

DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LA ASIGNATURA MEDIOS
DE TRANSMISIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
DE LA ESCUELA DE ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES

EFRÉN DARÍO ACEVEDO CÁRDENAS

WILSON GIOVANNI CASTAÑEDA BARBOSA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

BUCARAMANGA 2011

DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LA ASIGNATURA MEDIOS
DE TRANSMISIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
DE LA ESCUELA DE ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES

EFRÉN DARÍO ACEVEDO CÁRDENAS

WILSON GIOVANNI CASTAÑEDA BARBOSA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico

Director:

José de Jesús Rugeles Uribe

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

BUCARAMANGA 2011

Quiero dedicar este triunfo a las personas que más amo en este mundo, quienes me han brindado su compañía, amor, confianza, apoyo incondicional y han soportado de mis errores, a los seres que han hecho de mí la persona que soy hoy en día y me han enseñado con su ejemplo a rebasar todas las barreras que la vida nos presenta, ellos son: mi madre Mary Luz Barbosa Amaya, mi padre Jaime Antonio Castañeda Ferruche, mi hermana Viviana Marcela Castañeda Barbosa y mi hermano Jaime Andrés Castañeda Barbosa.

A mi familia que de una u otra manera siempre han estado presente en mi vida, a los buenos amigos y amigas que tuve la oportunidad de conocer y recibir de ellos su sincera amistad.

De todo corazón.

Wilson Giovanni Castañeda Barbosa.

A mis padres, por su apoyo incondicional.

A mis hermanos por su constante motivación y ejemplo de vida.

A mis primos Acevedo Pérez por su compañía y apoyo.

*A mis compañeros, que con sus historias hicieron grande mi proceso
formativo.*

Efrén Acevedo

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	16
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	19
1.3 OBJETIVOS	20
1.3.1 Objetivo General	20
1.3.2 Objetivos específicos.....	20
2. CONCEPTOS Y AREAS DE PROFUNDIZACIÓN POR MEDIO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO	21
2.1 REFLECTOMETRÍA	21
2.2 ONDAS ESTACIONARIAS	21
2.3 ATENUACIÓN	22
2.4 CARTA DE SMITH	22
2.5 ACOUPLE DE IMPEDANCIAS	22
2.6 ANTENAS.....	23
3. DESARROLLO DE COMPETENCIAS	24
3.1 PROCESO DE SELECCIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO.....	24
3.2 MODELO DE LAS GUIAS DE LABORATORIO	26
3.2.1 Experiencia de laboratorio propuesta.....	26
3.2.2 Objetivos	26
3.2.3 Introducción.....	26
3.2.4 Marco teórico.....	26
3.2.5 Equipos necesarios	27

3.2.6 Bibliografía	27
3.2.7 Procedimiento	27
3.2.8 Análisis de datos	27
4. VALIDACIÓN	28
4.1 FASE INICIAL DE VALIDACIÓN	28
4.2 FASE INTERMEDIA DE VALIDACIÓN.....	28
4.3 FASE FINAL DE VALIDACIÓN.....	29
5. DISEÑO DEL MODELO CIRCUITAL DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN ...	31
5.1 TEORÍA FUNDAMENTAL DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN [9]	31
5.1.1 Impedancia Característica.....	34
5.2 COMPROBACION DEL MODELO	35
5.2.1 Representación esquemática del modelo.....	35
5.2.2 Prueba de reflectometría en el dominio del tiempo	37
5.2.2 Prueba ondas estacionarias.	38
5.3 DESCRIPCION FISICA DEL MODELO FINAL.....	39
6. OBSERVACIONES.....	42
7. CONCLUSIONES	43
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Índice de aceptación del modelo de las guías.....	30
FIGURA 2 Representación esquemática del circuito	36
FIGURA 3 Circuito para simulación de líneas de transmisión	39
FIGURA 4 Terminales BNC para entrada y salida.....	39
FIGURA 5 Conectores BNC para las resistencias de acople.....	40
FIGURA 6 Pines de conexión	40
FIGURA 7 Pines de conexión (referencia del circuito).....	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Prácticas diseñadas para el laboratorio de medios de transmisión.	25
Tabla 2 Indicadores de la encuesta	29
Tabla 3 Nivel de aceptación del modelo de guía propuesto	30
Tabla 4 Pruebas de reflectometría en el dominio del tiempo.	37
Tabla 5 Análisis del patrón de onda estacionaria.....	38

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A EQUIPOS USADOS EN EL LABORATORIO MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	48
ANEXO B ELEMENTOS USADOS EN EL LABORATORIO MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	52

RESUMEN

TÍTULO:DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LA ASIGNATURA DE MEDIOS DE TRANSMISIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES`.

AUTORES:

EFRÉN DARÍO ACEVEDO CÁRDENAS**.

WILSON GIOVANNI CASTAÑEDA BARBOSA**.

PALABRAS CLAVES:

Reflectometría, Ondas estacionarias, atenuación, Carta de Smith, acople de impedancias, antenas.

DESCRIPCIÓN

Durante el desarrollo del presente proyecto se planeó y diseñó una serie de prácticas de laboratorio que permiten integrar la asignatura medios de transmisión, y las experiencias prácticas relacionadas con los conceptos: atenuación en medios guiados, parámetros característicos de una línea de transmisión, ondas estacionarias, reflectometría en el dominio del tiempo, carta de Smith y parámetros S- (*Scattering parameters*). Junto a esto se pretende que el estudiante desarrolle habilidades en el uso de los equipos: Analizador Vectorial de Redes, Medidor de Potencia de Radiofrecuencia y Generador de señales de Radiofrecuencia.

El documento cuenta con un amplio material de soporte descrito en cada uno de los anexos. Además, es la base para los próximos proyectos en el campo de Medios de Transmisión, buscando sembrar conciencia de la necesidad de una cantidad mayor de equipos para la comodidad del desarrollo de las prácticas, ya que solo se cuenta con un número muy limitado de estos.

La propuesta de prácticas de laboratorio para la asignatura Medios de Transmisión, más que una serie de guías a realizar, constituye una herramienta para quienes se inicien en el área de las comunicaciones. Estas prácticas planteadas no son solamente una profundización en cada uno de los temas, también presentan al estudiante las instrucciones necesarias para el correcto uso de los equipos usados en el campo de investigación.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de telecomunicaciones. Director M.i.e José de Jesús Rugeles Uribe.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF LABORATORY PRACTICALS FOR THE SUBJECT CALLED TRANSMISSION MEDIA FROM THE ELECTRONIC ENGINEERING CURRICULUM BELONGING TO THE ELECTRICAL, ELECTRONIC AND TELECOMMUNICATIONS SCHOOL.

AUTHORS:

EFRÉN DARÍO ACEVEDO CÁRDENAS**
WILSON GIOVANNI CASTAÑEDA BARBOSA**

KEY WORDS: Reflectometry, Standing Waves, attenuation, Smith Chart, Impedance matching, antennas.

DESCRIPTION:

During the development of this project, a sequence of laboratory practicals were planned and designed, allowing the integration of the subject Transmission Media and the related practical experiences with the concepts: attenuation in guided media, transmission line characteristic parameters, standing waves, time-domain reflectometry, Smith Chart and parameters S-(Scattering parameters). Besides, it is expected that the student develops abilities related to the equipment use: Vector Network Analyzer, Radiofrequency Power Meter and Radiofrequency Signal Generator.

This document includes a wide support material described in each one of the appendices. In addition, it is the basis for the next projects that will be developed on the Transmission Media field, looking for making consciousness of the need of a higher quantity of equipment, in order to execute laboratory practicals in a comfortable way.

