laboratorio por ciclo, para luego poder obtener un ingreso total anual como se detalla en la tabla 5.6.

	HORAS SEMANALES	SEMANAS DE CLASES	INGRESO POR HORA	INGRESOS POR CICLO
CICLO IMPAR	29	20	50	29000
CICLO PAR	40	20	50	40000
TOTAL DE INGRESOS POR AÑO				69000

Tabla 5.6: *Ingresos por uso del laboratorio.*

El total de ingresos por año es de \$69.000,00, siendo este valor lo que la Universidad cobraría si alquilara el laboratorio a personas particulares.

5.5 Análisis de Factibilidad.

Para el análisis de factibilidad se realizará el cálculo de los factores V.A.N (Valor Actual Neto) y T.I.R (Tasa Interna de Retorno).

El Valor Actual Neto (V.A.N) de una inversión es la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial. Si un proyecto de inversión tiene un V.A.N positivo, el proyecto es rentable.

La fórmula para calcular el V.A.N es:

$$VAN = \sum_{t=1}^T \left[\frac{FC_t}{(1+i)^t} \right] - I_0 \quad (5.2)$$

Donde:

FC_t = Flujo de caja al año t.

i = Tasa de rentabilidad de la empresa (10%).

T = Tiempo de vida del proyecto (7 años).

I_0 = Inversión Inicial.

La Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.) es la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (V.A.N.) de una inversión sea igual a cero. (V.A.N. =0). Este método considera que una inversión es aconsejable si la T.I.R. resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una T.I.R. mayor.

La fórmula para calcular la T.I.R. es la siguiente:

$$0 = \sum_{t=1}^T \left[\frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \right] - I_0 \quad (5.3)$$

Donde:

FC_t = Flujo de caja al año t.

T = Tiempo de vida del proyecto (7 años)

I_0 = Inversión Inicial.

Para la realización del cálculo de estos factores primero hay que tener en cuenta los gastos anuales que demanda el laboratorio. Uno de los gastos es la actualización de licencias de software, ya que estos al momento de adquirirlos tienen una duración de 1 año, en el cual la empresa proveedora proporciona todo tipo de actualizaciones y soporte técnico.

Los gastos por software anuales no son el mismo que de la inversión inicial, ya que dependiendo del contrato que se tenga con la empresa proveedora, se pagará un porcentaje aproximado del 20% del costo inicial.

Otro de los gastos que se realizan en el laboratorio es el consumo de energía eléctrica y el costo de mantenimiento de los equipos. El costo del consumo de energía eléctrica se basa en la iluminación, la cual consta de 8 lámparas de 4 tubos fluorescentes de 40W, dando un consumo total anual de 1.766,4 kW/hora al año. El consumo de los equipos y computadoras, considerando una potencia de 200 W por cada puesto de trabajo, lo que implica un total de 3.036 kW/hora anuales. Teniendo un costo de \$0,083 el kW/hr, obtenemos un pago total de \$398,59 anual por el consumo de energía eléctrica del laboratorio.

Los gastos de mantenimiento se basa en un costo aproximado que se le debería pagar a un laboratorista por el mantenimiento de un solo laboratorio, además que se considera un gasto de \$5 mensuales para reparaciones; dando así un total de \$40 mensuales como gasto de mantenimiento.

En la tabla 5.7 se detalla los gastos anuales que demanda el laboratorio.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	398,59
MANTENIMIENTO	480,00
ACTUALIZACIÓN DE SOFTWARE	17.878,09
TOTAL	18.756,68

Tabla 5.7: Gastos anuales por uso de laboratorio.

El cálculo de la TIR y VAN se muestra en la tabla 5.8.

AÑOS	INVERSIÓN	COBROS	PAGOS	FLUJO DE CAJA	VALOS ACTUAL	ACUMULADO
0	218.524,23	0,00	0,00	-218.524,23	-218.524,23	-218.524,23
1		69.000,00	18.756,68	50.243,32	45.675,74	-172.848,49
2		69.000,00	18.756,68	50.243,32	41.523,40	-131.325,09
3		69.000,00	18.756,68	50.243,32	37.748,55	-93.576,54
4		69.000,00	18.756,68	50.243,32	34.316,86	-59.259,68
5		69.000,00	18.756,68	50.243,32	31.197,15	-28.062,53
6		69.000,00	18.756,68	50.243,32	28.361,04	298,51
7		69.000,00	18.756,68	50.243,32	25.782,77	26.081,27
					VAN	\$ 26.081,27
					TIR	14%

Tabla 5.8: Cálculo de la T.I.R. y V.A.N.

Como se puede apreciar el tiempo de recuperación de la inversión es de 7 años, en el cual el valor del V.A.N se vuelve positivo; por lo tanto se puede decir que es proyecto es rentable con una tasa interna de retorno del 13%.

RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el capítulo I se presenta una recopilación teórica acerca de la simulación y el procesamiento de señales analógicas y digitales. El Procesamiento de Señales es un área de la Ingeniería Electrónica que se concentra en la representación, transformación y manipulación de señales, y de la información que ellas contienen.

Se puede definir a una señal como una función de una o más variables independientes que contienen información acerca de la naturaleza o comportamiento de algún fenómeno. La clasificación más básica de las señales se produce en base a su representación respecto a las variables de las que dependen, teniendo de esta forma señales analógicas, digitales y discretas.

La forma en la que se generan las señales se encuentra asociada con un sistema que responde ante un estímulo, fuerza u otra señal, considerándose como un proceso en el cual las señales de entrada son transformadas por el sistema o provocan que éste responda de alguna forma, lo que da como resultado otras señales como salida.

La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias para el funcionamiento del sistema.

Entre las distintas aplicaciones del procesamiento digital de señales y sus diferentes campos de investigación están las telecomunicaciones, procesamiento de audio, localización de eco, procesamiento de imágenes y video, etc.

En el capítulo II se analiza la demanda de un laboratorio de procesamiento de señales y simulación para la Universidad Politécnica Salesiana, la cual no ha contado con un laboratorio de este tipo, produciendo deficiencia en el aprendizaje en los estudiantes

de las diferentes ingenierías, ya que no dispone de equipos para la fortalecer los conceptos teóricos estudiados en el transcurso del estudio universitario.

Comúnmente en la realización de prácticas se realiza el diseño en un borrador, para después pasarlo a un programa de dibujo pero en ningún momento se lo simula antes de realización física de la práctica, teniendo así muchos errores difíciles de corregir una vez armada la práctica, lo cual produce el fracaso de la misma. Por esta razón se justifica la necesidad de adquisición de un software de diseño y simulación.

En la realización de proyectos siempre ha existido el problema de que los estudiantes dedican la mayor parte del tiempo en realizar el hardware electrónico para la interfaz con la computadora, quedando poco tiempo para analizar y comprender la funcionalidad del proyecto.

Después de haber realizado un análisis de la malla curricular, se puede decir que la implementación de un Laboratorio de Simulación y Procesamiento de Señales es muy útil ya que en muchas materias de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica se requiere trabajar con señales reales, para lo cual se necesita de un procesamiento previo de la misma; además de un conjunto de software para poder realizar simulaciones de sistemas relacionados a estas carreras, porque en muchos casos se requiere trabajar en modelos diseñados por computador ya que para el estudiante le tomaría tiempo y dinero en realizar dichos sistemas físicamente.

En el capítulo III se presenta algunos equipos y software existentes en el mercado. Actualmente existen varias empresas las cuales se dedican a producir equipos para laboratorios de aprendizaje. En este capítulo se ha investigado las empresas que tengan equipos relacionados al procesamiento de señales, pudiendo encontrar a dos principales empresas proveedoras de los mismos, que son National Instruments y LabVolt.

En nuestro medio existen diversos software dedicados para la simulación. Estos dependen mucho del tipo de simulación o del tipo de sistema que se requiere simular. Los software de mayor uso general para simulación son Matlab y Labview; además de software para simulación de circuitos electrónicos y eléctricos como es el caso de NI Multisim, Proteus, Orcad, Altium Designer, etc.

En el capítulo IV se describe un diseño y análisis técnico del laboratorio. La elección de los equipos y software más óptimos para el montaje del laboratorio, se lo ha hecho en base a las necesidades de las mallas curriculares, características y costos de los mismos.

En base a el análisis de las características y de los equipos que brindan las dos empresas, podemos mencionar que los equipos de National Instruments (NI ELVIS II+ y NI sbRIO) son los más óptimos para la implementación en el laboratorio de Procesamiento de Señales, ya que cumple con las necesidades de la malla curricular; además del servicio técnico que nos brinda la empresa dentro de la ciudad.

La elección del software se ha hecho en base a las necesidades que presenta la malla; además de experiencias propias en el transcurso de la carrera universitaria y de los costos y beneficios que conlleva la adquisición de estos software.

El laboratorio deberá tener la capacidad para veinte estudiantes y para un mejor aprendizaje deberán estar un máximo de dos estudiantes por puesto de trabajo; por lo cual, para el laboratorio se requieren de diez puestos de trabajo, además de un escritorio para el docente.

El equipo que más se adapta a las necesidades es el NI ELVIS II+, ya que mediante su conjunto de instrumentos virtuales, adquisición de datos y su total compatibilidad con LabView, nos ayudará en el desarrollo de prácticas y prototipos, tanto para el aprendizaje, como también para la investigación.

El NI sbRIO es un equipo destinado a dar soporte al desarrollo de aplicaciones prácticas y proyectos, por su característica como equipo embebido puede desarrollar cualquier tipo de aplicación que este dentro de su capacidad tanto para el control, automatización, robótica, DSP, etc.

Para las comunicaciones, el equipo a adquirir es el PXI, el cual por su elevado costo es recomendable la compra de una unidad, además que este equipo se puede conectar en red y de esta manera todos los estudiantes tendrán acceso al equipo para poder recibir o transmitir datos a altas velocidades. Este equipo, por sus capacidades, también está destinado para la investigación y el desarrollo tanto de nuevas tecnologías, como también para las comunicaciones.

En el capítulo V se realiza un análisis económico, en el cual se analizan los factores TIR y VAN para definir la factibilidad del montaje del laboratorio PSS en la Universidad; pudiendo examinar de esta manera el tiempo de recuperación de la inversión.

La Universidad Politécnica Salesiana incluye a los estudiantes en sus rubros de matrícula, un porcentaje destinado al uso de los equipos e instrumentos que se encuentran en los laboratorios. Este valor es estimado en base a cuánto le costaría a personas particulares alquilar dichos laboratorios, siendo un costo aproximado de 50,00 dólares por hora. Con este dato se calcula un valor anual por uso de laboratorio y tomando en cuenta los gastos de mantenimiento y licencias que este demanda se ha logrado realizar un cálculo de factibilidad, en el cual el tiempo de recuperación de la inversión es de 7 años, en el cual el valor del V.A.N se vuelve positivo; por lo tanto se puede decir que es proyecto es rentable con una tasa interna de retorno del 13%.

Se ha concluido que la implementación del laboratorio de Procesamiento de Señales y Simulación es de gran importancia, ya que mediante el mismo la Universidad graduará a mejores profesionales en el ámbito investigativo y práctico, incrementando sus habilidades prácticas, pudiendo así tener mejor capacidad para afrontar problemas que se le presenten en el mundo laboral.

Actualmente, 11 materias de la carrera de Ingeniería Electrónica cuentan con laboratorios. Con este proyecto se atenderá a un total de 28 materias, incrementando así un 154% en la realización de prácticas de laboratorio en las materias, dándole mejor habilidad al estudiante en la comprensión de los conceptos teóricos que se imparten en las cátedras por los docentes.

El laboratorio PSS cuenta con equipos de última tecnología, siendo así excelentes herramientas para que los estudiantes desarrollen proyectos investigativos, además de poder prestar servicios a diversas instituciones tanto investigativas como gubernamentales.

Existen materias que actualmente no disponen de software para simular, por lo que es de gran ayuda la adquisición de las licencias mencionadas en el capítulo IV; y así los estudiantes podrán reforzar los conocimientos teóricos en base a sistemas

simulados. Además con la adquisición de software se disminuye el tiempo en la realización de proyectos, ya que se reduce el tiempo de prueba y error en la elaboración de sistemas físicos.

Como recomendación de este trabajo investigativo podemos decir que la Universidad debería siempre realizar una renovación de sus equipos e instrumentos para estar a la vanguardia tecnológica y así seguir ganando prestigio con la calidad de profesionales graduados en todos los ámbitos de la ingeniería.

ANEXO 1

TRANSFORMADA DE FOURIER

La transformada de Fourier consiste a pasar una señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia sin que la señal pierda sus características iniciales, siendo un proceso reversible, de tal manera que mediante la transformada inversa de Fourier se pueda llegar nuevamente a nuestra señal original.

El término transformada de Fourier se puede separar en 4 categorías de acuerdo al tipo de señal con la que se trabaje.

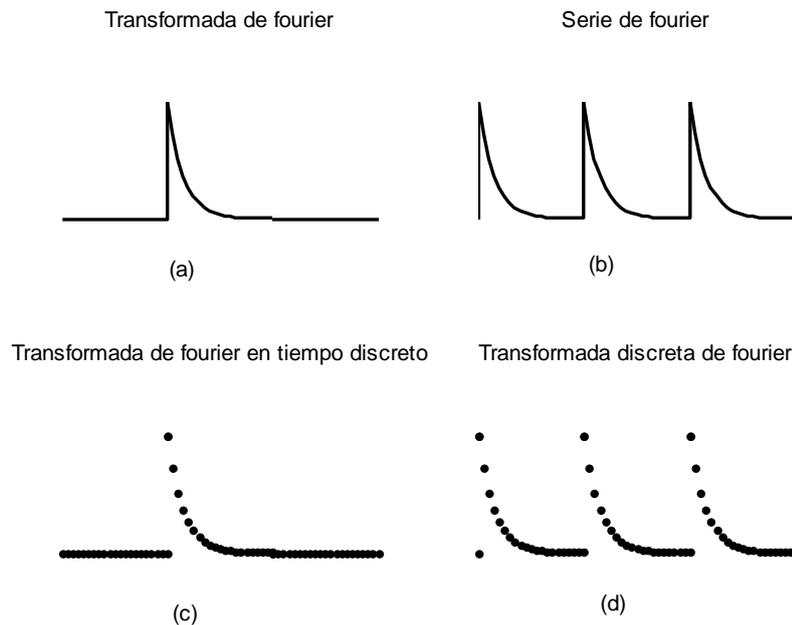


Figura 1. Transformadas de Fourier. (a) Señal continua y aperiódica, (b) señal continua y periódica, (c) señal discreta y aperiódica, (d) señal discreta y periódica.

Estos 4 tipos de señales se extienden desde $-\infty$ hasta $+\infty$, entonces para almacenar este tipo de señales con un número finito de muestras, hay que hacer que los datos de longitud finita parezcan una señal infinita. Si las muestras imaginarias son una réplica de los puntos la señal se verá como discreta y periódica (DFT)

Los computadores digitales solo pueden trabajar con información que es discreta y finita en longitud. La DFT considera señales discretas y periódicas, entonces la señal se puede ver como un simple período de una señal periódica infinitamente larga.

Cada una de las 4 transformadas de Fourier se puede dividir en una versión real y en otra compleja.

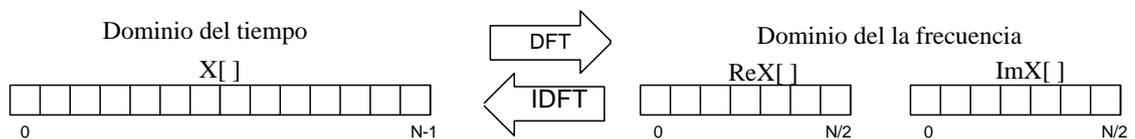


Figura 2. Terminología de la DFT

El dominio de la frecuencia contiene exactamente la misma información que el dominio del tiempo pero en una forma diferente. Si se conoce uno de los dominios se puede encontrar el otro mediante la DFT y la DFT inversa. El número de muestras en el dominio del tiempo N generalmente se escoge como una potencia de 2, por ejemplo 128, 256, 512, 1024...etc.

