



**Universidad Nacional Autónoma de México**

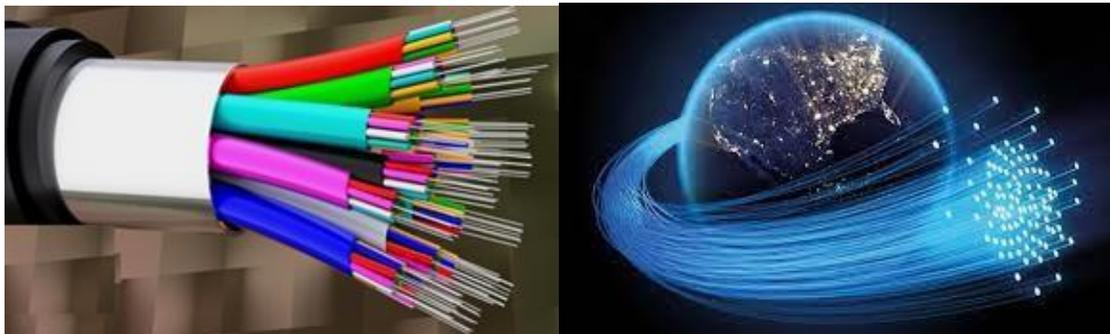
**Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán**

Ingeniería en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica

Departamento de Ingeniería

Sección Electrónica

**MANUAL DE PRÁCTICAS DE:  
SISTEMAS DE COMUNICACIONES ÓPTICAS**



**ASIGNATURA: SISTEMAS DE COMUNICACIONES OPTICOS**

**CLAVE DE LA CARRERA 130**

**CLAVE DE LA ASIGNATURA 1828**

**AUTORES: Mtro. Jorge Ramírez Rodríguez  
Mtro.. Jorge Alberto Vázquez Maldonado  
Mtra. Alma Alejandra Luna Gómez**

**FECHA DE REVISIÓN: JULIO 2024**

**SEMESTRE 2025-2**

# ÍNDICE

CONTENIDO	2
PRÁCTICA 1. “SEGURIDAD, USO Y CUIDADOS DE LA FOTEX PARA NI ELVIS” (Temas de Teoría I, II)	8
PRÁCTICA 2. “TRANSMISIÓN DE DATOS POR FIBRA ÓPTICA” (Temas de Teoría I, II)	12
PRÁCTICA 3. “IMPLEMENTACIÓN PCM-TDM” (Temas de Teoría II, III)	19
PRÁCTICA 4. “FILTRADO, COMBINACIÓN Y SEPARACIÓN DE SEÑALES ÓPTICAS” (Temas de Teoría III, VI)	25
PRÁCTICA 5. “COMUNICACIONES DUPLEX POR FIBRA ÓPTICA” (Temas de Teoría III, IV)	32
PRÁCTICA 6. “MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA WDM” (Temas de Teoría IV, V)	36
PRÁCTICA 7. “PÉRDIDAS ÓPTICAS” (Temas de Teoría III, VI)	43

# CONTENIDO

## INTRODUCCIÓN

Las Comunicaciones Ópticas dentro del ámbito de la Ingeniería en telecomunicaciones no cesan de crecer, sus aplicaciones inicialmente estaban dedicadas a transmitir entre las centrales de conmutación, en la actualidad llegan hasta los hogares. Los progresos en este campo, no sólo se destinan a incrementar la capacidad de transmisión de los sistemas, sino a ampliar la diversidad de los procesos que se efectúan en el dominio óptico.

En la actualidad gracias a las comunicaciones ópticas se ha logrado aumentar la capacidad de red, con lo que se tiene un mayor ancho de banda a menor precio, las funciones que tradicionalmente solo se habían realizado en el dominio eléctrico, se han comenzado a realizar en el dominio óptico, como son la multiplexación en frecuencia que ha dado lugar a los sistemas como el multiplexado por división en longitud de onda.