The laboratory practicals proposed for the subject Transmission Media are not only a number of guides to execute, but there are also tools for those who start performing in the communications area. These laboratory practicals concerned constitute a deepening in each one of the topics mentioned in this document, and also present students the instructions needed in order to use the equipment correctly in the in research field.

*DegreeWork.

**Faculty of Physical-Mechanical. Engineering Electrical, Electronic and Telecommunications School. Director. M.i.e José de Jesús Rugeles Uribe.

INTRODUCCIÓN

Los cambios que surgen con los avances tecnológicos generan un reto para el sistema educativo, a la vez que implican un mayor distanciamiento entre la educación que se imparte y la realidad laboral que presenta los egresados. La experiencia del país muestra que los jóvenes necesitan mejores herramientas conceptuales y metodológicas que les permitan desempeñarse con éxito en su quehacer laboral y una propuesta educativa que los prepare para enfrentar con seguridad el desafío y la responsabilidad de ser productivos para sí mismos y para quienes los rodean. Incluir entonces la formación de competencias en los estudiantes constituye uno de los elementos básicos para mejorar la calidad de la educación.

Las competencias que se deberán transmitir son aquellas que permitan a los estudiantes desarrollar la capacidad de avanzar en la construcción del conocimiento, las que propicien su cualificación y superación permanente. El desafío de las universidades es de ampliar su horizonte y alcance, salir de los marcos estrechos de la educación convencional para favorecer experiencias de aprendizaje ricas en significado y conectadas con el mundo real, implica no solo diseñar plataformas tecnológicas o capacitación de los docentes, sino contar con un claro enfoque pedagógico.

El propósito de este trabajo es aprovechar el potencial del ser humano mediante el planteamiento de un medio no convencional y una técnica de aprendizaje estructurada, repetible y basados en una apropiada dotación de recursos físicos, que permitan tanto a estudiantes como a profesores, mejorar los mecanismos de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Medios de Transmisión. Para cumplir con lo mencionado anteriormente, se diseñan y validan un conjunto de prácticas de laboratorio, las cuales sirven como complemento a los temas tratados en la

asignatura Medios de Transmisión. Esta experiencia permitirá que los futuros trabajos sobre este campo de investigación, puedan abarcar en una mayor profundización sobre los diferentes temas relacionados con el área.

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

“Ningún científico piensa con fórmulas. Antes de que el físico comience a calcular debe tener en su cerebro el curso de razonamientos. Estos últimos, en la mayoría de los casos, pueden ser expuestos con palabras sencillas. Los cálculos y las fórmulas constituyen el paso siguiente” A. Einstein.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso cada día más generalizado de dispositivos en radiofrecuencia, hace necesario que las escuelas de formación profesional posean los medios indicados para familiarizar al estudiante con las principales características y el funcionamiento de los equipos de radiofrecuencia que actualmente tienen mayor utilización.

Los métodos modernos de enseñanza, exigen que los principios teóricos estudiados en las aulas puedan ser comparados con la realidad. La técnica más eficaz para complementar la enseñanza de las tendencias de los instrumentos usados en mediciones de radiofrecuencia, es hacer que el estudiante investigue sobre las funcionalidades de cada uno de estos, bajo diferentes condiciones de trabajo, de manera que logre comprender el significado práctico de los principios que le son expuestos.

El plan de estudios de ingeniería electrónica ha experimentado grandes cambios en los últimos años y continúa por ese camino. Una nueva asignatura surgió en la última reforma del pensum queriendo dar al estudiante conocimientos en líneas de transmisión, microondas (guías de onda), antenas, entre otros. En general, estos temas conducen a un curso un poco más avanzado de comunicaciones, donde es importante tener previos conocimientos sobre la temática de la asignatura. En

términos abreviados, durante el desarrollo de la asignatura se ofrece un programa moderno de análisis de problemas presentes en los medios de transmisión para comunicación de datos.

En la actualidad la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, no cuenta con prácticas enfocadas al uso de instrumentos de medición de las características propias de los sistemas de comunicaciones. Por consiguiente, se espera que este trabajo sea el inicio de una gran obra y que en un futuro tengamos al servicio de los estudiantes un laboratorio completo que proporcione condiciones óptimas de trabajo.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Ante la necesidad de brindar un acompañamiento práctico al conocimiento adquirido teóricamente en la asignatura Medios de Transmisión, se decide llevar a cabo la realización de este proyecto, el cual ofrece una modalidad de propuesta investigativa mediante el diseño de las prácticas y guías audiovisuales de un laboratorio. Se prevé un impacto significativo a nivel formativo, en donde se resaltan los siguientes aspectos:

- El docente contará con una ayuda práctica para sus alumnos; los laboratorios facilitarán la labor educativa y la difusión de contenidos de la asignatura Medios de Transmisión a través del portal MOODLE.
- Disposición de contenidos en la red con fines pedagógicos; se contará con una herramienta interactiva de forma gratuita disponible en el portal de AMANOGAWA.
- Se creará una cultura de apoyo didáctico; las guías audiovisuales ofrecen capacitación previa a los estudiantes sobre el desarrollo de las

prácticas, permitiendo seguir con más facilidad el patrón del flujo de trabajo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Diseñar y validar un conjunto de prácticas que sirvan como complemento a los temas tratados en la asignatura medios de transmisión.

1.3.2 Objetivos específicos

Para el cumplimiento del objetivo general del proyecto, se requiere lo siguiente:

- Diseñar una serie de prácticas de laboratorio que permitan integrar al curso de medios de transmisión experiencias prácticas relacionadas con los conceptos: atenuación en medios guiados, parámetros característicos de una línea de transmisión, ondas estacionarias, reflectometría en el dominio del tiempo, carta de Smith y parámetros S – (*Scattering parameters*).
- Presentar al estudiante a través de las prácticas de laboratorio las instrucciones necesarias para el correcto uso de los equipos: Medidor de Potencia de radiofrecuencia, Analizador Vectorial de Redes, Generador de señales de Radiofrecuencia.
- Realizar un proceso de validación de las prácticas diseñadas con el fin de evaluar la pertinencia con el proceso formativo.
- Diseñar guías audio-visuales de cada una de las prácticas de laboratorio implementadas, que faciliten el proceso de gestión de conocimiento con los estudiantes de la asignatura Medios de Transmisión.

2. CONCEPTOS Y AREAS DE PROFUNDIZACIÓN POR MEDIO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Partiendo de los conceptos teóricos que se han venido desarrollando desde la existencia de la asignatura Medios de Transmisión, se implementara un conjunto de prácticas que profundicen los conocimientos de manera práctica los temas estudiados teóricamente, considerando que actualmente se cuenta con los equipos necesarios para el análisis y desarrollo de cada practica.

Las temáticas del curso en los cuales se hizo énfasis, teniendo en cuenta los equipos necesarios y la disponibilidad de los mismos, fueron las siguientes:

2.1 REFLECTOMETRÍA

La reflectometría en el dominio del tiempo es usada como una prueba estándar para detectar fallas en una línea de transmisión, es especialmente útil en casos donde es difícil examinar la línea de transmisión visualmente. No solamente se puede determinar el tipo de falla, también es posible aproximar la localización de esta.

2.2 ONDAS ESTACIONARIAS

Con el análisis de los patrones de onda estacionaria, podremos observar el voltaje reflejado en una línea de transmisión e investigar la idea de carga acoplada para disminuir estos fenómenos.