En el dominio del tiempo la señal corre de:

$$x[0] \text{ hasta } x[N-1]$$

En el dominio de la frecuencia:

$$\text{Re } X[0] \text{ hasta } \text{Re } X[N/2]$$

$$\text{Im } X[0] \text{ hasta } \text{Im } X[N/2]$$

La transformada discreta de Fourier puede ser descompuesta en senos y cosenos para un mejor análisis es decir:

La parte real $\text{Re } X[]$ será la amplitud de los cosenos

La parte imaginaria $\text{Im } X[k]$ será la amplitud de los senos

El eje horizontal en el dominio de la frecuencia se puede nombrar de 4 maneras diferentes:

1. Numerado desde 0 hasta $N/2$, el índice k para el dominio de la frecuencia es un entero.

$$\text{Re}X[k]$$

2. Como una fracción de la frecuencia de muestreo, el eje corre desde 0 hasta 0.5 en este caso $\text{Re}X[f]$, donde f toma $N/2+1$ valores igualmente espaciados entre 0 y 0.5, para convertir de la primera k a la segunda notación f se divide el eje horizontal para N .

$$f = k/N$$

3. Similar al anterior salvo que el eje horizontal es multiplicado por 2π , el índice utilizado es el ω que corresponde a la frecuencia angular o frecuencia natural. (ω corre entre 0 y π).

$$c[n] = \cos\left(2 \cdot \pi \cdot k \cdot \frac{n}{N}\right) = \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot n) = \cos(\omega \cdot n)$$

4. Eje horizontal en función de la frecuencia analógica utilizada en cierta aplicación. Por ejemplo si $f_s = 10000$ muestras/s entonces el gráfico en dominio de la frecuencia correría de 0 hasta 5kHz.

La ventaja de esta forma es que tiene un significado del mundo real. La desventaja es que está atada a una f_s particular.

ANEXO 2

TRANSFORMADA DE LAPLACE

La transformada de Fourier es una herramienta poderosa para el análisis de señales y sistemas, pero tiene sus limitaciones. Existen algunas señales útiles que no tienen una transformada de Fourier. La transformada de Laplace expresa señales como combinaciones lineales de exponenciales complejas, las cuales son las funciones propias de las ecuaciones diferenciales que describen a los sistemas LIT (lineales invariantes en el tiempo) en tiempo continuo. Las senoides complejas son un caso especial de exponenciales complejas.

La transformada de Laplace puede describir funciones que la transformada de Fourier no puede. Caracteriza por completo las respuestas al impulso de sistemas LIT; dado que las describe como combinaciones lineales de exponenciales complejas, las funciones propias de los sistemas LIT encapsulan de manera directa las características de un sistema en una forma poderosa.

Muchas técnicas de análisis y diseño de sistemas se basan en la transformada de Laplace.

La transformada de Laplace unilateral

Existen muchas aplicaciones de la transformada de Laplace en donde es razonable asumir que las señales involucradas son causales, es decir que son cero para $t < 0$.

$$X(s) = \int_0^{\infty} x(\tau) e^{-s\tau} d\tau$$

Es importante entender que, aunque la señal original exista para todo el intervalo de tiempo, sin embargo la integral de la T.L.U (transformada de Laplace unilateral) se la mantiene tal y cual como se manifiesta en el concepto.

$$x(t) \xleftrightarrow{Lu} X(s)$$

A continuación se presenta una tabla de las transformadas más importantes de Laplace.

Laplace Transform $F(s)$	Time Function $f(t)$
1	Unit-impulse function $\delta(t)$
$\frac{1}{s}$	Unit-step function $u(t)$
$\frac{1}{s^2}$	Unit-ramp function t
$\frac{n!}{s^{n+1}}$	t^n ($n =$ positive integer)
$\frac{1}{s + \alpha}$	$e^{-\alpha t}$
$\frac{1}{(s + \alpha)^2}$	$te^{-\alpha t}$
$\frac{n!}{(s + \alpha)^{n+1}}$	$t^n e^{-\alpha t}$ ($n =$ positive integer)
$\frac{1}{(s + \alpha)(s + \beta)}$	$\frac{1}{\beta - \alpha}(e^{-\alpha t} - e^{-\beta t})$ ($\alpha \neq \beta$)
$\frac{s}{(s + \alpha)(s + \beta)}$	$\frac{1}{\beta - \alpha}(\beta e^{-\beta t} - \alpha e^{-\alpha t})$ ($\alpha \neq \beta$)
$\frac{1}{s(s + \alpha)}$	$\frac{1}{\alpha}(1 - e^{-\alpha t})$
$\frac{1}{s(s + \alpha)^2}$	$\frac{1}{\alpha^2}(1 - e^{-\alpha t} - \alpha t e^{-\alpha t})$
$\frac{1}{s^2(s + \alpha)}$	$\frac{1}{\alpha^2}(\alpha t - 1 + e^{-\alpha t})$
$\frac{1}{s^2(s + \alpha)^2}$	$\frac{1}{\alpha^2}\left[t - \frac{2}{\alpha} + \left(t + \frac{2}{\alpha}\right)e^{-\alpha t}\right]$
$\frac{s}{(s + \alpha)^2}$	$(1 - \alpha t)e^{-\alpha t}$
$\frac{\omega_n}{s^2 + \omega_n^2}$	$\sin \omega_n t$
$\frac{s}{s^2 + \omega_n^2}$	$\cos \omega_n t$
$\frac{\omega_n^2}{s(s^2 + \omega_n^2)}$	$1 - \cos \omega_n t$
$\frac{\omega_n^2(s + \alpha)}{s^2 + \omega_n^2}$	$\omega_n \sqrt{\alpha^2 + \omega_n^2} \sin(\omega_n t + \theta)$ where $\theta = \tan^{-1}(\omega_n/\alpha)$
$\frac{\omega_n}{(s + \alpha)(s^2 + \omega_n^2)}$	$\frac{\omega_n}{\alpha^2 + \omega_n^2} e^{-\alpha t} + \frac{1}{\sqrt{\alpha^2 + \omega_n^2}} \sin(\omega_n t - \theta)$ where $\theta = \tan^{-1}(\omega_n/\alpha)$
$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$	$\frac{\omega_n}{\sqrt{1 - \zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} t \quad (\zeta < 1)$
$\frac{\omega_n^2}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)}$	$1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} t + \theta)$ where $\theta = \cos^{-1} \zeta \quad (\zeta < 1)$

Tabla 1. Tabla transformada de Fourier¹¹

¹¹ Roberts M.J. "Señales y Sistemas", McGraw-Hill Interamericana, Primera Edición, 2005.

Propiedades de la transformada de Laplace unilateral

Considere 2 funciones que poseen transformadas de Laplace Unilateral:

$$x(t) \xleftrightarrow{Lu} X(s)$$

$$y(t) \xleftrightarrow{Lu} Y(s)$$

Linealidad:

$$ax(t) + by(t) \xleftrightarrow{Lu} aX(s) + bY(s)$$

Escalamiento en tiempo:

$$x(at) \xleftrightarrow{Lu} \frac{1}{a} X\left(\frac{s}{a}\right)$$

Desplazamiento en el tiempo:

$$x(t - \tau) \xleftrightarrow{Lu} e^{-s\tau} X(s)$$

Desplazamiento en el dominio de "s":

$$e^{s_0 \cdot t} \xleftrightarrow{Lu} X(s - s_0)$$

Convolución:

$$-x(t) * y(t) \xleftrightarrow{Lu} X(s)Y(s)$$

Diferenciación en el dominio de "s":

$$-tx(t) \xleftrightarrow{Lu} \frac{d}{ds} X(s)$$

Diferenciación en el dominio del tiempo:

$$\frac{d}{dt} x(t) \xleftrightarrow{Lu} sX(s) - x(0^-)$$

Integración en el dominio del tiempo:

$$\int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau \xleftrightarrow{Lu} \frac{x^{(-1)}(0^-)}{s} + \frac{x(s)}{s}$$

ANEXO 3

TRANSFORMADA Z

La transformada z representa el mismo papel en el análisis de señales y sistemas discretos LTI (lineales invariantes en el tiempo) que la transformada de Laplace en el análisis de señales y sistemas continuos LTI. Por ejemplo en el dominio z , la convolución de dos señales en el dominio del tiempo corresponde a la multiplicación de sus transformadas z .

La transformada z directa.

La transformada z de una señal discreta $x(n)$ se define como la serie de potencias

$$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) \cdot z^{-n}$$

Donde z es una variable compleja. La relación anterior a veces se denomina *transformada z directa* porque transforma una señal en el dominio del tiempo $x(n)$ en una señal compleja $X(z)$. El procedimiento inverso, es decir, el que obtiene $x(n)$ a partir de $X(z)$, se denomina *transformada z inversa* y se la tratará más adelante.

Por conveniencia, la transformada z de una señal $x(n)$ se denota por:

$$X(z) \equiv Z\{x(n)\}$$

Mientras que la relación entre $x(n)$ y $X(z)$ se indica mediante:

$$x(n) \xleftrightarrow{z} X(z)$$

Dado que la transformada z es una serie infinita de potencias, esto existe solo para aquellos valores de z para los que la serie converge. *La región de convergencia* (ROC) de $X(z)$ es el conjunto de todos los valores de z para los que $X(z)$ es finita.

Por lo tanto siempre que hablemos de la transformada z también hablaremos del ROC.

La transformada z al ser una variable compleja la podemos expresar en su forma polar de la siguiente manera,

$$z = r \cdot e^{j\theta}$$

Donde $r = |z|$ y $\theta = \angle z$. Entonces $X(z)$ se puede expresar como

$$X(z)|_{z=r \cdot e^{j\theta}} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) \cdot r^{-n} \cdot e^{-j\theta n}$$

La transformada inversa de z

A menudo tenemos la transformada de z de una señal y queremos determinar la señal. El procedimiento para transformar desde el dominio de z al dominio del tiempo se denomina *transformada z inversa*. La fórmula para obtener $x(n)$ a partir de $X(z)$ se puede obtener usando el *teorema integral de Cauchy*, que es un teorema muy importante dentro de la teoría de la variable compleja.

Tenemos la transformada z definida por:

$$X(z) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) \cdot z^{-k}$$

Supongamos que multiplicamos ambos lados por z^{n-1} y los integramos sobre un contorno cerrado en el interior de la ROC y contiene al origen. Un contorno de ese tipo se muestra en la figura A3.1

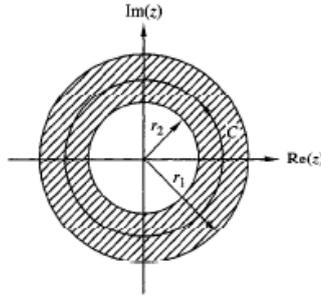


Figura A3.1. Contorno cerrado¹¹

Así tenemos

$$\oint X(z) \cdot z^{n-1} dz = \oint \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) \cdot z^{n-1-k} dz$$

El contorno cerrado es recorrido en sentido contrario de las agujas del reloj. Dado que la serie converge en los puntos de este contorno, podemos intercambiar el orden de las operaciones de la parte derecha de la ecuación anterior

$$\oint X(z) \cdot z^{n-1} dz = \oint x(k) \sum_{k=-\infty}^{\infty} z^{n-1-k} dz$$

Ahora podemos emplear el teorema integral de Cauchy, que dice que

$$\frac{1}{2 \cdot \pi} \oint z^{n-1-k} dz = \begin{cases} 1, & k = n \\ 0, & k \neq n \end{cases}$$

Donde la integral de contorno es para cualquier contorno que encierre al origen. Aplicando la ecuación anterior obtenemos la fórmula de la inversión buscada

$$x(n) = \frac{1}{2 \cdot \pi} \oint X(z) \cdot z^{n-1} dz$$

¹¹ Tratamiento digital de señales, Jhon G. Proakis, Dimitris G. Manolakis

ANEXO 4

EQUIPOS E INSTRUMENTOS EXISTENTES EN EL TALLER DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Laboratorio de Electrotecnia I

CANTIDAD	DESCRIPCION	ESTADO/CODIGO
10	BANCO DE PRACTICA COMPUESTO DE: *VARIABLE AC TRIFASICA 0-220 V *VARIABLE DC DE 0-170 V *FUENTE CON CONTROL DE V Y C DE 0-30 V *TENSION TRIFASICA FIJA DE 220 V *MODULO DE CARGA CAPACITICA *MODULO DE CARGA RESISTIVA *MODULO DE CARGA INDUCTIVA *1 MESA EN ESTRUCTURA METALICA Y TABLERO EN MDF MELAMINIZADO *2 SILLA DE ESTRUCTURA METALICA TELA AZUL	BUENO SIN CODIGO
5	REOSTATO MONOFASICO 7 A, DE 0-10	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 2000104597 2. (8004) 2000104528 3. (8004) 2000104535 4. (8004) 2000104603 5. (8004) 2000104566
5	REOSTATO MONOFASICO 0-1000 Ω 0.7 A	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 2000091095 2. (8004) 2000091064 3. (8004) 2000091040 4. (8004) 2000091033 5. (8004) 2000091057
1	REOSTATO MONOFASICO 0-100 Ω , 2 A	REGULAR CODIGO: 1. SIN CODIGO

1	DECADA DE RESISTENCIA DE 5 MODULOS MARCA RB INDUSTRIA ARGENTINA	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 2000091453
1	AMPERIMETRO AC DE 0-5 A MARCA SACI	MALO CODIGO: 1. SIN CODIGO N° SERIE: 4538-A
1	AMPERIMETRO DE 0-1.5 A, MARCA SACI	MALO CODIGO: 1. SIN CODIGO N° SERIE: ME006
1	VOLTIMETRO AC/DC 60,120,300,600 V MARCA GANZ	MALO CODIGO: 1. SIN CODIGO N° SERIE: 22415
6	VATIMETRO TRIFASICO 0.5 Y 1 A, 48,120,240,480 V,	MALO CODIGO: 1. SIN CODIGO N° SERIE: 150144
4	VATIMETRO 12,24,48,120,240,480 V, 0.5-1-2.5-5 A MARCA GANZ	REGULAR N° SERIE: 70431 N° SERIE: 70430 N° SERIE: 70434 N° SERIE: 70428
8	ARMARIOS DE 4 COMPARTIMENTOS	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 2000090807 2. (8004) 2000090869 3. (8004) 2000090821 4. (8004) 2000090838 5. (8004) 2000090814 6. (8004) 2000090845 7. (8004) 2000090852 8. (8004) 2000090876
1	ESCRITORIO DE MADERA DE 2 CAJONES	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 2000090425
1	SILLA DE MADERA TAPIZADA NEGRA	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 2000090432
1	PIZARRA DE TINTA LIQUIDA	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 2000105723
1	MOTOR ELECTRICO ASEA MT A4 CLASSE F	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 2000009458

1	ESTANTE DE MADERA	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 2000090494
4	VATIMETRO 48-120-240-480 V 2.5-5 A	MALO 1. N° SERIE: 70429 2. N° SERIE: 70425 3. N° SERIE: 70424 4. N° SERIE: 70426
5	AMPERIMETRO CC MODELO MC15	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105488 N° SERIE 306078 2. (8004) 2000105501 N° SERIE 306080 3. (8004) 2000105495 N° SERIE 306019 4. (8004) 2000105464 N° SERIE 306076 5. (8004) 2000105471 N° SERIE 306077
3	VOLTIMETRO CA MODELO EC 15	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105631 N° SERIE 306073 2. SIN CODIGO N° SERIE 306075 3. (8004) 2000105624 N° SERIE 306072
3	AMPERIMETRO CA MODELO EC15	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105457 N° SERIE 306067 2. (8004) 2000105143 N° SERIE 306068 3. SIN CODIGO
3	VOLTIMETRO CC MODELO MC 15	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105389 N° SERIE 306882 2. (8004) 2000105419 N° SERIE 306085 3. (8004) 2000105402 N° SERIE 306084
1	AMPERIMETRO CC Y CA MODELO EC 15	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105150 N° SERIE 306071
1	VATIMETRO CA MODELO FERRARI	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105440 N° SERIE 306060