WDM (Wavelength División Multiplexing)

DWDM (Dense Wavelength División Multiplexing)

OTDM (Optical Time División Multiplexing)

OCDMA (Optical Code División Médium Access).

## OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA

Al finalizar el curso el alumno conocerá los diferentes medios de propagación de las fuentes ópticas, los principales dispositivos de transmisión óptica y las tecnologías de diseño.

## OBJETIVO DEL CURSO EXPERIMENTAL

Construir e integrar las diferentes etapas que intervienen en un Sistema de Comunicaciones Ópticas.

*Notas Importantes para el uso del equipo EMONA FOTEx ELVIS II.*

1. Utilizar únicamente los cables suministrados con el equipo NI ELVIS II.
2. Detener los instrumentos virtuales (STOP) antes de la desconexión de los cables entre cada punto y al final de la práctica.
3. La tarjeta EMONA FOTEx ELVIS II es un equipo sensible a descargas electrostáticas.
  - I. Antes de realizar cualquier conexión o desconexión asegúrese de apagar el equipo con el interruptor que alimenta la tarjeta, este se encuentra en la parte superior izquierda del NI ELVIS II.
  - II. No tocar los conectores de la tarjeta con las manos aun estando apagada ya que esto puede ocasionar una descarga electrostática y dañarla



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</b> <b>FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA</b> <b>SECCIÓN ELECTRÓNICA</b>
<b>REGLAMENTO INTERNO DE LABORATORIOS</b>	

El presente reglamento de la sección electrónica tiene por objetivo establecer los lineamientos para el uso y seguridad de laboratorios, condiciones de operación y evaluación, que deberán de conocer y aplicar, estudiantes y profesores en sus cuatro áreas: comunicaciones, control, sistemas analógicos y sistemas digitales.

1. Queda estrictamente prohibido, al interior de los laboratorios
  - a) Correr, jugar, gritar o hacer cualquier otra clase de desorden.
  - b) Dejar basura en las mesas de trabajo y/o pisos.
  - c) Fumar, consumir alimentos y/o bebidas.
  - d) Realizar o responder llamadas telefónicas y/o el envío de cualquier tipo de mensajería.
  - e) La presencia de personas ajenas en los horarios de laboratorio.
  - f) Dejar los bancos en desorden y/o sobre las mesas.
  - g) Mover equipos o quitar accesorios de una mesa de trabajo.
  - h) Usar o manipular el equipo sin la autorización del profesor.
  - i) Rayar y/o sentarse en las mesas del laboratorio.
  - j) Energizar algún circuito sin antes verificar que las conexiones sean las correctas (polaridad de las fuentes de voltaje, multímetros, etc.).
  - k) Hacer cambios en las conexiones o desconectar el equipo estando energizado.
  - l) Hacer trabajos pesados (taladrar, martillar, etc.) en las mesas de trabajo.
  - m) Instalar software y/o guardar información en los equipos de cómputo de los laboratorios.
  - n) El uso de cualquier aparato o dispositivo electrónico ajeno al propósito para la realización de la práctica.
  - o) Impartir clases teóricas, su uso es exclusivo para las sesiones de laboratorio.
  
2. Es responsabilidad del profesor y de los estudiantes revisar las condiciones del equipo e instalaciones del laboratorio al inicio de cada práctica (encendido, dañado, sin funcionar, maltratado, etc.). El profesor deberá generar el reporte de fallas de equipo o de cualquier anomalía y entregarlo al responsable de laboratorio o al jefe de sección.
  
3. Los profesores deberán de cumplir con las actividades y tiempos indicados en el "cronograma de actividades de laboratorio".
  
4. Es requisito indispensable para la realización de las prácticas que el estudiante:
  - a) Descargue el manual completo y actualizado al semestre en curso, el cual podrá obtener en ([http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\\_ingenieria/](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/))
  - b) Presente su circuito armado en la tableta de conexiones para poder realizar la práctica (cuando aplique), de no ser así, tendrá una evaluación de cero en la sesión correspondiente.
  - c) Realizar las actividades previas y entregarlas antes del inicio de la sesión de práctica, de no ser así, tendrá una evaluación de cero en la sesión correspondiente.
  