En muchos campos, la forma efectiva de acoplar impedancias es un componente vital para algunos experimentos. El acople de impedancias entre dispositivos, ayuda a disminuir la señal reflejada, aumentar la potencia transferida y protege los equipos de señales no deseadas. [9], [14]

2.3 ATENUACIÓN

Cada línea de transmisión tiene pérdidas debido a la resistencia de los conductores y la potencia disipada en el dieléctrico. La potencia perdida en las líneas de transmisión no es proporcional a la longitud de la línea, pero varía logarítmicamente con ésta. Por esta razón las pérdidas de la línea son expresadas en términos de decibelios por unidad de longitud, ya que el decibelio es una unidad logarítmica. Los cálculos son muy simples debido a que las pérdidas totales en la línea están dadas por la multiplicación de las pérdidas en decibelios por unidad de longitud por la longitud total de la línea. [7], [8], [9], [11]

2.4 CARTA DE SMITH

La carta de Smith es una herramienta gráfica de gran utilidad para algunas aplicaciones de las líneas de transmisión en alta frecuencia, proporciona un camino inteligente para visualizar funciones complejas.

Desde el punto de vista matemático, la carta de Smith es una representación en cuatro dimensiones de las impedancias complejas posibles con respecto a las coordenadas definidas por el coeficiente de reflexión complejo. [9]

2.5 ACOUPLE DE IMPEDANCIAS

En los sistemas de comunicaciones, el acoplamiento de terminales de línea (cargas), las impedancias características hacen que no se refleje potencia, lo que es importante al maximizar la transferencia de potencia a la carga.

Considerar que si no se acopla la impedancia de carga a una línea, entre el generador y el extremo de alimentación varían diferentes impedancias a las diversas frecuencias dentro de la banda que transmite la información, lo que resulta de la sensibilidad a la frecuencia que generalmente exhibe la impedancia de entrada de una línea terminada de manera inadecuada. Por lo tanto, si se estuviera transmitiendo datos de pulsos, una terminación inadecuada daría

diferentes reflexiones a las diversas frecuencias dentro del espectro del pulso. El resultado es distorsión en la forma del pulso, esto se puede corregir acoplando debidamente la carga en la banda deseada de frecuencias. [5]

2.6 ANTENAS

Las antenas son un componente muy importante en los sistemas de comunicación. Por definición una antena es un dispositivo utilizado para transformar una señal de RF que viaja en un conductor, en una onda electromagnética en el espacio abierto. Las antenas exhiben una propiedad conocida como reciprocidad, lo cual significa que una antena va a mantener las mismas características sin importar si está transmitiendo o recibiendo. La mayoría de las antenas son dispositivos resonantes, que operan eficientemente sólo en una banda de frecuencia relativamente baja. [3]

3. DESARROLLO DE COMPETENCIAS

3.1 PROCESO DE SELECCIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO.

Durante la fase inicial del proyecto, se estudiaron las principales temáticas tratadas en la asignatura. Además, se analizó la disponibilidad de equipos con los cuales se dispone para determinar el contenido de la propuesta.

De acuerdo al estudio preliminar, citado anteriormente, se plantearon los siguientes tópicos a desarrollar:

- Estudio de la PROPUESTA DE DISEÑO INSTRUCCIONAL BASADO EN COMPETENCIAS PARA LA ASIGNATURA MEDIOS DE TRANSMISIÓN DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA [2]; con el objetivo de estudiar las principales propuestas, que se han llevado a cabo en el área.
- Estudio sobre el manejo de los equipos para el análisis de sistemas de radiofrecuencias con los que cuenta la universidad (analizador vectorial de redes, medidor de potencia, generador de señales), con el fin de otorgar un soporte técnico en el desarrollo e implementación de las guías.
- Estudio de antenas, cables coaxiales, atenuadores, entre otros. Con el objeto de presentar propuestas fundamentadas en el conocimiento de dispositivos comúnmente utilizados en comunicaciones.
- Diseño de hardware para el análisis del comportamiento de señales dentro de una línea de transmisión. ver anexo circuito de simulación.

Realizando cada uno de los tópicos anteriormente citados, se realizó la selección de las siguientes guías para el laboratorio de medios de transmisión:

Tabla 1 Prácticas diseñadas para el laboratorio de medios de transmisión.

PRÁCTICA	RESUMEN	ANEXO	VIDEO
Práctica 1: Reconocimiento de equipos	Dentro de esta práctica de laboratorio, se evalúa las características de operación y funcionalidad de cada uno de los equipos utilizados en el laboratorio de la asignatura Medios de Transmisión, ofreciendo una herramienta vital para que el estudiante adquiera destrezas en el manejo de cada uno de ellos y obtenga la capacidad de percibir los rangos de operación en potencia y frecuencia de los instrumentos de medida.	ANEXO A Página 5	* Calibración de los puertos del Analizador Vectorial de Redes * Reconocimiento de equipos
Práctica 2: Reflectometría en el dominio del tiempo	Durante el desarrollo de la práctica se emplea una línea de transmisión real (cable coaxial) y un circuito de simulación de una línea de transmisión ideal (arreglo de capacitancias e inductancias). Para el estudio del fenómeno de reflectometría se realizan pruebas de corto circuito, circuito abierto y carga acoplada en los terminales de la línea de transmisión, de tal manera que se pueda diferenciar el comportamiento del tipo de falla asociada a cada prueba. Además, se introduce el análisis de distancia de falla de un cable coaxial RG-58, utilizando para esta medida el Analizador Vectorial de Redes.	ANEXO A Página 16	* Reflectometría en el dominio del tiempo
Práctica 3: Ondas Estacionarias	Dentro de esta práctica se emplea un circuito de simulación de una línea de transmisión ideal compuesto por inductancias en serie y capacitancias en paralelo, el cual permite realizar un análisis detallado en tiempo y distancia de las ondas transmitidas y reflejadas dentro del medio. Además de enfatizar el concepto de onda estacionaria, se resalta la importancia del fenómeno de reflexión causado por el desacople de impedancia.	ANEXO A Página 24	* Ondas estacionarias
Práctica 4: Medición de Atenuación en Medios Guiados	En esta práctica se realiza un análisis de la respuesta en frecuencia de un cable coaxial tipo RG-58 y atenuadores, generando un nivel de potencia de referencia y midiendo el nivel de potencia de salida en términos de la frecuencia.	ANEXO A Página 31	* Atenuación en medios guiados
Práctica 5: Carta de Smith	En esta práctica se identifica los parámetros de una línea de transmisión por medio de la carta de Smith, y se realizan algunos ejercicios que sirven de soporte al estudiante para comprender el uso de esta, demostrando la importancia de ella en el análisis de las líneas de transmisión. para el desarrollo de los ejercicios se recurre a un software interactivo disponible en el siguiente link: http://www.amanogawa.com/ , donde es posible realizar diferentes tipos de análisis a las líneas de transmisión.	ANEXO A Página 42	* Carta de Smith
Práctica 6: Acople de impedancias	Existe un gran número de técnicas que pueden ser usadas para eliminar reflexiones cuando se presenta un desacasamiento entre la impedancia característica de la línea y la impedancia de la carga, las cuales podrán ser analizadas dentro del desarrollo de esta práctica. Familiarizando de esta forma al estudiante con estos métodos y con los conceptos básicos de impedancia característica, carga acoplada y stubs reactivos.	ANEXO A Página 48	* Acople de impedancias
Práctica 7: Antenas	Con el desarrollo de esta práctica se busca familiarizar al estudiante con el concepto de ancho de banda de una antena utilizando como equipo de medición el analizador vectorial de redes.	ANEXO A Página 54	* Antenas

3.2 MODELO DE LAS GUIAS DE LABORATORIO

Basados en un seguimiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje [6], la plantilla del manual proporciona información clara sobre la universidad, escuela y de la asignatura. Se presenta a continuación los ítems que constituyen el formato de propuesta de trabajo.