1	VATIMETRO CA DT= 75-60 KTE= 0.2	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000104757
2	VATIMETRO MODELO EC-05	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000106621 N° SERIE A 20026 2. (8004) 2000106638 N° SERIE A 20025
1	AMPERIMETR O ELV 0-15 A MODELO E21A40	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000106010 N° SERIE 19763
2	VATIMETRO WC 15	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105600 N° SERIE 306065 2. (8004) 2000105677 N° SERIE 306066
3	VATIMETRO MARCA HEW a 2	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105853 N° SERIE 74640 2. (8004) 2000105815 N° SERIE 98760 3. SIN CODIGO N° SERIE 19765
2	COSFIMETRO MODELO HKQ a	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105709 2. SIN CODIGO
3	VATIMETRO MARCA HFWB 0-3 A	MALO CODIGO: 1. SIN CODIGO 2. (8004) 2000106041 3. (8004) 2000106055
7	VATIMETRO MONOFASICO AC / DC MARCA GANZ HEW a VOLTOMETRICA: 12, 24, 48, 120, 240, 480V AMPEROMETRICA: 1, 0.5A	MALO CODIGO: 1. SIN CODIGO N° SERIE 98783 2. (8004) 2000105983 N° SERIE 19765 3. SIN CODIGO N° SERIE 98761 4. SIN CODIGO N° SERIE 98762 5. SIN CODIGO N° SERIE 98773 6. (8004) 2000107130 7. (8004) 2000105839 N° SERIE 98785

15	VATIMETRO MONOFASICO AC / DC MARCA GANZ HEW _a VOLTOMETRICA: 48, 120, 240, 480 V AMPEROMETRICA: 1 A	MALO CODIGO: 1. SIN CODIGO N° SERIE 19775 2. SIN CODIGO N° SERIE 19771 3. SIN CODIGO N° SERIE 19762 4. (8004) 2000106027 N° SERIE 19766 5. (8004) 2000105907 N° SERIE 19767 6. SIN CODIGO N° SERIE 19768 7. SIN CODIGO N° SERIE 19773 8. (8004) 2000105976 N° SERIE 10015 9. (8004) 2000105990 N° SERIE 19779 10. (8004) 2000105921 N° SERIE 19763 11. (8004) 2000105952 N° SERIE 10050 12. (8004) 2000105884 N° SERIE 74683 13. (8004) 2000105938 N° SERIE 76641 14. (8004) 2000105914 N° SERIE 94331 15. (8004) 2000105969 N° SERIE 19761
10	PINZAS COLOR ROJO MARCA AMPROBE	REGULAR SIN CODIGO
9	MULTIMETROS AMPROBE COLOR ROJO 34XR-A	REGULAR SIN CODIGO
1	PUENTE DE WEANSTHONE	REGULAR CODIGO: (8004) 2000091460
8	VATIMETRO CC MODELO CLU MAC	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000106249 N° SERIE 953558 2. (8004) 2000105013 N° SERIE 953550 3. (8004) 2000106294 N° SERIE 953554 4. (8004) 2000106256 N° SERIE 953555 5. (8004) 2000105747 N° SERIE 953571 6. (8004) 2000105778 N° SERIE 953568 7. (8004) 2000105754 N° SERIE 953575 8. (8004) 2000105785 N° SERIE 953569

7	AMPERIMETRO CA	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000104962 N° SERIE ME-011 2. (8004) 2000105112 N° SERIE ME-008 3. (8004) 2000106300 N° SERIE ME-024 4. (8004) 2000104917 N° SERIE ME-018 5. (8004) 2000106331 N° SERIE ME-029 6. (8004) 2000105051 N° SERIE ME-027 7. (8004) 2000104962 N° SERIE ME-011
2	VOLTIMETRO DT=60-60V K=0.1-0.4-1-4-10	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000104672 2. (8004) 2000104696
2	VOLTIMETRO CA DT=75-60 K=0.2-0.5-1 INDUSTRIA ARGENTINA	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000104801 2. (8004) 2000104818
4	AMPERIMETRO	MALO SIN CODIGO SIN CODIGO N° SERIE RBPB991 N° SERIE RBPB992
1	VOLTIMETRO CA DT= 60-60 K=0.1-0.41-4-10 INDUSTRIA ARGENTINA	MALO CODIGO: (8004) 2000104689
2	AMPERIMETRO FERRARI MQ144	MALO SIN CODIGO N°SERIE 606118 N° SERIE 953557
1	VOLTIMETRO CC 1mA 100mV PB 557	MALO CODIGO: (8004) 2000105693
1	AMPERIMETRO CA MARCA GOSSEN 600/5	MALO CODIGO: (8004) 2000106485
1	VOLTIMETRO FERRARI CINISELLO	MALO CODIGO: (8004) 2000106430
1	AMPERIMETRO CC CLU MAC	MALO CODIGO: (8004) 2000106201 N° SERIE 953551
1	VOLTIMETRO CC Y CA HLV-2	MALO CODIGO: (8004) 2000105006 N° SERIE 14825

1	COSFIMETRO HEQ a	MALO CODIGO: (8004) 2000105716 N° SERIE 19762
1	AMPERIMETRO CA ME0-16	MALO CODIGO: (8004) 2000105068
1	ESTANTE DE MADERA 4 SERVICIOS	MALO CODIGO: (8004) 2000105068
2	VATIMETRO FERRARI CINISELLO 0.5 A	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000104801 N° SERIE 306063 2. SIN CODIGO
4	INDUCTANCIA	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105594 2. (8004) 2000105563 3. (8004) 2000105587 4. (8004) 2000105570
4	COSFIMETROS HIERZW MODELO PI32Q4E015	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105518 2. (8004) 2000105532 3. (8004) 2000105525 4. (8004) 2000105549
2	VATIMETRO CA WC 15/3	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105426 N° SERIE 306057 2. (8004) 2000104818 N° SERIE 306058
1	VATIMETRO CA FERRARI CINISELLO	MALO CODIGO: 1. SIN CODIGO N° SERIE 306664
1	ARMARIO GRANDE DE MADERA COLOR LACRE	MALO CODIGO: SIN CODIGO
12	TRANSFORMADOR SECUNDARIO 5A	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 2000091279 2. (8004) 2000091262 3. (8004) 2000091255 4. (8004) 2000091244 5. (8004) 2000091231 6. (8004) 2000091293

9	TRANSFORMADOR REDONDO DE CERAMICA	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 2000091415 2. (8004) 2000091361 3. (8004) 2000091378 4. (8004) 2000091392 5. (8004) 2000091347 6. (8004) 2000091354 7. (8004) 2000091385 8. (8004) 2000091422 9. (8004) 2000091408
3	VOLTIMETRO GANZ HDV-2 4000Ω/V	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000106249 N° SERIE 72654 2. (8004) 2000105013 N° SERIE 72662 3. (8004) 2000106294 N° SERIE 72656
1	VATIMETRO GANZ HFW b MAC	MALO CODIGO: (8004) 2000106034
3	VOLTIMETRO HLV-2	REGULAR CODIGO: 1. (8004) 20000105303
3	VOLTIMETRO HDV-2 4000Ω/V	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000105211 N°SERIE72651 2. (8004) 2000104986 N°SERIE72658 3. (8004) 2000105204 N°SERIE72656
2	ADICIONADOR DE RESISTENCIA 500Ma	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000091507 N°SERIE906250 2. (8004) 2000104511
3	ADICIONADOR DE RESISTENCIA MARCA A200 24	CODIGO: 1. (8004) 2000091477 2. (8004) 2000091491 3. (8004) 2000091484
1	VOLTIMETRO DIGITAL MODELO DP35E 0-600V	CODIGO: (8004) 2000106492

7	VOLTIMETRO DE CORRIENTE CONTINUA MODELO 350 INDUSTRIA ARGENTINA	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000106713 2. (8004) 2000106706 3. (8004) 2000106737 4. (8004) 2000106836 5. (8004) 2000106751 6. (8004) 2000106744 7. (8004) 2000106720
12	VOLTIMETRO DE CORRIENTE ALTERNA MODELO 350 INDUSTRIA ARGENTINA	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000106850 2. (8004) 2000106768 3. (8004) 2000106829 4. (8004) 2000106690 5. (8004) 2000106683 6. (8004) 2000106812 7. (8004) 2000106799 8. (8004) 2000106881 9. (8004) 2000106676 10. (8004) 2000106782 11. (8004) 2000106843 12. (8004) 2000106867
7	VOLTIMETRO DE CORRIENTE ALTERNA SERIE 35	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000106775 2. (8004) 2000106898 3. (8004) 2000106904 4. (8004) 2000106874 5. (8004) 2000106805 6. (8004) 2000106911 7. (8004) 2000106669
1	AMPERIMETRO DIGITAL DP35C	MALO CODIGO: (8004) 2000106546
3	VOLTIMETRO DIGITAL DP35C	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000106539 2. (8004) 2000106508 3. (8004) 2000106515
2	AMPERIMETRO VOLTIMETRO	MALO SIN CODIGO
6	VATIMETRO MARCA FERRARI 0.5 A 30-120V	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000106560 2. (8004) 2000106553 3. (8004) 2000106584 4. (8004) 2000106607 5. (8004) 2000106577 6. (8004) 2000106591

1	AMPERIMETRO 5-10-20 A SERIE 606102 MODELO A5-10-20	MALO SIN CODIGO
2	AMPERIMETRO DE CORRIENTE ALTERNA SERIE 606100	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000106348 2. (8004) 2000106423
6	AMPERIMETRO RBPB 1.2-6 A	MALO CODIGO: 1. (8004) 2000106379 N°DE SERIE1028 2. (8004) 2000106416 N°DE SERIE1023 3. (8004) 2000106409 N°DE SERIE1022 4. (8004) 2000106454 N°DE SERIE1029 5. (8004) 2000106393 N°DE SERIE1027 6. (8004) 2000106386 N°DE SERIE1030
1	VATIMETRO MARCA GANZ HEW _a - 2 400HZ, 120-240-480-600 V	MALO CODIGO (8004) 2000105861

Laboratorio de Electrotecnia II

CANTIDAD	DESCRIPCION	ESTADO/CODIGO
10	BANCOS DE LABORATORIO CON FUENTE REGULABLE AC – DC OLAB POLITECNICA SALESIANA 0 – 220 VAC 3A 0 – 110 VDC 8A	BUENOS <ul style="list-style-type: none"> • (8004) 2000062675 • (8004) 2000062668 • (8004) 2000062651 • (8004) 2000062644 • (8004) 2000062637 • (8004) 2000062682 • (8004) 2000062699 • (8004) 2000062705 • (8004) 2000062712 • (8004) 2000062729
7	MULTIMETRO 110VAC FLUKE MODELO 45	BUENOS <ol style="list-style-type: none"> 1. (8004) 2000124878 2. (8004) 2000124847 3. (8004) 2000124922 4. (8004) 2000124816 5. (8004) 2000124915 6. (8004) 2000124854 7. (8004) 2000124861
1	PIZARRA DE TINTA LIQUIDA	BUENO <ol style="list-style-type: none"> 1. (8004) 2000062965
1	ARMARIO DE MADERA COLOR CAFÉ CON 3 MODULOS	BUENO <ol style="list-style-type: none"> 1. (8004) 2000063030
1	DISTRIBUIDOR DE MADERA DE VARIOS MODULOS COLOR CAFE	BUENO <ol style="list-style-type: none"> 1. (8004) 2000063023
3	VITRINAD DE MADERA DE UN MODULO COLOR CAFÉ	BUENOS <ol style="list-style-type: none"> 1. (8004) 2000062996 2. SIN CODIGO 3. SIN CODIGO
20	SILLAS DE METAL COLOR NEGRO CON ACOGINAMIENTO COLOR AZUL	BUENOS <ol style="list-style-type: none"> 1. (8004) 2000062743 2. (8004) 2000062750 3. (8004) 2000062767 4. (8004) 2000062781 5. (8004) 2000062798 6. (8004) 2000062804 7. (8004) 2000062811 8. (8004) 2000062828 9. (8004) 2000062835 10. (8004) 2000062842 11. (8004) 2000062859 12. (8004) 2000062866 13. (8004) 2000062873 14. (8004) 2000062880 15. (8004) 2000062903 16. (8004) 2000062910 17. (8004) 2000062927 18. (8004) 2000062934 19. SIN CODIGO 20. SIN CODIGO

Laboratorio de Electrónica Analógica

CANTIDAD	DESCRIPCION	ESTADO/CODIGO
10	OSCILOSCOPIO DE 2 CANALES FRECUENCIA DE 30MHZ MARCA BK PRECISION MODELO 2120B	BUENOS <ul style="list-style-type: none"> • (8004) 2000003111 • (8004) 2000002541 • (8004) 2000003166 • (8004) 2000003173 • (8004) 2000003142 • (8004) 2000003159 • (8004) 2000003135 • (8004) 2000003104 • (8004) 2000003128 • (8004) 2000003180
6	GENERADOR DE FUNCION RF MARCA VOLTGRAF MODELO FG110	BUENOS <ul style="list-style-type: none"> • (8004) 2000003289 • (8004) 2000003302 • (8004) 2000003326 • (8004) 2000003319 • SIN CODIGO DAÑADO <ul style="list-style-type: none"> • (8004) 2000003296
2	GENERADOR DE FUNCION RF MARCA PHILIPS MODELO PM5135 FRECUENCIA 2 MHZ	BUENOS <ul style="list-style-type: none"> • (8004) 2000003258 • (8004) 2000003265
2	GENERADOR DE FUNCIONES RF MARCA METERMAN MODELO FG2C FRECUENCIA MAXIMA 3MHZ	BUENOS <ul style="list-style-type: none"> • (8004) 2000003357 • (8004) 2000003340
1	CONTADOR DE FRECUENCIA MARCA PHILIPS FRECUENCIA DE 120MHZ MODELO PM6662	BUENO <ul style="list-style-type: none"> • (8004) 2000124496
1	PIZARRA DE TINTA LIQUIDA	BUENO <ul style="list-style-type: none"> • (8004) 2000055714
10	MESAS DE TRABAJO DE MADERA	BUENOS <ul style="list-style-type: none"> • (8004) 2000055592 • (8004) 2000055585 • (8004) 2000055615 • (8004) 2000055608 • (8004) 2000055639 • (8004) 2000055660 • (8004) 2000055646 • (8004) 2000055677 • (8004) 2000055653 • (8004) 2000055622
1	ESCRITORIO DE MADERA	BUENO <ul style="list-style-type: none"> • (8004) 2000055684
1	ARMARIO DE MADERA CON COMPARTIMENTOS Y CAJONES	REGULAR <ul style="list-style-type: none"> • (8004) 2000055769