5. Estudiante que no asista a la sesión de práctica de laboratorio será evaluado con cero.

6. La evaluación de cada sesión debe realizarse con base en los criterios de evaluación incluidos en los manuales de prácticas de laboratorio y no podrán ser modificados. En caso contrario, el estudiante deberá reportarlo al jefe de sección.
7. La evaluación final del estudiante en los laboratorios será con base en lo siguiente:
  - a) **(Aprobado)** Cuando el promedio total de todas las prácticas de laboratorio sea mayor o igual a 6 siempre y cuando tengan el 90% de asistencia y el 80% de prácticas acreditadas con base en los criterios de evaluación.
  - b) **(No Aprobado)** No cumplió con los requisitos mínimos establecidos en el punto anterior.
  - c) **(No Presentó)** Cuando no asistió a ninguna sesión de laboratorio o que no haya entregado actividades previas o reporte alguno.
8. Profesores que requieran hacer uso de las instalaciones de laboratorio para realizar trabajos o proyectos, es requisito indispensable que las soliciten por escrito al jefe de sección. Siempre y cuando no interfiera con los horarios de los laboratorios.
9. Estudiantes que requieran realizar trabajos o proyectos en las instalaciones de los laboratorios, es requisito indispensable que esté presente el profesor responsable del trabajo o proyecto. En caso contrario no podrán hacer uso de las instalaciones.
10. Correo electrónico del buzón para quejas y sugerencias para cualquier asunto relacionado con los laboratorios ([seccion\\_electronica@cuautitlan.unam.mx](mailto:seccion_electronica@cuautitlan.unam.mx)).
11. El incumplimiento a estas disposiciones faculta al profesor para que instruya la salida del infractor y en caso de resistencia, la suspensión de la práctica.
12. A los usuarios que, por su negligencia o descuido inexcusable, cause daños al laboratorio, materiales o equipo deberá cubrir los gastos que se generen con motivo de la reparación o reposición, indicándose en el reporte de fallas correspondiente.
13. Los usuarios de laboratorio que sean sorprendidos haciendo uso indebido de equipos, materiales, instalaciones y demás implementos, serán sancionados conforme a la legislación universitaria que le corresponda, según la gravedad de la falta cometida.
14. Los casos no previstos en el presente reglamento serán resueltos por el Jefe de Sección, de acuerdo con los lineamientos generales para el uso de los laboratorios en la Universidad Nacional Autónoma de México.

SECCIÓN ELECTRÓNICA  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Estado de Méx. a 18 de junio de 2024

## *INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACION DEL REPORTE*

- a) Los reportes deberán basarse en la metodología utilizada en los manuales de prácticas de laboratorio.
- b) Ejemplo de portada de prácticas (obligatoria).

<b>U. N. A. M.</b> <b>F. E. S. C.</b>	
Laboratorio de: _____	
Grupo: _____	No. de Práctica: _____
Nombre de la Práctica: _____	
Profesor: _____	
Alumno: _____	
Fecha de realización: _____	Fecha de entrega: _____
Semestre: _____	

LABORATORIO DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES ÓPTICOS		
No. de Criterio	Criterio de Evaluación	Porcentaje
C1	Actividades previas indicadas en el manual de practicas	30%
C2	Habilidad en el armado y funcionalidad de los sistemas	10%
C3	Toma de lecturas correctas	10%
C4	Reporte entregado con todos los puntos indicados en el manual de prácticas	50%

### **BIBLIOGRAFÍA:**

- Govind, P. Agrawal, *Fiber-optic communication systems*, 3a Edición, New York J. Wiley, 2002.
- Jurgen, H. Franz, Virander K. Jain, *Optical communications: component and systems*, Boca Raton, Editorial CRC, 2000.
- Keiser, Gerd, *Optical communication essentials*, New York, Editorial Mc Graw Hill, 2003.
- Freeman Roger L., *Fiber optic systems for telecommunications*, New York, Editorial Wiley-Interscience, CÁMPANY, 2002.
- José, F. Javier Fraile-Peláex, Javier Marti, *Fundamentos de comunicaciones ópticas*, Madrid, Síntesis, 1998.