3.2.1 Experiencia de laboratorio propuesta Presenta un título claro y acorde a la experiencia propuesta. Esto con el fin de dar una idea concisa de la temática a tratar.

3.2.2 Objetivos Menciona de forma clara y precisa las técnicas y conceptos que serán presentados durante el desarrollo de cada una de las prácticas, lo cual permite al estudiante, realizar las diferentes experiencias con un enfoque claro y bien definido. Adicionalmente, puede ayudar al docente en la construcción de indicadores de desempeño.

3.2.3 Introducción Presenta una visión del contenido de la práctica en lo que se refiere a estructura y soporte teórico. Pone de manifiesto la información general. El objetivo e importancia de incluir este ítem en las prácticas de laboratorio, es motivar y preparar al estudiante para la asimilación de los indicadores de desempeño para efectos de evaluación.

3.2.4 Marco teórico Proporciona a los estudiantes, los conceptos que deben ser revisados previamente para un correcto desarrollo de la guía. Es decir, presenta un resumen de la teoría fundamental que será expuesta, comprobada o ampliada durante el desarrollo del procedimiento. Este ítem resulta importante para contextualizar a los estudiantes, de forma que los procedimientos descritos no sean únicamente mecánicos.

3.2.5 Equipos necesarios Presenta un listado de materiales y equipos importantes para el desarrollo de la guía. Se incluye este ítem con el propósito de que el estudiante realice investigación previa de los manuales o prácticas que introduzcan al manejo adecuado del equipo. También puede ser un indicador de la destreza de los estudiantes, al realizar seguimiento de la manipulación y cuidados básicos del equipo.

3.2.6 Bibliografía Corresponde a un listado de las fuentes que pueden ser consultadas por los estudiantes, con el propósito de que amplíen los conocimientos presentados en clase y ello les permita un mayor aprovechamiento de las experiencias.

3.2.7 Procedimiento Describe de manera detallada los montajes y precauciones de los equipos. Este ítem permite un seguimiento lógico y amigable de los conceptos, montajes y mediciones relacionadas con cada guía. Además, sumados al orden presentado, constituyen una propuesta metodológica a ser usada para el desarrollo de las mismas.

3.2.8 Análisis de datos Menciona requerimientos muy puntuales sobre el tratamiento que se debe dar a una parte o a toda la información recopilada durante el desarrollo del procedimiento.

4. VALIDACIÓN

La validación de las prácticas contempla un conjunto de procedimientos que tiene como objetivo establecer las fuentes de variabilidad y el error sistemático que puede afectar los resultados finales. Se planteó de manera estructurada con el objeto de realizar un seguimiento al proceso de diseño y obtener un modelo final con alto grado de confiabilidad.

El proceso de validación fue desarrollado en tres fases.

4.1 FASE INICIAL DE VALIDACIÓN

En esta fase se aplicó un proceso de mejora basado en las recomendaciones de estudiantes que cursaron la asignatura Medios de Transmisión 2010-1 y 2010-2, mediante el desarrollo del modelo de la práctica ATENUACION EN MEDIOS GUIADOS. Esta temática es importante debido a que se reúnen diferentes conceptos propios de la asignatura, al mismo tiempo, permite el uso de la mayoría de los equipos destinados para el laboratorio. La fase inicial de validación permitió definir un modelo final en lo que se refiere a formato, procedimientos y contenidos de cada guía.

4.2 FASE INTERMEDIA DE VALIDACIÓN

Después de la construcción de las guías de laboratorio, el siguiente paso constituyó la solución práctica por parte de los autores de cada una de estas, determinando en base a sus propias experiencias los tiempos que tardaría un estudiante promedio en realizar cada práctica.

Con los resultados obtenidos en esta fase se creó un manual de las prácticas de laboratorio para el docente de la asignatura.

4.3 FASE FINAL DE VALIDACIÓN

Tabla 2 Indicadores de la encuesta

PREGUNTA	OPCIONES DE RESPUESTA	CANTIDAD DE RESPUESTAS	%
1. Los conceptos presentados en en el marco teórico son suficientemente claros.	Totalmente de acuerdo	10	26%
	De acuerdo	27	69%
	En desacuerdo	1	3%
	Indiferente	1	3%
2. El marco teorico tiene la suficiente información para desarrollar efectivamente las prácticas de laboratorio.	Totalmente de acuerdo	19	49%
	De acuerdo	19	49%
	En desacuerdo	1	3%
	Indiferente	0	0%
3. La presentación visual (imágenes, tablas y montajes) brinda un soporte amplio y detallado para mejorar la comprensión y facilitar el desarrollo adecuado de las prácticas.	Totalmente de acuerdo	28	72%
	De acuerdo	9	23%
	En desacuerdo	1	3%
	Indiferente	1	3%
4. Los procedimientos son coherentes con los objetivos planteados en cada guía.	Totalmente de acuerdo	25	64%
	De acuerdo	14	36%
	En desacuerdo	0	0%
	Indiferente	0	0%
5. Considera usted que con la reallizacion de las practicas de laboratorio, complementa de manera satisfactoria los conceptos teoricos presentados en clase.	Totalmente de acuerdo	13	33%
	De acuerdo	19	49%
	En desacuerdo	5	13%
	Indiferente	2	5%
6. Considera necesario incluir las prácticas de laboratorio diseñadas, dentro del plan de estudios de la asignatura.	Totalmente de acuerdo	23	59%
	De acuerdo	15	38%
	En desacuerdo	1	3%
	Indiferente	0	0%
7. Considera adecuado incluir guías audiovisuales (videos) para complementar el buen desarrollo de las prácticas.	Totalmente de acuerdo	23	59%
	De acuerdo	11	28%
	En desacuerdo	4	10%
	Indiferente	1	3%
8. La organización de la guía (objetivos, introducción, marco tórico, equipo necesario, referencias bibliográficas, procedimientos y análisis de datos)	Totalmente de acuerdo	16	41%
	De acuerdo	21	54%
	En desacuerdo	2	5%
	Indiferente	0	0%

En la tabla 2 se presentan los indicadores obtenidos para cada pregunta de la encuesta realizada a los estudiantes de la asignatura Medios de Transmisión

2011-1. Los estudiantes previamente conocieron el modelo de la guía, desarrollaron dos de las prácticas planteadas, realizaron informes y conclusiones sobre los temas propuestos.

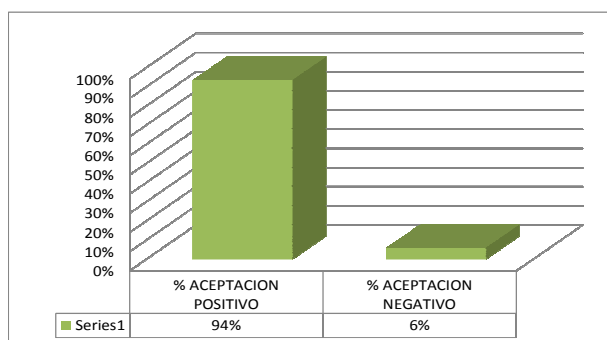
Para determinar el nivel de la aceptación de las guías alcanzado entre los estudiantes, se utilizaron los instrumentos que se indican en la tabla 2 para cada componente de la competencia. El porcentaje de aprobación, se mide teniendo en cuenta que las opciones de acuerdo y totalmente de acuerdo, representan un índice de aceptación positivo de la propuesta, mientras las opciones en desacuerdo e indiferente representan un índice de aceptación negativo. Obteniendo los resultados que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 3 Nivel de aceptación del modelo de guía propuesto

TOTAL ENCUESTAS	TOTAL PREGUNTAS	% ACEPTACION POSITIVO
39	8	94%

Con los criterios de análisis de la encuesta, se obtuvo un nivel de aceptación positivo en el modelo de la guías.