1	CAJON DE MADERA 8 COMPARTIMENTOS	BUENO • (8004) 2000055752
1	VITRINA DE MADERA CON PUERTAS CENTRALES	BUENO • (8004) 2000055738
1	VITRINA DE MADERA CON PUERTAS LATERALES	BUENO • (8004) 2000055738
2	SEPARADOR DE MADERA DE 2 PISOS	BUENO • (8004) 2000055691
1	SILLA DE CON ASIENTO DE CUERO	BUENO • (8004) 2000055707
30	TABURETES DE MADERA	REGULARES • (8004) 2000152031 • (8004) 2000152062 • (8004) 2000155490 • (8004) 2000062538 • (8004) 2000048051 • (8004) 2000063610 • (8004) 2000063672 • (8004) 2000062453 • (8004) 2000055950 • (8004) 2000063702 • (8004) 2000055875 • (8004) 2000056001 • (8004) 2000090685 • (8004) 2000062439 • (8004) 2000089092 • (8004) 2000090203 • (8004) 2000055783 • (8004) 2000048273 • (8004) 2000055912 • (8004) 2000062477 • (8004) 2000055790 • (8004) 2000117634 • (8004) 2000055851 • SIN CODIGO • SIN CODIGO • SIN CODIGO • SIN CODIGO • SIN CODIGO • SIN CODIGO • SIN CODIGO

Laboratorio de Electrónica de Potencia

CANTIDAD	DESCRIPCION	ESTADO/CODIGO
4	OSCILOSCOPIO DE 2 CANALES FRECUENCIA DE 30MHZ MARCA BK PRECISION MODELO 2120B	BUENOS 1. (8004) 2000003197 2. (8004) 2000155711 3. (8004) 2000155728 4. (8004) 2000156735
4	ARMARIO LABVOLT 5 PISOS	BUENOS 1. (8004) 2000007430 2. (8004) 2000007447 3. (8004) 2000007461 4. (8004) 2000007454
4	ARMARIO LABVOLT PARA FUENTE DE ALIMENTACION DE 4 PISOS	BUENOS 1. (8004) 2000007478 2. (8004) 2000007485 3. (8004) 2000007492 4. (8004) 2000007423
8	MODULO DE CARGA RESISTIVA MARCA LABVOLT MODELO 8311-02	BUENOS 1. (8004) 2000138325 2. (8004) 2000138356 3. (8004) 2000138332 4. (8004) 2000138295 5. (8004) 2000138288 6. (8004) 2000138318 7. (8004) 2000138349 8. (8004) 2000138301
8	MODULO CARGA CAPACITIVA MARCA LABVOLT MODELO 8331-02	BUENOS 1. (8004) 2000138400 2. (8004) 2000138837 3. (8004) 2000138370 4. (8004) 2000138417 5. (8004) 2000138363 6. (8004) 2000138394 7. (8004) 2000138424 8. (8004) 2000138431
3	MODULO DE DIODO DE POTENCIA MARCA LABVOLT MODELO 8842-12	BUENOS 1. (8004) 2000138516 2. (8004) 2000138509 3. (8004) 2000138523
10	MODULO DE TIRISTORES DE POTENCIA MARCA LABVOLT MODELO 8841-22	BUENOS 1. (8004) 2000138479 2. (8004) 2000138486 3. (8004) 2000138462 4. (8004) 2000138455 5. (8004) 2000138448 6. (8004) 2000138493
4	MODULO DE FUENTE DE ALIMENTACION MARCA LABVOLT MODELO 8821-22	BUENOS 1. (8004) 2000117887 2. (8004) 2000117900 3. (8004) 2000117917 4. (8004) 2000117894

5	MODULO DE TRANSFORMADOR 60VA 120/208V MARCA LABVOLT MODELO 8341-02	BUENOS 1. (8004) 2000138691 2. (8004) 2000138738 3. (8004) 2000138707 4. (8004) 2000138684 5. SIN CODIGO
3	MODULO DE TRANSFORMADOR TRIFASICO MARCA LABVOLT MODELO 8348-02	BUENOS 1. (8004) 2000138608 2. (8004) 2000138592 3. (8004) 2000138615
6	MODULO DE BOBINAS ALLANADORAS MARCA LABVOLT MODELO 8325-12	BUENOS 1. (8004) 2000138677 2. (8004) 2000138628 3. (8004) 2000138646 4. (8004) 2000138653 5. (8004) 2000138660 6. (8004) 2000138639
4	MODULO DE VOLTIMETRO CA MARCA LABVOLT MODELO 8426-02	BUENOS 1. (8004) 2000138882 2. (8004) 2000138899 3. (8004) 2000138875 4. (8004) 2000138868
1	MODULO DE VATIMETRO TRIFASICO MARCA LABVOLT MODELO 8441-22	BUENO 1. (8004) 2000138776
3	MODULO DE VATIMETRO / VARIMETRO MARCA LABVOLT MODELO 8446-22	BUENOS 1. (8004) 2000138769 2. (8004) 2000138745 3. (8004) 2000138752
4	MODULO DE AMPERIMETRO CA MARCA LABVOLT MODELO 8425-02	BUENOS 1. (8004) 2000138820 2. (8004) 2000138837 3. (8004) 2000138844 4. (8004) 2000138851
4	MODULO DE VOLTIMETRO / AMPERIMETRO CC MARCA LABVOLT MODELO 8412/12	BUENOS 1. (8004) 2000138912 2. (8004) 2000138929 3. (8004) 2000138905 4. (8004) 2000138936
4	MODULO DE VOLTIMETRO CA MARCA LABVOLT MODELO 8446-22	BUENOS 1. (8004) 2000138882 2. (8004) 2000138899 3. (8004) 2000138875 4. (8004) 2000138868
4	MODULO DE VATIMETRO MARCA LABVOLT MODELO 8431-22	BUENOS 1. (8004) 2000138806 2. (8004) 2000138790 3. (8004) 2000138793 4. (8004) 2000138813

4	MOTOR GENERADOR CC MARCA LABVOLT MODELO 8441-22	BUENOS 1. (8004) 2000117993 2. (8004) 2000138028 3. (8004) 2000118006 4. (8004) 2000138011
1	MOTO UNIVERSAL MARCA LABVOLT MODELO 8254-02	BUENOS 1. (8004) 2000138271
4	MOTOR JAULA DE ARDILLA 4 POLOS MARCA LABVOLT MODELO 8221-02	BUENOS 1. (8004) 2000138233 2. (8004) 2000138240 3. (8004) 2000138226 4. (8004) 2000138257
7	MOTOR DE INDUCCION TRIFASICO DE ROTOR BOBINADO MARCA LABVOLT MODELO 8231-02	BUENOS 1. (8004) 2000138158 2. (8004) 2000138172 3. (8004) 2000138134 4. (8004) 2000138165 5. (8004) 2000138127 6. (8004) 2000138189 7. (8004) 2000138191
4	MOTOR DE ARRANQUE CON CONDESADOR MARCA LABVOLT MODELO 8231-02	BUENOS 1. (8004) 2000138035 2. (8004) 2000138066 3. (8004) 2000138059 4. (8004) 2000138042
6	MOTOR ALTERNADOR SINCRONO MARCA LABVOLT MODELO 8241-02	BUENOS 1. (8004) 2000138097 2. (8004) 2000138110 3. (8004) 2000138103 4. (8004) 2000138219 5. (8004) 2000138080 6. (8004) 2000138202
7	ELECTRODINAMOMETRO MARCA LABVOLT MODELO 8412/12	BUENOS 1. (8004) 2000117948 2. (8004) 2000117924 3. (8004) 2000117962 4. (8004) 2000117955 5. (8004) 2000117979 6. (8004) 2000117986 7. (8004) 2000117931
1	MOTOR CON CONDENSADOR DE MARCHA MARCA LABVOLT MODELO 8446-22	BUENOS 1. (8004) 2000138073
1	MOTOR DE REPULSION INDUCCION MARCA LABVOLT MODELO 8255-02	BUENO 1. (8004) 2000138264
1	REOSTATO TRIFASICO MARCA LABVOLT MODELO 8731-02	BUENO 1. (8004) 2000138943

6	MODULO DE CONTROLADOR P.I.D. MARCA LABVOLT MODELO 9034-02	BUENOS 1. (8004) 2000138530 2. (8004) 2000138554 3. (8004) 2000138547 4. (8004) 2000138561 5. (8004) 2000138578 6. (8004) 2000138585
3	MODULO DE FUENTE DE ALIMENTACION MARCA LABVOLT MODELO 8810-02	BUENOS 1. (8004) 2000138981 2. (8004) 2000138979 3. (8004) 2000138998
3	MODULO SONDA DE TENSION MARCA LABVOLT MODELO 8231-02	BUENOS 1. (8004) 2000139070 2. (8004) 2000139087 3. SIN CODIGO
3	MODULO DE GENERADOR DE FUNCIONES MARCA LABVOLT MODELO 9033-02	BUENOS 1. (8004) 2000139049 2. (8004) 2000139063 3. (8004) 2000139056
3	SONDA DE INTENSIDAD MARCA LABVOLT MODELO 9050-12	DAÑADA SIN CODIGO BUENOS 1. (8004) 2000139094 SIN CODIGO
4	MODULO DISPARADOR DE TIRISTORES MARCA LABVOLT MODELO 9030-32	DAÑADOS 1. (8004) 2000139025 2. (8004) 2000139032 3. (8004) 2000139018 4. (8004) 2000139001
3	CONMUTADOR DE LEVAS MARCA LABVOLT MODELO 9112-12	BUENOS 1. (8004) 2000139827 2. (8004) 2000139841 3. (8004) 2000139834
3	VOLANTE DE INERCIA MARCA LABVOLT MODELO 9126-02	BUENOS 1. (8004) 2000139216 2. (8004) 2000139209 3. (8004) 2000139193
6	TRANSFORMADOR MARCA LABVOLT MODELO 9123-2	BUENOS 1. (8004) 2000139711 2. (8004) 2000139735 3. (8004) 2000139742 4. (8004) 2000139704 5. (8004) 2000139759 6. (8004) 2000139728

6	CONMUTADOR DE 3 VIAS MARCA LABVOLT MODELO 8241-02	BUENOS 1. (8004) 2000139445 2. (8004) 2000139438 3. (8004) 2000139483 4. (8004) 2000139469 5. (8004) 2000139452 6. (8004) 2000139476
3	CONMUTADOR DE 4 VIAS MARCA LABVOLT MODELO 9105-2	BUENOS 1. (8004) 2000139490 2. (8004) 2000139513 3. (8004) 2000139506
3	TEMPORIZADOR DE SECUENCIA MARCA LABVOLT MODELO 9111-2	BUENOS 1. (8004) 2000139902 2. (8004) 2000139919 3. (8004) 2000139926
5	RELE TEMPORIZADOR MARCA LABVOLT MODELO 9107-2	BUENOS 1. (8004) 2000139969 2. (8004) 2000139957 3. (8004) 2000139933 4. (8004) 2000139940 5. (8004) 2000139971
5	CONTACTOR MARCA LABVOLT MODELO 9106-12	BUENOS 1. (8004) 2000139896 2. (8004) 2000139889 3. (8004) 2000139858 4. (8004) 2000139872 5. (8004) 2000139865
2	RELE SOBRECARGA MARCA LABVOLT MODELO	BUENOS 1. (8004) 2000139995 2. (8004) 2000139988
3	DETECTOR DE SENTIDO DE GIRO MARCA LABVOLT MODELO 9113-02	BUENOS 1. (8004) 2000155780 2. (8004) 2000155797 3. (8004) 2000155803
3	FRENO ELECTROMAGNETICO MARCA LABVOLT MODELO 9114-02	BUENOS 1. (8004) 2000155759 2. (8004) 2000155766 3. (8004) 2000155773

ANEXO 5

OBJETIVOS ACADÉMICOS DE LAS MATERIAS ANALIZADAS EN LA MALLA CURRICULAR

Materias de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

CIRCUITOS ELÉCTRICOS I (5766)

General:

1. Conocer y aplicar las técnicas de análisis de circuitos eléctricos de corriente continua.

Específicos:

1. Analizar los conceptos básicos de la Electricidad.
2. Distinguir y manejar adecuadamente las variables eléctricas: tensión, intensidad, potencia en corriente continua.
3. Conocer las técnicas de análisis de circuitos de corriente continua.
4. Manejar y montar los diferentes instrumentos de medición en DC.

CIRCUITOS ELÉCTRICOS II (5767)

General:

1. Conocer y aplicar las técnicas de análisis de Circuitos Eléctricos de Corriente Alterna.

Específicos:

1. Analizar y obtener la respuesta en estado estable de los circuitos monofásicos R, L, C, RL, RC, RLC con fuentes independientes y controladas en estado estable, aplicando diferentes métodos de solución, como son: nodos, supernodos, mallas, supermallas, transformación de fuentes; y teoremas tales como Thevenin, Norton, Kennelly, Superposición y Linealidad, y Máxima Transferencia de Potencia.
2. Analizar el comportamiento y respuesta de los circuitos trifásicos balanceados y desbalanceados a fuentes senoidales.
3. Analizar el factor de potencia.
4. Analizar el acoplamiento magnético de elementos inductivos.

ELECTRÓNICA ANALÓGICA I (5810)**Generales:**

1. Estudiar el comportamiento y aplicaciones de los semiconductores, particularmente el Diodo, BJT y el FET.

Específicos:

1. Conocer los principios básicos de los semiconductores.
2. Estudiar el principio de funcionamiento de los transistores BJT y FET.
3. Poner en práctica y comprobar el funcionamiento de lo aprendido en la teoría.

ELECTRÓNICA ANALÓGICA II (5811)**Generales:**

1. Analizar los diferentes tipos de preamplificadores y amplificadores de potencia a BJT o FET.

2. Realizar circuitos con el amplificador operacional y el 555.
3. Comprobar el funcionamiento de los AOP y del 555 al elaborar las respectivas prácticas.

ELECTRONICA DIGITAL (5815)

Generales:

1. Conocer y estudiar los componentes más utilizados en la electrónica digital, la estructura de la lógica secuencial y su relación con el mundo Analógico, además diseñar y reparar varios circuitos de acuerdo al alcance tecnológico y de nuestro mercado.

Específicos:

1. Analizar el funcionamiento de los integrados más comunes utilizados en la electrónica digital y las aplicaciones que se pueden realizar con los mismos.
2. Realizar diseños de circuitos digitales de lógica combinatoria.
3. Analizar los circuitos MSI
4. Comprobar el funcionamiento de los circuitos diseñados en cada una de las prácticas
5. Realizar un circuito de aplicación práctica en el que los estudiantes apliquen todos los conocimientos adquiridos en la materia de electrónica digital.
6. Desarrollar en el estudiante la capacidad de creatividad, investigación y auto educación.

INSTALACIONES CIVILES (5863)

1. Conocer las normas eléctricas vigentes.
2. Estudiar los esquemas eléctricos.
3. Aplicar los elementos de diseño de Instalaciones eléctricas residenciales.

INSTALACIONES INDUSTRIALES (5865)

Generales:

Conocer y utilizar los principales aparatos y accesorios y realizar el diseño y construcción de circuitos de las instalaciones Industriales.

Específicos:

1. Conocer los elementos que intervienen en las instalaciones industriales.
2. Ejecutar el mando de motores monofásicos, trifásicos y de corriente continua.
3. Instalar inversiones de rotación en motores monofásicos, trifásicos y de corriente continua.
4. Montar arrancadores, limitadores de corriente de motores asíncronos.
5. Acoplar secuencias automáticas.

AUTOMATIZACION INDUSTRIAL I (5751)

Generales:

1. Diseñar sistemas de aplicación de la lógica secuencial, conocer claramente las partes de las cuales está constituido un PLC, así como también de su instalación y aplicación.

Específicos:

1. Analizar procesos de producción y automatización que trabajen con PLCs
2. Diseñar e implementar procesos de automatización con la utilización del PLC
3. Manejar señales digitales en un PLC
4. Manejar señales analógicas en un PLC.