FIGURA 1 Índice de aceptación del modelo de las guías.



5. DISEÑO DEL MODELO CIRCUITAL DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

La línea de transmisión a investigar en este experimento no es realmente una línea de transmisión pero actúa como tal, la única diferencia es que los valores de inductancias y capacitancias son muy grandes comparados con los que en realidad existen dentro de una línea de transmisión. También en las líneas de transmisión estas inductancias y capacitancias no están distribuidas en posiciones específicas si no que en conjunto forman una sola impedancia que depende de las características de cada línea. En esta prueba se presenta un circuito que tiene un retardo lo suficientemente grande para observar los resultados en un osciloscopio estándar, a la vez conserva los mínimos efectos de atenuación de una línea.

5.1 TEORÍA FUNDAMENTAL DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN [9]

El análisis de las líneas de transmisión requiere un análisis de la solución de las ecuaciones del campo electromagnético, considerando las condiciones de frontera impuestas por la geometría de la línea, en general, para las líneas de transmisión no puede aplicarse a la teoría clásica de circuitos, ya que esta se ocupa de circuitos con parámetros concentrados, en tanto que en una línea los parámetros son distribuidos. Dichos parámetros se pueden representar por: resistencias (R), inductancias (L), capacitancias (C) y conductancias (G), en los circuitos eléctricos convencionales, están concentrados en un solo elemento o componente bien localizado físicamente. Se considera que, en un circuito, los parámetros son concentrados cuando las dimensiones físicas de sus componentes, son mucho menores que la longitud de onda manejada por el circuito.

Conocidos los parámetros (R, L, C y G), es posible determinar la relación que existe entre las ondas de voltaje y corriente que viajan a lo largo de ella, del generador hacia la carga, así como la velocidad con la que lo hacen. El método de

análisis considera que dichos parámetros básicos están distribuidos uniformemente a lo largo de toda la longitud de los cables que constituyen la línea. Tal línea de transmisión con parámetros distribuidos se puede representar por un circuito equivalente como se presenta en la figura 1, que está integrado por muchas resistencias e inductancias en serie, así como muchas conductancias y capacitancias en paralelo.

Considérese una sección cualquiera de la línea, cuya longitud sea muy pequeña o infinitesimal, con sus parámetros colocados como se presenta en la figura 2. El valor numérico de cada uno de estos parámetros es igual al parámetro correspondiente por unidad de longitud multiplicada por la longitud de la sección, que es igual a Δz . La corriente (i) y el voltaje (v) son funciones tanto de la distancia z como del tiempo t , de modo que al final de la sección considerada se tienen incrementos en corriente y voltaje. Si Δz se hace tender al valor cero ($\Delta z \rightarrow 0$), se obtiene la misma simetría y resultados que con un circuito equivalente. De la misma figura 2, se pueden escribir ahora las relaciones siguientes para los cambios de voltaje y corriente:

$$\underbrace{v - \left[v + \Delta z \frac{\partial v}{\partial z} \right]}_{\text{voltaje inicial-voltaje final}} = (R\Delta z)(i) + (L\Delta z) \left(\frac{\partial i}{\partial t} \right)$$

$$i - \left[i + \Delta z \frac{\partial i}{\partial z} \right] = (G\Delta z)(v) + (C\Delta z) \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right)$$

Simplificando se obtiene:

$$\frac{\partial v}{\partial z} = - \left(Ri + L \frac{\partial i}{\partial t} \right)$$

$$\frac{\partial i}{\partial z} = - \left(Gv + C \frac{\partial v}{\partial t} \right)$$

Resolviendo las operaciones y simplificando se llega a la ecuación diferencial que debe satisfacer tanto la onda de voltaje, como de corriente:

$$\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = (RG)v + (RC + LG) \frac{\partial v}{\partial t} + (LC) \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 i}{\partial z^2} = (RG)i + (RC + LG) \frac{\partial i}{\partial t} + (LC) \frac{\partial^2 i}{\partial t^2}$$

A estas ecuaciones se les llama comúnmente, por razones históricas, como la ecuación del telegrafista, donde la solución general es:

$$V(z) = Ae^{-\Gamma z} + Be^{+\Gamma z}$$

Donde Γ es la constante de propagación del medio, y se expresa en términos de los parámetros básicos de la siguiente forma:

$$\Gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$

Es evidente que cada línea en particular tiene asociado un valor de Γ , dependiendo de su geometría, frecuencia y los materiales de fabricación. El término $(R + j\omega L)$ es igual a la impedancia en serie de la línea 'Z', por unidad de longitud, y el término $(G + j\omega C)$ es la admitancia en paralelo 'Y', también por unidad de longitud. De modo que la constante de propagación es igual a la raíz cuadrada del producto de la impedancia en serie por la admitancia en paralelo de la línea, lo cual se puede escribir de la siguiente forma:

$$\Gamma = \sqrt{Z * Y}$$

La constante de propagación es un número complejo y también se puede expresar como:

$$\Gamma = \alpha + j\beta$$

En donde la parte real α , indica la *atenuación* que sufre la onda de voltaje o de corriente, conforme se propaga a lo largo de la línea; y β , indica la Γ de la onda conforme se propaga. Las unidades de la constante de atenuación α son neper por metro, y las de la *constante de fase* β son radianes por metro.

5.1.1 Impedancia Característica Es la relación entre la amplitud de voltaje y la amplitud de corriente para cada una de las ondas incidentes y reflejadas que viajan a lo largo de una línea de transmisión.

$$Z_0 = \frac{V_0^+}{I_0^+} = -\frac{V_0^-}{I_0^-} [\Omega]$$

Es importante aclarar que:

$$Z_0 \neq \frac{V(z)}{I(z)}$$

Puesto que $V(z)$ e $I(z)$ corresponden respectivamente a la representación de las ondas de voltaje y corriente en el dominio de la frecuencia y espacio, mientras que $V_0^+, V_0^-, I_0^+, I_0^-$ definen las amplitudes de las ondas incidentes y reflejadas.

La impedancia característica, en términos de los parámetros básicos de una línea de transmisión, se expresa de la siguiente forma:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

Para una línea sin pérdidas, la impedancia característica se puede aproximar de la siguiente forma:

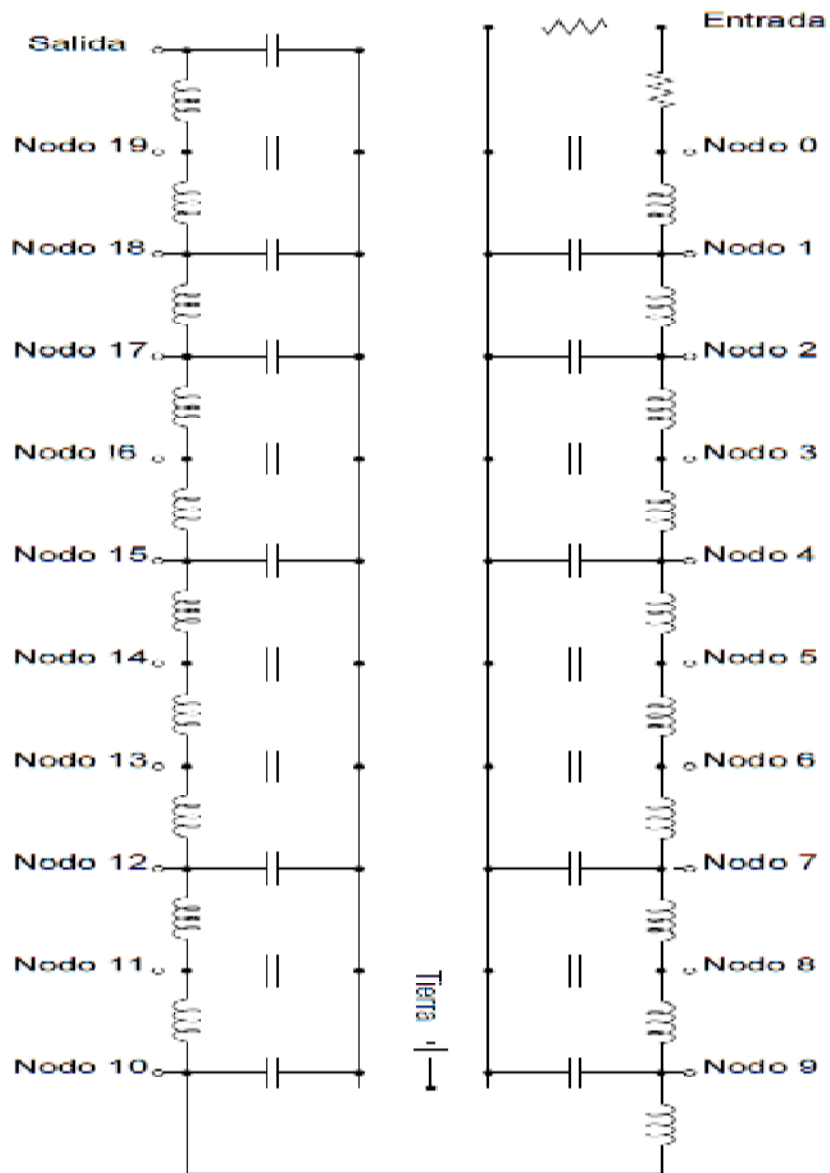
$$Z_0 \approx \sqrt{\frac{L}{C}}$$

5.2 COMPROBACION DEL MODELO

El proceso de caracterización del modelo circuital de la línea de transmisión se determinó a partir de pruebas basadas en reflectometría en el dominio del tiempo y ondas estacionarias, determinando de esta forma los tiempos de retardo de la línea, impedancia característica, número de nodos necesarios para observar el patrón de onda y atenuación. Las pruebas partieron de simulación en el software ORCAD™ comprobando los resultados experimentalmente como se evidencia en la Tabla 4 y Tabla 5.

5.2.1 Representación esquemática del modelo En la figura 2 se presenta el esquemático del circuito del modelo de línea de transmisión implementado.

FIGURA 2 Representación esquemática del circuito



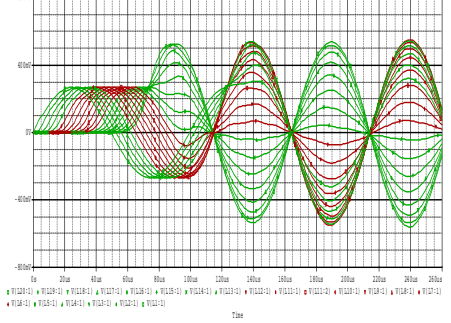
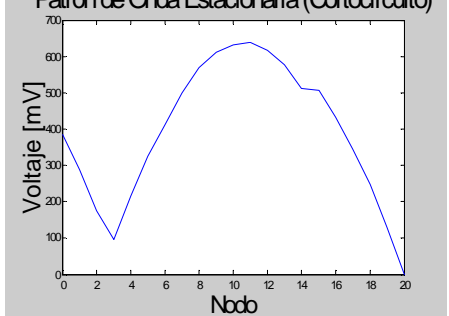
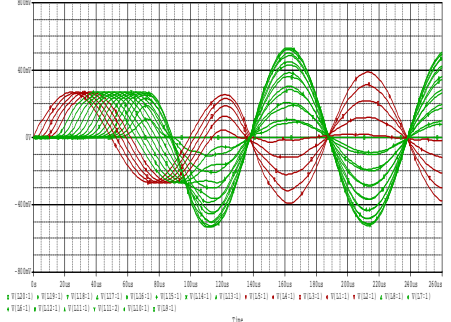
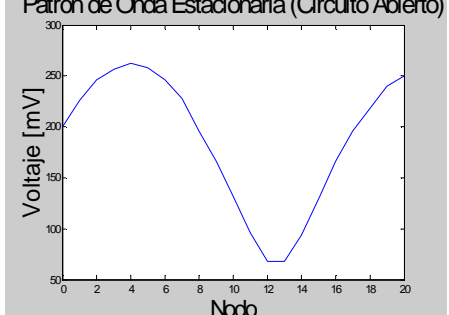
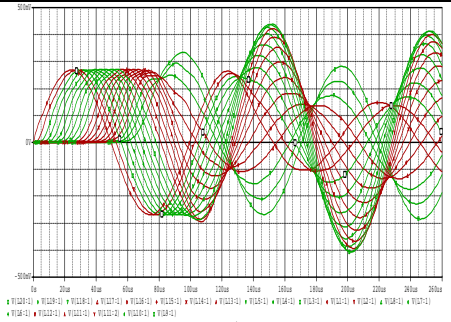
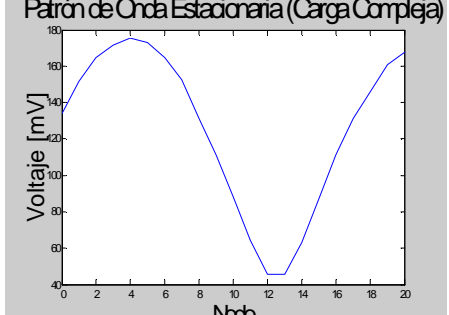
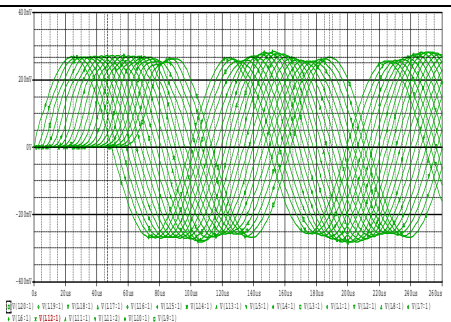
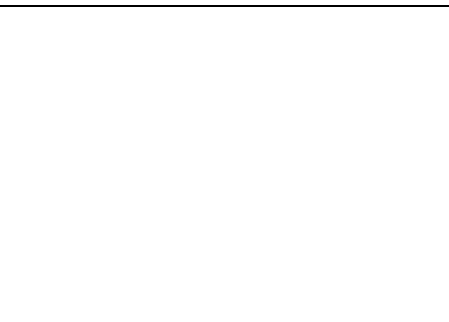
5.2.2 Prueba de reflectometría en el dominio del tiempo.

Tabla 4 Pruebas de reflectometría en el dominio del tiempo.