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL II (5752)

Generales:

1. Aplicar los principios físicos de los fluidos para diseñar y construir circuitos de automatización de procesos industriales

Específicos:

1. Conocer los principios físicos de la hidráulica y neumática.
2. Analizar el funcionamiento de los dispositivos óleos hidráulicos en las diferentes máquinas herramientas e industriales de nuestro medio.
3. Conocer la simbología hidráulica y neumática según norma ISO.
4. Diseñar circuitos óleo hidráulicos y electro hidráulicos.
5. Realizar el mantenimiento de circuitos hidráulicos y neumáticos.
6. Analizar los sistemas de producción, acumulación y distribución de aire comprimido.
7. Diseñar y construir circuitos electro neumáticos
8. Realizar circuitos híbridos con PLC.

SEÑALES Y SISTEMAS (5962)

General:

1. Estudiar los conceptos básicos de señales y sistemas continuos y sus clasificaciones más importantes.

Específicos:

1. Estudiar las diferentes formas de analizar señales y sistemas continuos tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia.

SISTEMAS MICROPROCESADOS I (5979)

General:

1. Introducir al estudiante al mundo de los microcontroladores sin apegarle a una marca en especial.

Específicos:

1. Iniciar a los estudiantes en el trabajo con dispositivos programables,
2. Comprender y aplicar conceptos generales relativos al trabajo con Microcontroladores que puedan ser aplicados a cualquier tecnología de fabricación de estos chips.
3. Desarrollar aplicaciones primarias básicas para así poner en práctica los conceptos que se van adquiriendo a medida que avanza la materia.

SISTEMAS MICROPROCESADOS II (5980)

General:

1. Conocer el funcionamiento de un sistema electrónico basado en microprocesadores.

Específicos:

1. Desarrollar una programación estructurada en los estudiantes mediante proyectos que se imparten en el curso.
2. Utilizar las técnicas de direccionamiento de puertos de las interfaces de entrada y salida de datos.
3. Desarrollar las técnicas de direccionamiento de las interfaces de memoria del sistema.
4. Diseñar e implementar un controlador lógico, utilizando el microprocesador y los puertos de la computadora para procesar, controlar y visualizar en tiempo real las variables de un sistema de control.

5. Desarrollar procesos de comunicaciones de la Computadora en forma paralela o serial, utilizando periféricos programados paralelos o seriales.
6. Diseñar e implementar un sistema de memoria basado en PC, ya sea memoria RAM o EPROM.

TEORIA DE CONTROL I (5994)

Generales:

1. Reconocer los parámetros de diseño de los sistemas de control y aprender a desarrollar los modelos matemáticos de los mismos.

Específicos:

1. Diferenciar entre el error y la estabilidad analizando los aspectos primordiales de los sistemas
2. Determinar la estabilidad de los sistemas mediante las técnicas de análisis, así mismo sus modificaciones para que sean estables
3. Reconocer el comportamiento de los sistemas a través de la ubicación de polos y ceros
4. Aprender a aplicar las técnicas de compensación para lograr la estabilidad de un sistema lineal de control
5. Aprender a analizar los sistemas de control en el espacio de estado.

TEORÍA DE CONTROL II (5995)

General:

1. Reconocer los parámetros de diseño de los sistemas de control y aprender a desarrollar los modelos matemáticos de los mismos, en el dominio de la frecuencia.

Específicos:

1. Entendimiento del proceso físico y de las variables involucradas.
2. Modelación física y matemática del proceso a automatizar.
3. Pruebas del funcionamiento esperado (estabilidad, frecuencia, etc.)
4. Construcción del sistema cuando sea posible

TEORÍA DE CONTROL III (5996)**General:**

Analizar el comportamiento de señales y sistemas lineales discretos tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia, usando conceptos de convolución, transformada discreta de Fourier, transformada Z, etc. Introducir los conceptos básicos de diseño de filtros digitales.

PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES (DSP) (5915)**General:**

1. Dar a conocer a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electrónica los dispositivos y técnicas avanzadas en el procesamiento de señales. Se pretende que el estudiante aplique sobre "*hardware específicos*" los conocimientos adquiridos en las diferentes ramas de la carrera.

Específicos:

1. Introducir al alumno en las tecnologías de procesamiento de señales.
2. Estudiar técnicas de adquisición de señales de alta velocidad.
3. Uso de PLDs y FPGAs para el diseño de dispositivos puntuales para el tratamiento de señales.
4. Analizar los sistemas operativos en tiempo real y su implementación sobre sistemas "*embedded*".

SENSORES Y TRANSDUCTORES (5961)

General:

1. Conocer el funcionamiento de los principales sensores, transductores y circuitos de control industrial en forma teórica y práctica.

Específicos:

1. Dar una introducción sobre la importancia de los sensores y transductores en la industria y la terminología utilizada.
2. Conocer los elementos de presión más utilizados en la industria e Implementar aplicaciones con circuitos estudiados en Electrónica 2.
3. Conocer los elementos de temperatura más utilizados en la industria e Implementar aplicaciones con circuitos electrónicos estudiados.
4. Conocer los elementos de nivel más utilizados en la industria e implementar aplicaciones con circuitos electrónicos estudiados

INSTRUMENTACION (5866)

Generales:

1. Proporcionar una visión general acerca del funcionamiento de los sistemas de instrumentación, y los principales bloques constitutivos
2. Proporcionar el conocimiento de los principios de funcionamiento básicos de los captadores y sus limitaciones físicas
3. Lograr que el alumno sea capaz de realizar un tratamiento básico de una señal y su adaptación en una aplicación específica
4. Proporcionar unos conceptos básicos sobre las reglas a cumplir en el conexionado de equipos (técnicas de cableado e interconexión), en función de las señales con las que se trabaja
5. Proporcionar unos conocimientos básicos sobre las tarjetas de adquisición / actuación en el mercado, características y criterios de selección, así como de las características de bloques captadores comerciales

COMUNICACIONES (5770)

General:

1. Identificar las bandas de frecuencias, del espectro Radio Eléctrico
2. Identificar la banda de operación, de algunos servicios de Telecomunicaciones.
3. Referir y explicar correctamente las ondas sonoras y Ondas de Radio
4. Esquematizar en bloques un sistema de comunicaciones
5. Referir de manera clara los elementos que forman parte de un sistema de comunicaciones
6. Referir y explicar de manera clara la importancia de la modulación y demodulación en la transmisión de Señales
7. Dar a conocer las ventajas de los sistemas de comunicaciones digitales sobre los sistemas analógicos

INFORMÁTICA INDUSTRIAL (5858)

Generales:

1. El curso presenta la utilización de un sistema SCADA para la monitorización y centralización de datos de procesos (medidas y parámetros), seguimiento y vigilancia.

Específicos:

1. Ubicar al estudiante en el contexto de la automatización de procesos.
2. Presentar al estudiante una herramienta SCADA para automatización de procesos.
3. Conocer el funcionamiento y utilización del paquete de software In Touch, para el monitoreo y control de procesos industriales y su integración con autómatas programables.
4. Se presenta la adquisición de variables de proceso para generar aplicaciones de control utilizando el PLC

TEORÍA DEL DISEÑO (5999)

Generales:

El objetivo general de la materia fabricar y construir sus propias tarjetas de circuitos impresos de una manera sencilla pero altamente profesional.

Específicos:

1. Manejo apropiado de cada una de las herramientas utilizadas en la práctica electrónica.
2. Organizar nuestra área de trabajo para obtener un Laboratorio electrónico muy acorde a nuestras necesidades.
3. Manejar diferentes software CAD existentes
4. Manejar software de diseño de pistas electrónicas
5. Diseñar y fabricar tarjetas de circuito impreso, mediante varios métodos
6. Conocer las Normas básicas para el diseño de tarjetas de circuito impreso
7. Conocer características importantes de los circuitos integrados, y el correcto uso de los disipadores de calor
8. Conocer algunas recomendaciones de las cajas donde se pondrán los diseños electrónicos
9. Manejar apropiadamente el caudín para soldar y desoldar dispositivos electrónicos tipo DIM y de montaje superficial.

COMUNICACIONES DIGITALES (5771)

General:

1. Familiarizar al estudiante con los conocimientos básicos de digitalización de señales analógicas, partiendo desde la comprensión de los procesos básicos de digitalización hasta la comprensión de los procesos de modulación digital de las señales para que puedan ser transmitidas a través de medios de comunicación analógicos.
2. Analizar las características de las señales digitalizadas y la eficiencia de los diferentes métodos de modulación digital.

PROPAGACIÓN (5925)

General:

El objetivo de esta materia es dar a conocer las características de los modelos de comunicación electromagnéticos, adquirirán los conocimientos suficientes para evaluar cada uno de los modelos y podrán efectuar estudios de propagación en medios de comunicación radioeléctricos.

REDES INALAMBRICAS (5950)

Generales

Reconocer, analizar, comparar los diferentes métodos de propagación de señales, técnicas de multiplexación, técnicas de modulación y de espectro ensanchado.

Específicos

1. Reconocer, analizar, comparar las diferentes técnicas de acceso inalámbrico.
2. Reconocer, Analizar, Evaluar los diferentes sistemas de telecomunicaciones inalámbricos. En especial identificar las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de telefonía celular de segunda y tercera generación.
3. Reconocer, analizar, comparar y evaluar las diferentes tecnologías de transmisión inalámbricas para el transporte de datos.

TALLER DE COMUNICACIONES (5984)

GENERAL

Diseñar y modelar proyectos de telecomunicaciones y poner en práctica los conocimientos adquiridos en el área de las telecomunicaciones.

ELECTROMEDICINA III (5803)

General:

Conseguir que el alumno pueda adquirir señales eléctricas del cuerpo humano para procesarlas y tratarlas de forma eficiente y práctica.

Específicos:

1. Conocer el funcionamiento de los transductores y amplificadores de instrumentación.
2. Realizar mediciones eléctricas eficientes del sistema cardiovascular y respiratorio.
3. Adquirir, procesar imágenes biomédicas destinadas a una aplicabilidad específica.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL I (5801)

Generales:

Conocer los conceptos en los que se basa la Inteligencia Artificial y aplicarlos a ejemplos prácticos.

Específicos:

1. Conocer los fundamentos de la Inteligencia Artificial.
2. Conocer y aplicar los fundamentos de los Sistemas Expertos.
3. Conocer y aplicar los fundamentos de las Redes Neuronales Artificiales.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL II (5802)

General:

Conocer los conceptos en los que se basan las redes neuronales artificiales, las bases de la Lógica Difusa y aplicarlos a ejemplos prácticos.

Específicos:

1. Conocer y aplicar los fundamentos de las Redes Neuronales Artificiales.
2. Conocer y aplicar los fundamentos de la Lógica Difusa.
3. Conocer y aplicar los fundamentos de la Lógica Difusa en el control.
4. Conocer y aplicar los fundamentos de la Lógica Difusa en el manejo de bases de datos relacionales.

ROBÓTICA MÓVIL E INDUSTRIAL (5803)

General:

Introducir al alumno en el estudio de los robots móviles y robótica cooperativa, así como sus aplicaciones e innovaciones. En esta cátedra se dará especial énfasis a la investigación de robots móviles (caminantes y con ruedas) aplicado a los aspectos industriales.

Específicos:

1. Introducir al alumno en arquitecturas de robots móviles.
2. Estudiar los principios de robótica cooperativa y su utilidad en el campo industrial.
3. Analizar el uso de robots como agentes inteligentes.
4. Modelos y simular sistemas de robots móviles.

VISIÓN ARTIFICIAL (5803)

General:

Introducir al alumno en las principales técnicas y aplicaciones del procesamiento de imágenes en sistemas de automatización.

Específicos:

1. Introducir al alumno en el procesamiento de imágenes.
2. Estudiar algoritmos para el reconcomiendo, clasificación, identificación, reconstrucción, etc., de imágenes.
3. Realizar el estudio de casos de sistemas de automatización basados en visión por computador.
4. Diseñar sistemas integrados de automatización basados en visión por computador.

ROBOTICA (5957)

Generales:

Mejorar el nivel académico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad, mediante la inserción de sistemas prácticos–reales para el aprendizaje de la robótica y de los microcontroladores.

Específicos:

1. Trabajar en ambientes en los cuales el desarrollo intelectual y humano con alto grado de honradez, promoviendo una cultura de análisis e investigación, que sean críticos y creativos.
2. Aplicar y adaptar sistemas electrónicos, informáticos, mecánicos, eléctricos en la robótica mediante trabajos teóricos–prácticos, fomentando el uso de las Tecnologías de Informática y Comunicaciones (TIC's).
3. Implementar de forma adecuada el puesto de trabajo para el apropiado y correcto desarrollo de las prácticas de robótica.
4. Elaborar un manual de prácticas de robótica tanto en forma básica como en avanzada que sirva de instructivo para los alumnos.

COMUNICACIONES I (5772)

1. Introducir al estudiante al manejo de redes de computadoras, manejo de la adquisición de datos y puertos de comunicación.
2. Desarrollar aplicaciones de puertos de comunicación.
3. Aprender a manejar conceptos de adquisición de datos.
4. Desarrollar aplicaciones de adquisición sobre la base de interfaces de adquisición

COMUNICACIONES II (5773)

1. Introducir al estudiante al manejo de redes de computadoras, manejo de la adquisición de datos y protocolos de comunicación.
2. Configurar protocolos de comunicación
3. Aprender a manejar conceptos de adquisición de datos
4. Desarrollar aplicaciones de adquisición sobre la base de interfaces de adquisición
5. Conocer los protocolos de comunicación
6. Obtener reportes de producción y gráficas de análisis de los diferentes procesos utilizados.
7. Optimizar recursos de programación para lograr resultados reales de los procesos.
8. Organizar la información en forma de reportes WEB, con datos administrativos relevantes a la producción.

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA I (5973)

Generales:

Estudiar el comportamiento en estado estable de un sistema eléctrico de potencia frente a las pérdidas que se producen en las líneas.

Específicos:

1. Estudiar las propiedades eléctricas de los elementos que conforman un SEP.
2. Estudiar los efectos resistivos, inductivos y capacitivos de un SEP.
3. Proponer esquemas representativos de simulación para el análisis.
4. Modelar un SEP de diversas formas de acuerdo a la aplicación.
5. Estudiar el comportamiento de un SEP mediante flujos de potencia en estado estable.

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA II (5974)**Generales:**

Estudiar los efectos y consecuencias de los diferentes tipos de fallas que se pueden presentar en un SEP.

Específico:

1. Estudiar las fallas trifásicas equilibradas, desequilibradas y demás formas.
2. Modelar un SEP de diversas formas de acuerdo a la aplicación.
3. Aplicar estos conocimientos a estudios de estabilidad en Sistemas Eléctricos de Potencia

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA III (5975)**Generales:**

Estudiar los métodos de control y operación de los Sistemas Eléctricos de Potencia.

Específicos:

1. Brindar los fundamentos básicos del control de calidad del voltaje y frecuencia en un sistema eléctrico de potencia.
2. Familiarizar al estudiante con la operación de un Sistema Eléctrico de Potencia
3. Garantizar el despacho económico.

ANEXO 6

COTIZACIONES DE EQUIPOS Y SOFTWARE

Las cotizaciones de equipos y software han sido investigadas mediante la web, algunas empresas proporcionaron cotizaciones detalladas; en cambio en otras, esta información se encuentra directamente en su respectiva página web.

Para el software DigSilent con licencia Educacional, se obtuvo la información en la siguiente dirección electrónica:

http://www.digsilent.de/?p=Software/Educational_Versions

Para el software MikroBasic, la información se obtuvo de la siguiente dirección electrónica:

<http://www.mikroe.com/eng/products/view/9/mikrobasic-pro-for-pic/>

El resto de cotizaciones se detallan a continuación.



SOFTWARE shop ®

www.SOFTWARE-shop.com

El Distribuidor de Software Científico Líder en Latinoamérica.