PRUEBA	SIMULACION	EXPERIMENTAL
Corto circuito		
Circuito abierto		
Carga acoplada		
Efecto ping-pong		

5.2.2 Prueba ondas estacionarias.

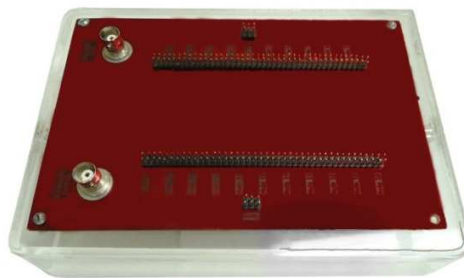
Tabla 5 Análisis del patrón de onda estacionaria

<p>Circuito abierto</p>		<p>Patrón de Onda Estacionaria (Cortocircuito)</p> 
<p>Corto circuito</p>		<p>Patrón de Onda Estacionaria (Circuito Abierto)</p> 
<p>Carga compleja</p>		<p>Patrón de Onda Estacionaria (Carga Compleja)</p> 
<p>Carga acoplada</p>		

5.3 DESCRIPCION FISICA DEL MODELO FINAL

En la FIGURA 2 se presenta el diseño de la línea de transmisión el cual se construyó sobre un circuito impreso. El circuito de simulación tiene las siguientes características:

FIGURA 3 Circuito para simulación de líneas de transmisión



Se facilita el acceso a los terminales de entrada y salida por medio de conectores BNC. Ver FIGURA 3.

FIGURA 4 Terminales BNC para entrada y salida



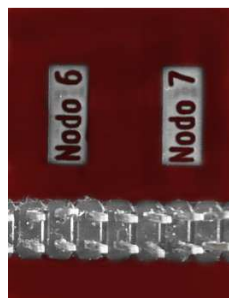
Las impedancias de acople entre la fuente y la línea (RESISTENCIA SERIE, RESISTENCIA PARALELO) pueden ser removidas; se conectan utilizando un terminal BNC. Ver FIGURA 4.

FIGURA 5 Conectores BNC para las resistencias de acople



Para obtener acceso a mediciones en cada nodo (un nodo representa la conexión entre dos secciones de capacitancias e inductancias de la línea de transmisión) se recurre a una serie de pines; con el fin de conectar las sondas del osciloscopio. Frente a cada pin se encuentra el nombre del respectivo nodo. Ver FIGURA 5

FIGURA 6 Pines de conexión



Por medio de un conjunto de pines se puede conectar la tierra del circuito (referencia del circuito). Frente al conjunto de pines se encuentra indicado el nombre "Tierra". Ver FIGURA 6.

FIGURA 7 Pines de conexión (referencia del circuito)



6. OBSERVACIONES

Las pruebas de ingeniería son planteadas y desarrolladas en el manual del profesor, las cuales llevaron un debido proceso de diseño, incluyendo las sugerencias propias de los estudiantes directamente implicados en el proceso de aprendizaje de los medios de transmisión, del mismo modo, se siguieron al pie de la letra las indicaciones proporcionadas por el director del proyecto y las experiencias de los autores.

Los manuales desarrollados presentan un modelo pedagógico basado en los alcances que se propone para cada una de las guías. El objetivo del modelo para los procedimientos, es facilitar el uso de los equipos utilizados en el laboratorio de medios de transmisión.

El modelo de los manuales propuestos está basado en las experiencias de los autores, además, como complemento se sigue algunas de las propuestas pedagógicas presentadas en el libro *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* [6].

7. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este proyecto se diseñó y validó un conjunto de prácticas para la asignatura medios de transmisión del plan de estudios de ingeniería electrónica de la escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de telecomunicaciones. Verificando su concordancia con los objetivos planteados, los recursos con los que cuenta la escuela y las necesidades de crear experiencias prácticas relacionadas con los conceptos: atenuación en medios guiados, parámetros característicos de una línea de transmisión, ondas estacionarias, reflectometría en el dominio del tiempo, carta de Smith y parámetros S – (Scattering parameters).

La propuesta de laboratorios, es un recurso que facilita la iniciación en el desarrollo práctico de la teoría relacionada con los sistemas de comunicaciones, estas guías no pretenden ser una amplia profundización en el estudio de los medios de transmisión, pero planean ser los primeros pasos a seguir para la implementación de un laboratorio completo para la asignatura.

La primera versión del laboratorio de Medios de Transmisión ha sido evaluada mediante encuestas aplicadas a estudiantes que se encontraban matriculados en el curso Medios de Transmisión el cual hace parte del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Industrial de Santander. La valoración ha sido positiva, considerando el laboratorio una herramienta docente útil para trabajar la asignatura en la modalidad teórico-práctica. Según los resultados de las encuestas los estudiantes valoraron su utilización como soporte a las tradicionales clases magistrales, exaltando el laboratorio como una buena herramienta para el aprendizaje.

Es claro que el estudio de los problemas en los sistemas de comunicación se convierte en un puente para el manejo eficiente de la información, por lo tanto, es necesario desarrollar habilidades en el manejo de equipos que permitan desarrollar el análisis de los principales problemas. Es importante resaltar que las guías se diseñaron con instrucciones básicas que permiten la investigación de conceptos presentados en el aula de clase, de igual forma se plantean objetivos relacionados con el desarrollo de habilidades en el manejo de los equipos de medición.

El material audiovisual permite conformar una buena idea del trabajo en el laboratorio, además, el lenguaje común utilizado en la narración facilita el proceso de gestión de conocimiento con los estudiantes de la asignatura Medios de transmisión.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ANDREW, Arturo. Qué es la Radio afición. MARCOMBO EDITORES. 1994.

[2] BRITO SÁNCHEZ, Carlos; MARTÍNEZ PABÓN, Madeline. Propuesta de diseño instruccional basado en competencias para la asignatura medios de transmisión del programa de ingeniería electrónica. Bucaramanga Colombia 2007. Tesis de pregrado. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Físico- mecánicas.

[3] CARDAMA AZNAR, Ángel. Antena. ALFAOMEGA EDICIONES UPC. 2002.

[4] FLICKENGER, Rob; Redes inalámbricas en los Países en Desarrollo. Editorial HACKER FRIENDLY LLC. 2006.

[5] GARCÍA ALVAREZ, Julio. Comunicaciones I. Universidad Nacional sede Manizales. Cap. 3

[6] GIL, Daniel; MACEDO, Beatriz. ¿Cómo promover el interés por la cultura científica?. Publicado por la Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe. 2005.

[7] HERNANDEZ RUEDA, José. Teoría de líneas de transmisión e ingeniería de Microondas. Ediciones Universidad Autónoma de Baja California.

[8] HERRERA PÉREZ, Enrique. Tecnologías y redes de transmisión de datos. Editorial LIMUSA. 2003.

[9] NERI VELA, Rodolfo. Líneas de Transmisión. McGraw-Hill. 1999.

[10] PÉREZ VEGA, Constantino. SÁINZ DE LA MAZA, Zamanillo. CASANUEVA LÓPEZ, Alicia. Sistemas de telecomunicación. P.279. Editorial Universidad de Cantabria.2007.

[11] SCLATER, Neil. Electronics Technology Handbook. McGraw-Hill. 1999.

[12] SCOTT, Allan W. RF measurements for cellular phones and wireless data system. WILEY. 2008.

[13] STANLEY, William D. Lines and fields in electronic technology. PRENTICE-HALL. 1995.

[14]TOMASI, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas. Cuarta edición. PRENTICE-HALL, 2003.

Artículos

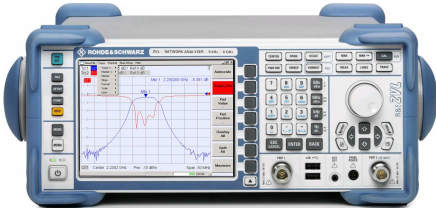

[15] GRIFFITHS, L. A. PARAKH, R. FURSE, C. BAKER, B “The Invisible Fray: A Critical Analysis of the Use of Reflectometry for Fray Location”, *IEEE Sensors Journal*, vol. 6; part 3, p. 697-706, 2006.

[16] CATALDO, A. MONTI, G. DE BENEDETTO, E. CANNAZZA, G. TARRICONE, L. CATARINUCCI, L. “A Comparative Analysis of Reflectometry Methods for Characterization of Antennas”, *Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, 2008. IMTC IEEE*, pp. 240–243, 12-15 May 2008.

[17] NESTERUK, S. PROTSENKO, M. “Determination of Antenna Characteristics via system of S-parameters”, *12th International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory*, June 29-2008-July 2 2008, p. 308–310.

[18] KWAK, Ki-Seok. YOON, Tae Sung. PARK, Jin Bae, "Load Impedance Measurement on a Coaxial Cable via Time-Frequency Domain Reflectometry"
International Joint Conference 2006, Oct. 18-21 2006

ANEXO A
EQUIPOS USADOS EN EL LABORATORIO MEDIOS DE
TRANSMISIÓN


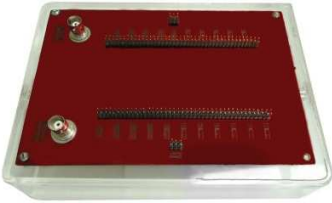

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>ANALIZADOR VECTORIAL DE REDES ZVL-6</p>	<p>El objetivo de un analizador vectorial es obtener señales proporcionales a la magnitud y a la fase de las ondas incidentes, reflejada y transmitida en cada red. De tal manera que la relación entre las señales permite obtener los parámetros de transmisión y de reflexión. El analizador vectorial permite compensar todos aquellos errores que sean invariantes con el tiempo. Esta posibilidad junto con la rapidez de cálculo y la capacidad de almacenamiento que dan los procesadores digitales modernos hacen que el analizador vectorial sea una de las máquinas más precisas y versátiles del laboratorio de electrónica.</p>	
<p>ACCESORIOS ANALIZADOR VECTORIAL DE REDES</p>	<p>KIT DE CALIBRACIÓN ZV-Z121</p>	






	CABLES ZV-Z191	
<p>GENERADOR DE SEÑALES SMB-100A</p>	<p>La función de un generador de señal es producir una señal dependiente del tiempo con unas características determinadas de frecuencia, amplitud y forma. Se utiliza para proporcionar condiciones de prueba conocidas para la evaluación adecuada de sistemas electrónicos. El generador SMB 100A es una fuente de RF con un rango de frecuencia de 9 kHz a 6 GHz, cubre todas las bandas de frecuencia relevantes para las aplicaciones de RF. Todos los modos convencionales de modulación analógica en AM/FM y PhiM, así como el barrido de frecuencia, el barrido de nivel y de LF también están disponibles como estándar. En producción, el generador SMB 100A destaca por la precisión y estabilidad de nivel.</p>	

<p>OSCILOSCOPIO GW INSTEK GDS 2062</p>	<p>El osciloscopio es un equipo de medición que permite visualizar tensiones eléctricas que varían en el tiempo. Cuando una señal de tensión es aplicada al terminal de entrada (INPUT) del osciloscopio, en la pantalla del mismo aparecerá una representación gráfica de la tensión en función del tiempo (siempre que los mandos de control del osciloscopio estén bien ajustados). Normalmente, los osciloscopios sólo permiten visualizar señales que son periódicas en el tiempo, pero esto es suficiente en la inmensa mayoría de las aplicaciones.</p>	
<p>MEDIDOR DE POTENCIA KEITHLEY 3500</p>	<p>Los medidores de potencia proporcionan una medida más exacta de la potencia RF que cualquier otro equipo de medida, pueden ser instrumentos de una sola posición, o también pueden estar incluidos dentro de otros instrumentos como generadores de señales, frecuencímetros y analizadores de espectros.</p>	

ANEXO B
ELEMENTOS USADOS EN EL LABORATORIO MEDIOS DE
TRANSMISIÓN

ELEMENTO	DESCRIPCION	IMAGEN
<p>Adaptador BNC hembra-hembra</p>	<p>Adaptador usado para convertir un terminal tipo bnc macho en un terminal tipo bnc hembra</p>	
<p>Conector derivador en T para BNC</p>	<p>Este adaptador en T, permite conectar dos conectores BNC en uno con el fin de compartir la señal.</p>	
<p>Conector macho BNC con carga resistiva 50Ω</p>	<p>Comúnmente se usa para terminación de líneas libres con impedancia característica igual a 50 ohmios, con el objetivo de evitar reflexiones.</p>	
<p>Kit de adaptadores</p>	<p>Con este kit se puede crear conexiones sobre cualquier par de terminales. Los ocho tipos de adaptadores (hembra y macho para cada tipo) proporcionan 24 combinaciones usando únicamente el adaptador universal. No se necesita soldar ni prensar, solo se debe roscar las tres piezas entre sí.</p>	

<p>Cable coaxial RG-58 con terminales tipo N</p>	<p>La longitud de este cable es de 10 metros, los conectores tipo N permiten la conexión directa entre los equipos de medición con el fin de desarrollar pruebas estándar para analizar las características principales del cable coaxial.</p>	
<p>Circuito de simulación</p>	<p>Elemento construido por los autores, con el objeto de mostrar fenómenos como la reflectometría en el dominio del tiempo, ondas estacionarias. Es un dispositivo versátil, ya que permite tener acceso a terminales de acople de impedancia y terminales de entrada y salida.</p>	
<p>Kit de impedancias</p>	<p>Impedancias diseñadas por los autores. Son usadas en el laboratorio de medios de transmisión para las pruebas de reflectometría y ondas estacionarias, son un complemento muy importante del circuito de simulación.</p> <p>-RESISTENCIA SERIE -RESISTENCIA PARALELO -CARGA COMPLEJA- CARGA CORTO CIRCUITO-CARGA VARIABLE.</p>	

<p>Cable coaxial RG-58 con terminales BNC (Bobina)</p>	<p>Cable coaxial RG-58 con terminales BNC-macho, longitud aproximada 230 metros. El cable es usado en el laboratorio de Medios de Transmisión para realizar la prueba estándar de reflectometría.</p>	
<p>Cable coaxial RG-58 con terminales tipo BNC</p>	<p>Cables de un metro de longitud, utilizados como cables de adaptación en diferentes montajes.</p>	
<p>Antena Yagi 418 MHz</p>	<p>Las antenas Yagi es un tipo de antena altamente directiva (la antena irradia energía solamente en una dirección). Usada en la banda 418 MHz</p>	
<p>Antena Yagi 916 MHz</p>	<p>Las antenas Yagi es un tipo de antena altamente directiva (la antena irradia energía solamente en una dirección). Usada en la banda 916 MHz</p>	
<p>Antena dipolo 418 MHz</p>	<p>Antena comúnmente usada en aplicaciones de operación de baja potencia (potencia menor a 10W). Posee un cable coaxial RG-174 con terminales RP-SMA.</p>	

<p>Antena dipolo 916 MHz</p>	<p>Antena comúnmente usada en aplicaciones de operación de baja potencia (potencia menor a 10W). Posee un cable coaxial RG-174 con terminales RP-SMA.</p>	
<p>Antena omnidireccional 2.5 GHz</p>	<p>Antena capaz de radiar energía en casi todas las direcciones. Antena usada para la banda 2.5 GHz</p>	
<p>Atenuadores FAM-**</p>	<p>Dispositivos usados en casos donde es indispensable reducir los niveles de potencia a un nivel requerido. Impedancia característica de 75Ω y frecuencia de operación entre 5-1000 MHz</p>	
<p>Atenuadores FAM2**</p>	<p>Dispositivos usados en algunos casos donde es indispensable reducir los niveles de potencia a un nivel requerido. Impedancia característica de 50Ω y frecuencia de operación entre 0.1-1750 MHz</p>	