Cliente: Universidad Politecnica Salesiana
Contacto: Darío Ochoa
e-mail: dochoac_777@hotmail.com
Cargo: **Ciudad:** Cuenca
Estado: Azuay **País:** Ecuador
Teléfono: 087136909 **Fax:**

COTIZACION No. 39541-1

Fecha: 2010-May-05
Validez Oferta: 30 días
Entrega: 20 días
Forma de Pago: 100% Anticipado

Productos		Factura Intl. USA* en: (USD)\$		Factura en: Ecuador en: (USD)\$	
Cant.	Descripción	Unitario	Total	Unitario	Total
1	EduLab de Altium Designer, licencia anual electronica de descarga para laboratorio de 10 usuarios de uso en las instalaciones de la Universidad y remotamente para estudiantes y profesores. Plataformas de desarrollo NB 3000 3 unidades. Capacitación 16 horas via Web, para un grupo máximo de 10 usuarios, material didactico con ejercicios resueltos de diferentes áreas para implementar la herramienta en la Universidad. Inscripcion en el Foro Latinamericano de electrónica donde interactuan las personas relacionadas con el diseño electrónico en Latinoamerica.	\$5,500	\$5,500	\$8,462	\$8,462
		Fletes Subtotal	\$0	Fletes Subtotal	\$0
			\$5,500	IVA ** del 12%	\$8,462
		Total	\$5,500	Total	\$9,477

Observaciones

Para entrenamiento presencial es importante adicionar us\$ 2.200 para gastos de viaje y traslado del instructor, 16 horas, 2 dias, fecha en comun acuerdo.

Notas Importantes

* En Factura Intl. USA , el cliente asumirá el costo de Internación de los productos comprados. Ver www.SOFTWARE-shop.com/FOB

** Los impuestos calculados en Factura Local son estimados. Al momento de la compra se liquidarán los impuestos de ley vigentes a la fecha.

SOFTWARE shop ofrece la posibilidad de compra directamente en los Estados Unidos o en su país, a través de Agentes Locales.

Usted puede escoger la opción que más le convenga.

* Las cotizaciones para Entrenamiento Especializado se ajustarán de acuerdo con la intensidad y la modalidad de entrenamiento seleccionado.

* Para tramitar una Orden de Compra es indispensable entregar la información del Usuario Final del software.

Los precios de esta cotización pueden variar por: 1 - Compras por cantidades diferentes a las ofrecidas. 2 - Cambios de versiones por parte del fabricante. 3 - Variación en el tipo de cambio superiores al 2%. 4 - Cambio en la forma de pago.

En caso de que uno de los productos cotizados sea descontinuado, el fabricante incrementa sus precios o haga un cambio en su estrategia de distribución, nos reservamos el derecho de entregar uno de características similares.

Factura en: USA*

Empresa: SOFTWARE shop Inc **Tax ID:** 601989542
Dirección: Att: Box 545B - Accounts Receivable 3020 Issaquah-Pine Lk Rd.
Ciudad: Issaquah
Estado: Washington **País:** USA
Teléfono: 1-425-651-4090 **Fax:** 1-425-696-0350
Medios de Pago: Tarjetas de Crédito - Giros Western Union - Transferencia Bancaria - Cheques en USD
Consulte: www.SOFTWARE-shop.com/pagos
Ejecutivo de cuenta: Janeth Vallejo
e-mail: janeth@software-shop.com

Factura en: Ecuador

Empresa: Agente Local Ecuador
Identificación Tributaria:
Contacto: Janeth Vallejo
e-mail: janeth@software-shop.com
Dirección:
Ciudad: Quito **Código Postal:**
Estado: Pichincha **País:** Ecuador
Teléfono: +1-(425) 651-4090 **Fax:**
Banco:
Cuenta:





Famic Technologies Inc.

9999 Boul. Cavendish, Suite 350
St-Laurent, Québec, Canada H4M 2X5



Proposal # 2009111682-LO-2
Presented by : Diego Baus
Date : 2010-05-06

Tel. : +1 (514) 748-8050
Fax : +1 (514) 748-7169
dbaas@famictech.com

Nelson Jara
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
CALLE VIEJA 12-30 Y ELI LIUT
CUENCA, AZUAY, Ecuador
10109

Tel. : 5-939-206-9529
Fax : 593-786-9112
njara@ups.edu.ec

Automation Studio, Educational Edition, Version 5.6

Software Product(s)

Item	Qty	Description	Unit Price	Price
1	11	Automation Studio Educational - Complete Package - HMI and Control Panel - Pneumatic Library - Proportional Pneumatic Library - Hydraulic Library - Proportional Hydraulic Library - Component Sizing Module - Electrotechnical library (Includes IEC and NEMA Standards) - Electrical Controls Library (Includes IEC and JIC Standards) - Allen Bradley PLC Ladder Logic Library - Siemens PLC Ladder Logic Library - IEC 1131-3 PLC Ladder Logic Library - Digital Electronic Library - SFC Grafset IEC 61131 Library - Bill of Material & Report Module NOTE: By default, our software is shipped as follows: - For one user: USB protection dongle for single station installation. - For two or more users: USB protection dongle for network installation programmed for the specified number of users. For any other configuration, please contact your representative; additional fees apply per additional dongle. - One set of documentation (also available in PDF on installation CD)		7,350.00
1.1	1	Software Maintenance & Extended Support Program - Duration 1 year Includes; - Software updates, services releases, new versions - Online Training Session (2 hours) - Unlimited Technical Support (Phone, Fax, Email, Technical Support Portal) (The price is equivalent to 25% of the current software cost prior to any discount support for one year from the purchase date.)	1,837.50	1,837.50
Currency : CAD			SOFTWARE SUBTOTAL	9,187.50

Global Sub-Total	9,187.50
Shipping & Handling	350.00
Sub-Total	9,537.50
Total (CAD)	9,537.50

EQUIPOS UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA GUAYAQUIL

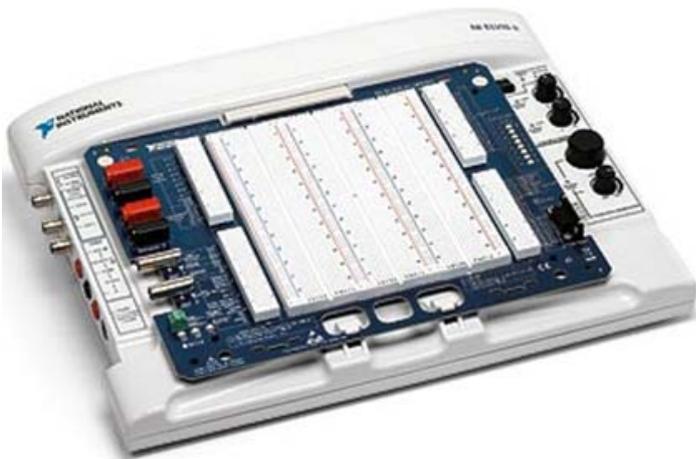
10 PUESTOS ELVIS II+

Referencia: Laboratorio de educación completo en áreas de Instrumentación, Comunicaciones y FPGA. Todo desde una sola Plataforma de Hardware y Software.

ELVIS II+

A continuación usted puede encontrar el detalle por los equipos para equipar un laboratorio completo en diferentes áreas de la carrera de Ingeniería Electrónica.

Todos los equipos expuestos son compatibles con LabVIEW para poder hacer cualquier tipo de práctica de laboratorio y además puede ser utilizado para experimentar con temas Innovadores que el estudiante quiera realizar sin limitarse a un número cerrado de prácticas como sucede en otras marcas.



Conjunto integrado de 12 instrumentos

- Oscilloscope
 - Function generator (manual control)
 - Digital multimeter (DMM)
 - Arbitrary waveform generator
 - Bode analyzer
 - 2-wire current voltage analyzer
 - 3-wire current voltage analyzer
 - Dynamic signal analyzer (DSA)
 - Impedance analyzer
 - Digital reader
 - Digital writer
 - Variable power supply (manual control)
-
- Conectividad con Hi-Speed USB plug-and-play
 - 16 entradas analógicas de una sola terminal de 16 bits, máxima velocidad de muestreo de 1.25 MS/s, modo de escaneo de 1 MS/s
 - Dos salidas analógicas de 16 bits (2.8 MS/s), 24 E/S digitales, dos contadores de 32 bits
 - Osciloscopio de 1.25 MS/s o 100 MS/s (NI ELVIS II+), DMM de 5½ dígitos, generador de forma de onda, fuente de alimentación

Información General

El Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) tiene un conjunto integrado de los 12 instrumentos más usado en el laboratorio - incluyendo el osciloscopio, multímetro digital (DMM), generador de funciones, fuente de alimentación variable y analizador de Bode en un formato compacto para el laboratorio o área de trabajo personal. Basado en el software de diseño gráfico de sistemas NI LabVIEW, NI ELVIS con habilidades USB plug-and-play, ofrece la flexibilidad de la instrumentación virtual y permite rápida y fácil adquisición y visualización de datos.

JUEGO DE TELECOMUNICACIONES NI ELVIS/EMONA



Plataforma de Aprendizaje Práctico para Conceptos de Telecomunicaciones

- Múltiples y modernos experimentos digitales y analógicos en un solo entrenador
- Sistema experimental práctico con un enfoque de diseño de diagrama de bloques de extensa aceptación
- NI ELVIS con interfaz USB plug-and-play para una instalación flexible
- Operación en modo manual local y bajo control de software LabVIEW completamente integrado
- Plan de estudios para conceptos de telecomunicaciones
- Software NI LabVIEW y LabVIEW SignalExpress

Información General

El Juego de Telecomunicaciones Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS)/Emona DATEX de National Instruments está diseñado para brindar aprendizaje experimental sobre conceptos de sistema en telecomunicaciones usando el enfoque de diagrama de bloques. Con su conjunto integrado de los 12 instrumentos más usados en un formato compacto, interfaz USB plug-and-play, completa plataforma de diseño en telecomunicaciones (Emona DATEX Telecoms-Trainer 202 o ETT-202) y plan de estudios en telecomunicaciones, el conjunto ofrece una completa plataforma de diseño y generación de prototipos que los estudiantes pueden usar para aprender conceptos de telecomunicaciones a través de un enfoque práctico.

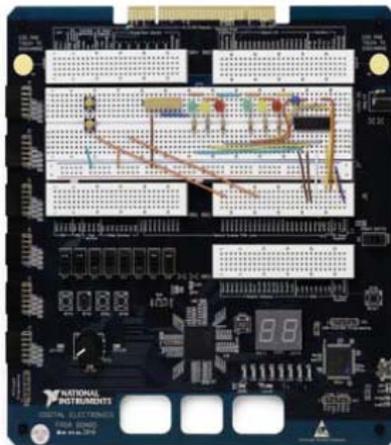
Los libros de texto en telecomunicaciones de hoy en día usan el diagrama de bloques como una notación estándar para describir la implementación de ecuaciones matemáticas, modulación y combinaciones de códigos. El Emona DATEX ETT-202 es una combinación de bloques de construcción de una sola función como

sumadores, multiplicadores y palancas de fase.

Los estudiantes e investigadores ahora pueden construir experimentos al combinar bloques de hardware DATEx a los diagramas de bloques teóricos de telecomunicaciones y al usar NI ELVIS para enviar el estímulo y medir la respuesta. La teoría se puede llevar a cabo con señales eléctricas reales ya que construyen y diseñan esquemas de modulación y código.

El Juego de Telecomunicaciones NI ELVIS/Emona DATEx incluye la plataforma de enseñanza NI ELVIS, el entrenador Emona DATEx ETT-202, plan de estudios en telecomunicaciones, el entorno de desarrollo gráfico NI

TARJETA DE FPGA ELECTRÓNICO DIGITAL



Conectividad con NI ELVIS II+ y Soporte para LabVIEW FPGA

- Tarjeta para enseñar electrónica digital
- Programable con LabVIEW FPGA y herramientas Xilinx ISE
- Instrumentación completa con conectividad con NI ELVIS I/II +
- Incluye periféricos internos adecuados para la enseñanza
- Plan de estudios establecido para descarga gratis

Información General

La Tarjeta de FPGA Electrónico Digital de NI, basada en el arreglo de compuertas programable en campo (FPGA) Xilinx Spartan-3E, es una plataforma educativa diseñada para ayudar a los educadores a enseñar conceptos de diseño de electrónica digital. Esta tarjeta es completamente programable con el software NI LabVIEW y el Módulo LabVIEW FPGA, así como con las herramientas Xilinx ISE, de esta manera los educadores pueden enseñar electrónica digital para todas las disciplinas.

La tarjeta incluye una área para generación de prototipos, donde los estudiantes pueden construir circuitos y ofrece integración con NI ELVIS I/II +, lo cual brinda un conjunto completo de instrumentación con 12 instrumentos integrados para construir bancos de pruebas con señales del mundo real para probar diseños FPGA. La tarjeta también incluye los periféricos necesarios como LEDs, conmutadores DIP, push-button, pantallas de siete segmentos y codificadores para enseñar conceptos de electrónica digital.

Nota: Por el monto de compra, de parte de la Empresa National Instruments se hace un regalo de dos sistemas sbRIO los cuales son los mejores en la especie para hacer proyectos de Robótica, puede verse la descripción de los equipos luego del detalle de cotización.

NI SBRIO-9642



Dispositivos Embebidos con DIO, AI/AO, 24 V DI/DO, FPGA de 2M de Compuertas

- Procesador de 400 MHz, 256 MB de almacenamiento no volátil, 128 MB DRAM para control y análisis determinísticos
- FPGA de 2M de compuertas con tecnología de E/S reconfigurable (RIO) para temporización personalizada, procesamiento en línea y control
- 110 líneas DIO de 3.3V (tolerancia de 5V)
- 32 entradas analógicas de 16 bits
- 4 salidas analógicas de 16 bits
- 32 DI/DO de 24V
- Puerto Ethernet 10/100BASE-T
- Puerto serial RS232
- Entrada de suministro de 19 a 30 VDC
- sbRIO-9642 tiene rango de operación de -20 a 55 °C

Información General

Los dispositivos embebidos de control y adquisición NI sbRIO-9642 integran un procesador en tiempo real, un arreglo de compuerta programable en campo (FPGA) reconfigurable por el usuario y E/S en una sola tarjeta de circuito impreso (PCB). Tienen un procesador industrial de 400 MHz, un FPGA Xilinx Spartan de 2M de Compuertas, 110 líneas de E/S digital de 3.3 V (tolerancia de 5 V/compatible con TTL), 32 canales de entrada analógica de una sola terminal y 16 diferenciales de 16 bits a 250 kS/s, cuatro canales de salida analógica de 16 bits a 100 kS/s y 32 líneas industriales de 24 V.

También tienen tres conectores para E/S de expansión usando módulos de E/S de la Serie C a nivel de tarjeta.

Estos dispositivos tienen un puerto de Ethernet de 10/100 Mb/s que usted puede usar para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y servidores de archivos (FTP). Usted puede usar el puerto serial RS232 para controlar dispositivos periféricos.

FUENTE DE ALIMENTACIÓN NI PS-15 5 A, 24 VDC



- Entrada de 115/230 VAC de 1 fase, salida de 24 a 28 VDC, 5 A
- Fuente de alimentación para CompactRIO, Compact FieldPoint, NI Single-Board RIO, NI Smart Cameras y NI TPCs
- Potencia de salida completa de 120 W entre -25 y +60 °C, (depreciada 3 W/°C desde 60 a 70 °C)
- La reserva de potencia del 20 por ciento para cargas dinámicas se puede usar continuamente hasta 45 °C
- Terminales tornillo-abrazadera para fácil conectividad en campo
- Montaje en riel DIN incluido y accesorios disponibles para montaje en panel y de lado

Información General

Las fuentes de alimentación industriales tienen una larga expectativa de vida, reservas de potencia generosas y tamaño compacto. Las fuentes de 24 V son ideales para energizar cualquier sistema NI CompactRIO, NI Compact FieldPoint, NI Single-Board RIO, NI Smart Camera, PC con pantalla táctil (TPC) o NI CompactDAQ así como drives de motor de DC. El sistema de riel DIN y terminales de tornillo-abrazadera no requieren herramientas, lo cual hace más fácil y rápida la instalación. Los voltajes de entrada resisten los errores de usuario. El amplio rango de temperatura de operación y la inmunidad de interferencia extraordinaria electromagnética (EMI) permiten una operación sin problemas, hasta en condiciones agresivas.

OFERTA ECONOMICA 10 PUESTOS ELVIS:

Ítem	p/n	descripción	p.u.	cant	p.t.
1	780380-02	NI ELVIS II+ Instrumentation Design and Training Platform (No Software Included - Commercial Use)	4.752,00	10	47.520,00
2	780296-01	Emona DATEx Telecommunication Board for ELVIS (Board Only)	5.280,00	10	52.800,00
3	781025-01	NI Digital Electronics FPGA Board	330,00	10	3.300,00
4	780467-01	sbRIO-9642 400 MHz Controller and 2M Gate FPGA, Multifunction DIO, AI, AO, & 24V DIO	3.960,00	2	0,00
5	781093-01	NI PS-15 Power Supply, 24 VDC, 5 A, 100-120/200-240 VAC Input	276,00	2	0,00
			Subtotal:		103.620,00
			IVA	12%	12.434,40
			TOTAL		116.054,40

EQUIPO PXI PARA COMUNICACIONES

Ref: Analizador y Generador de RF de hasta 6.6 GHz con multiplexor de 6 antenas

De mis consideraciones.

A continuación encontrará el detalle referente a un laboratorio de radiofrecuencia basado en una plataforma computacional industrial PXI con módulos de generación y análisis RF de 500 KHz hasta 6.6 GHz junto a 2 módulos multiplexores de 6 antenas para automatizar las mediciones en el campo.

A continuación se puede apreciar una imagen del equipo PXI propuesto en este documento:



CONTROLADOR NI PXIe-8108



- Procesador dual-core Intel Core 2 Duo T9400 de 2.53 GHz
- Hasta 25% mayor rendimiento que el NI PXIe-8106
- Hasta 1 GB/s de ancho de banda del sistema y ancho de banda en ranura de 250 MB/s
- 4 GB DDR2 RAM DDR2 (4 DIMM x 1 GB) de 800 MHz
- Tarjeta Ethernet de 10/100/1000BASE-TX (Gigabit), ExpressCard/34, 4 puertos de Hi-Speed USB, GPIB, serial y otras E/S
- SO Windows y controladores ya instalados; recuperación del sistema desde el disco duro
- 80 GB integrated hard-drive standard
- Incluye monitor de pantalla plana de 19", teclado, ratón, unidad externa DVD.

NI PXIe-5663



Analizador de Señales Vectoriales de 6.6 GHz

- Rango de frecuencia de 10 MHz a 6.6 GHz
- Ancho de banda instantáneo (3 dB) de 50 MHz
- Plano típico de ± 0.35 dB en ancho de banda de 20 MHz
- Precisión típica de amplitud de ± 0.65 dB
- Ruido típico de < -158 dBm/Hz a 1 GHz
- Típico rango dinámico sin espurio (SFDR) de 80 dB

Información General

El analizador RF de señales vectoriales NI PXIe-5663 de 6.6 GHz con amplio ancho de banda instantáneo está optimizado para pruebas automatizadas. Combinado con controladores PXI de alto rendimiento y el bus de datos PCI Express de alta velocidad, este analizador de señales vectoriales puede realizar medidas automatizadas comunes significativamente más rápido que la instrumentación tradicional.

NI PXIe-5673/512MB



6.6 GHz RF Vector Signal Generator (4-ranuras)

- Rango de frecuencia de 85 MHz a 6.6 GHz
- Más de 100 MHz de ancho de banda de RF
- Hasta +10 dBm RF de potencia
- Desfase de ruido de -112 dBc/Hz a 10 kHz (1 GHz)
- Radio de fuga de canal contiguo de -66 dBc para señales como WCDMA
- Supresión típica de imagen y dispositivo de -64 dBc a 2.4 GHz

Información General

El NI PXIe-5673E es un generador RF de señales vectoriales de 6.6 GHz de amplio ancho de banda. El bus de datos PCI Express de alta velocidad permite al NI PXIe-5673E escribir directamente desde disco, así usted puede generar formas de onda continua que tienen hasta varios terabytes de longitud. Además, con el modo de lista de RF, usted puede realizar cambios rápidos y determinísticos en configuración de RF, el cual reduce significativamente el tiempo de pruebas para medidas multi-banda.

Usando el NI LabVIEW Modulation Toolkit, el NI PXIe-5673E puede generar diferentes formas de onda incluyendo AM, FM, CPM, ASK, FSK, MSK, PSK, QAM (4, 16, 64 y 256), señales multi tono y formas de onda arbitraria. Además, usted puede combinar este generador de señales vectoriales con software estándar para generar señales para GSM/EDGE/WCDMA, WLAN, WiMAX, LTE, GPS, DVB-C/H/C, ISDB-T, ZigBee y otros.

NI PXI-2596 MULTIPLEXOR DE ANTENAS

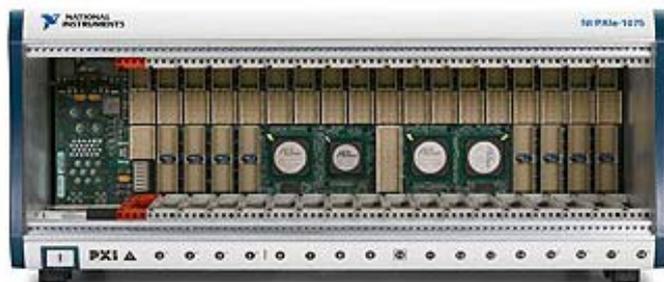


- Rendimiento de 26.5 GHz (típico): Pérdida de inserción de -0.3 dB; VSWR de 1.25
- Rendimiento de 6.6 GHz (típico): Pérdida de inserción de -0.15 dB; VSWR de 1.13
- Impedancia característica de 50 Ω
- Rastreo interno de cuenta de relés
- Habilidad para almacenar información sobre calibración de RF con NI Switch Executive

Descripción

El NI PXI-2596 es un módulo multiplexor de conmutación 6x1 dual para enrutar señales de RF o de microonda en aplicaciones de pruebas automatizadas. Al estar diseñado para operar con menos de 1 dB de pérdida de inserción hasta 26.5 GHz, el PXI-2596 es casi invisible para señales a frecuencias mucho menores también. Ofrece una opción de multiplexor sin terminación de alta densidad con bancos de multiplexor 6x1 dual en el mismo módulo. El PXI-2596 también es adecuado para pasar armónicos de alto orden desde convertidores de RF, como el generador RF de señales vectoriales NI PXIe-5673 de 6.6 GHz, o para enrutar múltiples recursos a convertidores de RF, como el analizador RF de señales vectoriales NI PXIe-5663 de 6.6 GHz.

CHASIS DE 18 RANURAS NI PXIe-1075



- 8 ranuras híbridas, 8 ranuras PXI Express, 1 ranura de temporización del sistema PXI Express
- Potencia total de 791 W
- Compatible con módulos PXI, PXI Express, CompactPCI y CompactPCI Express
- Para usarse con los controladores NI PXIe-8130, PXIe-810x, PXIe-PCIe837x, PXIe-PCIe836x, PXIe-ExpressCard8360
- Alto rendimiento - hasta 1 GB/s por ranura de ancho de banda dedicado y 4 GB/s de ancho de banda del sistema

OFERTA ECONÓMICA EQUIPO PXI PARA COMUNICACIONES:

Ítem	p/n	descripción	p.u.	cant	p.t.
MODULO DE PROCESAMIENTO Y CONTROL					
1	781033-02	NI PXIe-8108 Core 2 Duo 2.53 GHz Controller with Windows Vista	5.346,00	1	5.346,00
GENERADOR VECTORIAL DE SEÑALES					
2	780418-02	NI PXIe-5673 6.6 GHz RF Vector Signal Generator with 512 MB RAM	32.076,00	1	32.076,00
ANALIZADOR VECTORIAL DE SEÑALES					
3	781260-02	NI PXIe-5663E 6.6 GHz RF Vector Signal Analyzer w/ 256 MB RAM	30.888,00	1	30.888,00
MULTIPLEXOR DE 6 ANTENAS					
4	778572-96	NI PXI-2596 26 GHz Dual 6x1 Multiplexer	10.692,00	2	10.692,00
CHASIS					
5	780291-01	PXIe-1075, 18-Slot 3U PXI Express Chassis	7.365,60	1	7.365,60
SERVICIO DE ENSAMBLAJE Y CONTRASTACION NIST					
6	960903-02	NI Standard System Assurance Program for PXI	4.320,00	1	4.320,00
Subtotal:					90.687,60
IVA				12%	10.882,51
TOTAL					101.570,11

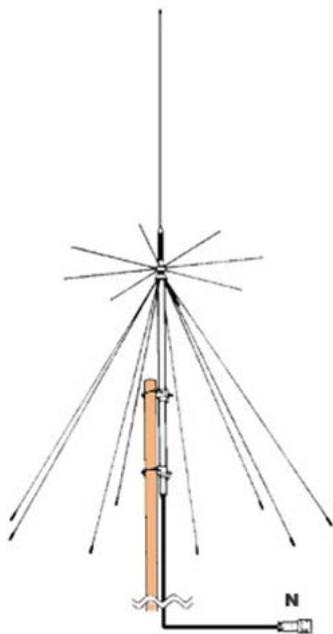
Por la compra del ítem EQUIPO PXI PARA COMUNICACIONES como servicio Post Venta se capacitará a un grupo de profesores en el manejo de LabVIEW y del Equipo durante 40 horas, además se entregará un kit FPGA que incluye 1 sbRIO totalmente gratis para el apoyo en el desarrollo de robótica Industrial.

KIT DE ANTENAS

De mis consideraciones.

A continuación usted puede una variedad de tipos de antenas entre logarítmicas,

ICOM AH-7000



La **ICOM AH7000** discono, recibe sólidamente desde los **25 a los 1399 MHz** También se puede transmitir en **50, 144, 430, 900 y 1200 MHz** con potencias inferiores a 100 W. El diseño de las antenas disconos ofrecen un patrón omnidireccional.

La antena está fabricada en acero inoxidable con 1.7 m. de longitud y puede colocarse en mástiles desde 25 a 52 mm. de grosor. La antena pesa 1Kg. y no incluye el mástil.

La AH7000 incluye 15 metros de cable con conector N con adaptador a SMA macho para conexión en equipos NI.

WISP4959018MBV



Antena Sectorial, Rango de Frecuencia **4.9 - 6.0 GHz**, **14-18 dBi. de Ganancia.**

Rango de Frecuencia: 4.9 - 6 GHz.
-Ganancia: 14-18 dBi.
-Polarización: **Vertical.**
-Conector: N Hembra.
-Cobertura: 45°-120°.
-Resistencia al Viento: 201 Km/h.
-Apertura Ajustable.

A03TV



SYSCOM

Para canales 2 al 6.
-Incluye arnés con terminación UHF
Hembra.

Larsen GPSCWCP00



Antena GPS
Frecuencia: 1574.4-1576.4 MHz
Ganancia: 22 ± 2 dB
Polarización: Vertical

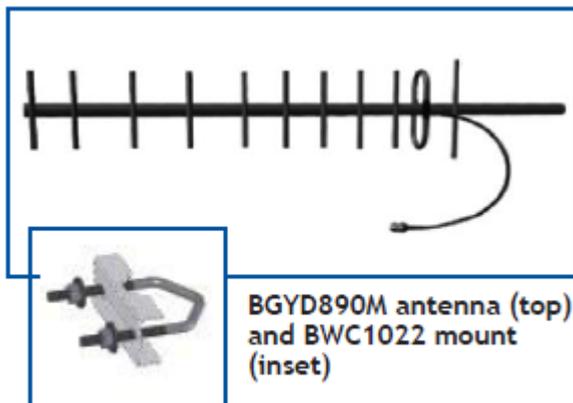
Larsen GPSDM06



Antena para uso en Frecuencia GPS
de 1575.42 MHz. [LARSEN
ANTENNAS]
Frecuencia: 1575.42 MHz.
-Ganancia: 5 dBi (28 dB con
Amplificador).
-Potencia: N/A.
-Alimentación de Amplificador: 5 Vcd.
-Cable: 5 m / RG-174.
-Conector: SMB Macho adaptador
SMA macho.

Dimensiones: 63 x 18 mm.

YAGI ANTENNAS, 890-960 MHZ, 12 DBD GAIN



BGYD890M antenna (top) and BWC1022 mount (inset)

The BGYD890M has been engineered to provide high gain broadband performance between the frequencies of 890-960 MHz. Solid 3/8" aluminum elements complement the fully welded dipole on the boom. The black powder coat BGYD890M comes with an integral low loss 2' RG213 feed line with a standard N-Female connector. High strength mounting clamp is supplied for vertical or horizontal polarization.

Antenna Electrical Specifications

Model	Frequency Range	-3 dB Horizontal Beamwidth	-3 dB Vertical Beamwidth	Front to Back Ratio	Nominal Gain
BGYD890M	890-960 MHz	40°	34°	20 dB	12 dBd

ANT450D



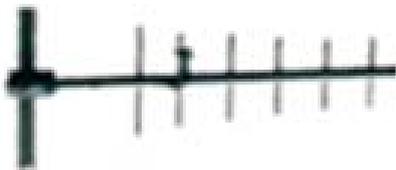
Antena Base UHF, de 1 Dipolo, Rango de Frecuencia 406 - 512 MHz. [TELEWAVE,INC.]
Rango de Frecuencia: 406-512 MHz.
-Dipolos: 1.
-Ganancia: 1 dB.
-Ancho de Banda: 106 MHz.
-Potencia: 500 Watts.
-Conector: N Macho.
-Resistencia al viento: 281 km/h.
-incluye montaje (No incluye mástil).

ANTENA DIRECCIONAL 301-124 WILSON DE 13 DBI SV9



Antena direccional marca wilson modelo 301-124 de 13 dbi de ganancia de 1800 a 1900 MHz de 9 elementos

SD8066*C



Antena Syscom base direccional yagi / 6 elementos. 806-866mhz. Ganancia 9 db. Ancho de banda 60mhz. Potencia 150w. Conector n hembra

ANTENA 15-201



Technical Specifications	
Frequency Range:	5725 - 5850 MHz
Transmit Gain:	29 dBi (typical)
Max. Input Power:	100 W
Polarization:	Vertical or Horizontal
AZ/EL Beamwidth:	6°/6°
Fron to Back Ratio:	> 25 dB
VSWR:	≤ 1.5
Wind Load:	125 mph (200 km/h)
Size:	Diameter: 25.5"
Weight:	19 lbs
Mounting Kit:	Included: Pole Mour
Operating Temperature:	-40°C to 70°C
Material:	Aluminum Alloy
Additional Features:	Powder Coated

15-204. 5.8GHZ 23 DBI PATCH SUBSCRIBER ANTENNA



Electrical	
Frequency Range:	5150 - 5875 MHz
Transmit Gain:	23 dBi
Max. Input Power:	6 W
Polarization:	Vert/Hori.
AZ/EL Beamwidth:	9°/9°
Front to Back Ratio:	32 dB
VSWR:	< 1.7
Wind Load:	130 mph (220 km/h)
Lightning Protection	DC Grounded

SAS-519-7 Log Periodic Antenna



The A.H. Systems' SAS-519-7 Log Periodic Antenna is extremely lightweight, compact and has been manufactured to ensure maximum gain and low VSWR. Covering a very large frequency range, this antenna is one of the smallest available. Whether testing inside a shielded enclosure or outdoors, this antenna will display efficient performance characteristics through the frequency range of 650 MHz to 7000 MHz.

Details:

Frequency Range: 650 MHz - 7000 MHz
Maximum Continuous Power: 700 Watts
Impedance: 50 Ω
Max Radiated Field: 200 V/m

SAS-100-7 LOG PERIODIC ANTENNA



The A.H. Systems' SAS-100-7 Log Periodic Antenna is extremely lightweight, compact and has been manufactured to ensure maximum gain and low VSWR. Covering a very large frequency range, this antenna is one of the smallest available. Whether testing inside a shielded enclosure or outdoors, this antenna will display efficient performance characteristics through the frequency range of 100 MHz to 1000 MHz.

Details:

Frequency Range: 100 MHz - 1000 MHz
Maximum Continuous Power: 700 Watts
Impedance: 50 Ω
Max Radiated Field: 200 V/m

Oferta económica:

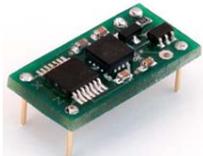
Ítem	descripción	p.u.	cant	p.t.
1	ANTENA LOG PERIODICA 600-6000Mhz	500,00	2	1.000,00
2	ANTENA LOG PERIODICA 100-1000Mhz	500,00	2	1.000,00
3	15-204	169,00	2	338,00
4	15-201	325,00	2	650,00
5	SD-806-6	69,00	2	138,00
6	301-124	80,00	2	160,00
7	ANT450D	379,00	2	758,00
8	BGYD890M	239,00	2	478,00
9	GPS-DM06	53,00	2	106,00
10	GPS-CWCP00	105,00	2	210,00
11	A03TV	282,00	2	564,00
12	WISP4959018MBV	399,00	2	798,00
13	ICOM AH-7000	300,00	2	600,00
Subtotal:				6.800,00
IVA 12%				816,00
TOTAL				7.616,00

SENSORES

Ref: Sensores de Automatización y Robótica

De mis consideraciones.

A continuación sírvase encontrar una oferta por diferentes tipos de sensores de propósito general, tanto para ambientes industriales como para aplicaciones académicas de robótica.

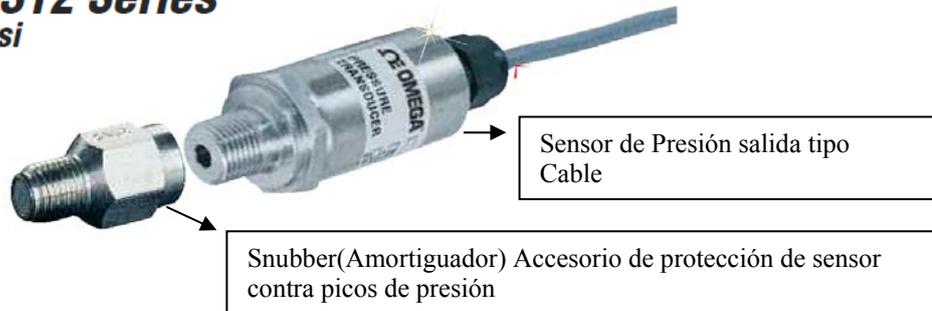
SENSORES			
PN	DESCRIPCIÓN	FUNCIONAMIENTO	IMAGEN
S-20-1000-FS5	.5 Inch Force Sensing Resistor (FSR)	Sensor de fuerza, varía su Resistencia al variar la fuerza aplicada sobre el área activa de 0.5 pulgadas	
S-300-DE-ACCM3D	Buffered 3D Accelerometer	Acelerómetro de 3 ejes, 3g, salida analógica, medición de vibración, aceleración, etc.	
S-10-GP2D12	Sharp IR Distance Sensor - GP2D12 (4-30 inches)	Salida analógica proporcional (no lineal) a la distancia, rango 10cm-80cm	
S-10-GP2D120	Sharp IR Distance Sensor GP2D120 (1.57 - 11.81 inches)	Salida analógica proporcional (no lineal) a la distancia, rango 4cm-30cm	
S-10-EZ2	Medidor de distancia mediante sonar (ultrasonido)	Salidas analógica, PWM, o serial, medición de hasta 6.45m, resolución de 2,5cm aprox	
S-20-P1126	Differential Gas Pressure Sensor	Sensor de presión de gas. Entrega una señal de voltaje proporcional al diferencial de presión de sus tomas, rango de – 25kPa to +25 kPa..	

FRS-V-276-2156	VEX Optical Shaft Encoder	Encoder de cuadratura de 90 pulsos por revolución, 2 salidas digitales Canal A y B (kit se envía con 2 encoders) (tarjeta USB-6008/9 tiene una sola entrada de contador)	
----------------	---------------------------	--	---

HOJA DE DATOS DE LOS SENSORES Y TRANSDUCTORES INDUSTRIALES

SENSORES DE PRESIÓN DE PROPOSITO GENERAL SALIDA TIPO CABLE.

PX302/PX312 Series 15 to 10,000 psi 1 to 690 Bar



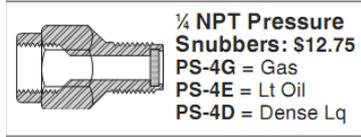
Compensated Temperature:
-1 to 71°C (30 to 160°F)
Total Thermal Effects: ±1% FS max
Proof Pressure: 200%, 13,000 psi max
Response Time: 1 ms
Shock: 50 g @ 11 ms
Vibration: 15 g 10 to 2000 Hz
Wetted Parts: 17-4 PH and 300 Series stainless steel
Pressure Port: ¼ NPT male
Electrical Connection:
PX302: 1 m (3') 4-conductor unshielded cable
PX312: mini DIN connector (included)
Weight: 131 g (4.6 oz) to 1000 psi
190 g (6.7 oz) from 1000 psi



SPECIFICATIONS

Excitation: 10 Vdc (5 to 15 Vdc limits)
Output: 10 mV/V ratiometric
100 mV ±1 mV @ 10 Vdc
Accuracy: 0.25% BFSL
(linearity, hysteresis, repeatability)
Zero Balance: 0 mV ±2 mV
Input Resistance: 15,000 Ω maximum
Long-Term Stability: ±0.5% FS
Typical Life: 100 million cycles
Operating Temperature:
-18 to 71°C (0 to 160°F)

*Snubbers protect sensors
from fluid spikes/hammers!*



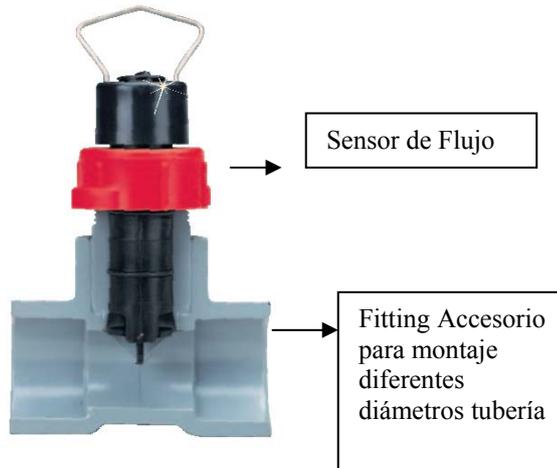
SENSOR DE FLUJO TIPO PALETA PARA TUBERIAS DE ½ A 4 PULG.

COMMON SPECIFICATIONS

Accuracy: ±1% full scale
Output Signal: 1 V p-p/fps
Output Frequency: 6 Hz/fps nominal
Flow Rate Range: 1 to 20 fps
Source Impedance: 8 KΩ
Maximum Pressure:
FP-5300 Series: 180 psig max @ 20°C (68°F)
FP-5100 Series: 200 psig max @ 20°C (68°F)
Minimum Temperature: 0°C (32°F)
Maximum Temperature: See chart on previous page for complete temperature and pressure rating
Pressure Drop: Equal to 2.5 m (8') of straight pipe
Material: Transducer Housing: glass-filled polypropylene; O-Rings: FKM; Shaft: Titanium (PVDF opt.); Rotor: PVDF
Maximum % Solids: 1% of fluid volume, non-abrasive, nonmagnetic, <100 micron diameter and length standard
Cable Length: 7.5 m (25')
Max Viscosity: 1 centipoise (water); up to 5 cp above 5 fps velocity



ACCESORIOS



CELDA DE CARGA



SPECIFICATIONS

Excitation: 10 Vdc, 15 Vdc max

Output: 3 mV/V ±.0075 mV/V

Linearity: ±0.03% FSO

Hysteresis: ±0.02% FSO

Repeatability: ±0.01% FSO

Zero Balance: ±1% FSO

Agency Approval: FM Intrinsically Safe IS/I.II.III/1/CDEFG Standard.

Operating Temp Range: -40 to 93°C (-40 to 200°F)

Compensated Temp Range: 17 to 71°C (60 to 160°F)

Thermal Effects:

Zero: 0.002% FSO/°C

Span: 0.002% rdg/°C

Safe Overload: 150% of Capacity

Ultimate Overload: 300% of Capacity

Bridge Resistance: 350 ± 5 Ohms

Full Scale Deflection: 0.25 to 0.50 mm (0.010 to 0.020")

Construction: Aluminum

Electrical (4-conductor shielded cable):

<250 kg: 9 m (30 ft) 24 AWG

>100 kg: 9 m (30 ft) 20 AWG

LC115/LCM115 Mating Connector: PT06F10-6S, sold separately

OFERTA ECONOMICA POR SENSORES:

p/n	descripción	p.u.	cant	p.t.
S-20-1000-FS5	.5 Inch Force Sensing Resistor (FSR)	13.31	5	66.53
S-300-DE-ACCM3D	Buffered 3D Accelerometer	70.56	5	352.80
S-20-P1126	Differential Gas Pressure Sensor	62.70	5	313.49
S-10-GP2D12	Sharp IR Distance Sensor - GP2D12 (4-30 inches)	26.19	5	130.94
S-10-GP2D120	Sharp IR Distance Sensor GP2D120 (1.57 - 11.81 inches)	26.19	5	130.94
S-10-EZ2	LV-MaxSonar-EZ2	60.38	5	301.90
FRS-V-276-2156	VEX Optical Shaft Encoder	40.30	5	201.50
745685-J02	J-Type Thermocouples (Ungrounded) (32 deg F to 900 deg F) Field Cuttable	102.00	5	510.00
745685-T02	T-type Thermocouples (Ungrounded) (-328 deg. F to 500 deg. F) Field Cuttable	102.00	5	510.00
745686-01	3 wire, 100 Ohm Platinum RTD (Field Cuttable Probe) alpha= 0.00385 (-58 deg F to 900 deg F)	132.00	5	660.00
780988-01	General Purpose Shear Accelerometer, 10 mV/g	552.00	1	552.00
780986-01	Coaxial cable: 10-32 plug to BNC plug for shear Accelerometer ; Cable length 10 ft	78.00	1	78.00
LC105-250	+/- 250 lb capacity "S" Beam Load Cell	590.00	1	590.00
PX302-100GV	Transductor de presión, fondo escala 100 psi, salida tipo cable	383.63	1	383.63
PS-4E	Snubber para eliminación de picos de presión de agua	21.74	1	21.74
FP-5300	Sensor de flujo tipo paleta para tubería de (1/2 a 4 pulg)	477.40	1	477.40
FP-5310	Fitting Montaje para sensor de flujo FP-5300 para tuberías 1"	334.18	1	334.18
FMK-31536-1	Plug de polipropileno para montaje sensor tipo paleta	78.43	1	78.43
			Subtotal:	5,693.46
			IVA 12%	683.22
			TOTAL	6,376.68



São Caetano do Sul, 29 de abril de 2010.

Validez de la Propuesta: 15 días

Propuesta Número: **EDAS2010-0070_ UPS_ProteusEduc**

Universidad Politécnica Salesiana

Atte.: Ingº Dario Ochoa Coronel

Fone: (593) 8713-6906

E-mail : dochoac.777@hotmail.com

Estimado Sr.,

Conforme solicitado, sigue la cotización del producto Proteus V 7.7 para desarrollo de proyectos electrónicos:

Proteus Versión 7.7 Educacional			Precios en Dólares USD ExWorks - USA
Item	Qty	Descripción	(10 Licencias)
1.	01	Advanced Simulation Features (10 NewLicencias Educational)	\$ 550.00
2.	01	Proteus VSM for PIC Bundle (8/16Bit) (PIC 10/12/16/18/24/dsPIC33)	\$ 2,680.00
3.	01	Proteus VSM for Atmel AVR (10 New Licencias Educational)	\$ 820.00
4.	01	Proteus VSM for 8051/52 (10 New Licencias Educational)	\$ 820.00
5.	01	Proteus PCB Design Level 2 (10 New Licencias Educational)	\$ 1,610.00
6.	01	Conjunto de Manuales y CD de Instalación	\$ 100.00
Valor Total=			\$ 6.580.00

Observaciones:

- Soporte técnico por correo electrónico y teléfono sin costos adicionales por el periodo de 1 año.
- En el pedido de compras, informar los datos del usuario responsable (nombre, dirección, tel., fax, correo).
- Todos los productos listados incluyen 12 meses de Contrato de Mantenimiento.

Condiciones de Venta:

- Plazo de entrega: 20 días
- Condiciones de pago: Pre-Pago (WireTransfer o PayPal).
- Precios: Ex - Works Florida-USA
- Garantía ofrecida: 90 días contra defectos de fabricación
- Flete: No Incluido

Nos colocamos a su entera disposición para aclarar eventuales dudas que estime pertinente.

Atentamente,

Miriam Padilla

Sales – Latin America (Anacom)

Edashop, Inc.

Phone: +55 11 3422-4214

Skype: miriam.padilla

6601 Lyons Road, Suite E#5 - C. Creek - Florida FL33073 - USA • VoIP: (954) 827-1441
Phone: (954) 827-1441 • FAX: (413) 480-0313 • E-mail: mpadilla@edashop.com

BIBLIOGRAFÍA

Documentos Publicados.

- [1] OPPENHEIM, Alan V. y MILSKY, *Señales y Sistemas*, Alan S., Editorial Pearson Education, Segunda Edición.
- [2] SHANNON, Robert E., *Expert Systems and Simulation*, Vol.44, No. 6, 1985.
- [3] M. Roberts, *Señales y sistemas*, Mc Graw Hill.
- [4] PROAKIS, J. G. y MANOLAKIS D. G., *Tratamiento Digital de Señales*, Prentice Hall, Madrid, 1998, tercera edición.
- [5] UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, *Proyecto Unificado de la carrera de Ingeniería Electrónica*, 2008
- [6] UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, *Proyecto Unificado de la carrera de Ingeniería Eléctrica*, 2008
- [7] UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, *Proyecto Unificado de la carrera de Ingeniería en Sistemas*, 2008
- [8] UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, *Proyecto Unificado de la carrera de Ingeniería Mecánica*, 2008
- [9] UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, *Proyecto Unificado de la carrera de Ingeniería Industrial*, 2008
- [10] UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, *Proyecto Unificado de la carrera de Ingeniería Automotriz*, 2008
- [11] UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, *Inventarios de Equipos del Taller de Ingeniería Eléctrica y Electrónica*, 2009

Sitios Web.

- [12] *National Instruments*:
www.ni.com
- [13] *LabVolt*:
www.labvolt.com
- [14] *MatLab y Simulink*:
www.mathworks.com

- [15] *Orcad*:
www.cadence.com
- [16] *Proteus*:
www.labcenter.co.uk
- [17] *Altium Desiganer*:
www.altium.com
- [18] *MPLAB*:
www.microchip.com
- [19] *MicroCode Studio*:
www.mecanique.co.uk
- [20] *MikroBasic*:
www.mikroe.com
- [21] *DIAL*:
www.dial.de
- [22] *Power World Simulator*:
www.powerworld.com
- [23] *DigSilent*:
www.digsilent.de
- [24] *Automation Studio*:
www.famictech.com