- Vivek Alwayn, 'Optical Network Design and Implementation', Cisco Press, 2004.
- Stern, Thomas E. & Krishna Bala, Multiwavelength Optical Networks. A Layered Approach Addison-Wesley.
- Focal, 2002 Hecht, Jeff, *Understanding fiber optics*, 4a. Ed., Upper Saddle River Editorial Prentice Hall, 2001.
- Djafar K. Mynbaev, Lowell L. Sheiner, *Fiber- optic communications technology Upper Saddle River*, Editorial PrenticeHall, BASS, 2001.
- Michael, Eric W. Van Stryland, *Fiber optic handbook: fiber, devices, and systems for optical communications*, NewYork, Editorial Mc Graw Hill, 2002.
- Gumaste, Ashwin, Anthony Tony DWDM, *Network designs and engineering solutions Indianapolis*, Editorial Cisco,Press, 2003.
- Uyles Black, 'Optical networks: third generation transport systems', Prentice Hall PTR, 2002.

#### **SITIOS WEB RECOMENDADOS.:**

- <http://www.dgbiblio.unam.mx>  
<http://www.copernic.com>

## **PRÁCTICA 1 “SEGURIDAD, USO Y CUIDADOS DE LA FOTEX PARA NI ELVIS”**

### **OBJETIVOS**

- Conocer el correcto manejo e instalación tanto de la Emona FOTEX en el NI ELVIS como de sus componentes.
- Conocer los cuidados y precauciones que deben tomarse en cuenta para el manejo del dispositivo.

### **INTRODUCCIÓN**

La Tarjeta de Telecomunicaciones Emona DATEx para NI ELVIS II es una tarjeta de aplicación complementaria para NI Engineering Laboratory Virtual Instrumentation Suite II (NI ELVIS II) o NI ELVIS II+. Desarrollada para la educación, este dispositivo puede ayudar a aprender temas introductorios de comunicaciones digitales y analógicas en planes de estudio de ingeniería eléctrica y de cómputo. Al usar la Tarjeta de Telecomunicaciones Emona DATEx para NI ELVIS II, se ofrece a los estudiantes la oportunidad de construir y medir sistemas de comunicaciones que correspondan con los diagramas de bloques del sistema de comunicaciones que se encuentran comúnmente en los libros de texto. Con una interfaz USB plug-and-play para una instalación flexible, Emona FOTEx es ideal para aprender comunicaciones de fibra óptica. Sistema experimental práctico con un enfoque de diseño de diagrama de bloques de extensa aceptación.

### **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA**

- Leer toda la práctica.
- Visualizar el video introductorio de la práctica y anotar sus comentarios.
- Investigar: ¿Qué es la tarjeta Emona Fotex para NI ELVIS?.

### **EQUIPO**

NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Modulo experimental Emona FOTEx.

### **MATERIAL**

Cables de conexión de fibra óptica (Fiber Patch Cord).

**ADVERTENCIA: Como parte importante de una buena práctica, nunca mire directamente dentro de los transmisores ópticos LED o dentro de los cables de conexión de fibra cuando estén conectados a los transmisores.**

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Conectar el cable de alimentación del NI ELVIS II asegurándose que los interruptores estén en posición de apagado.



Figura 1

2. Encender el equipo NI ELVIS II (ambos interruptores en el orden indicado).



Figura 2

En los módulos transmisores asegurarse de que los interruptores estén en ANALOG, nótese que en esta posición los módulos transmisores emiten una luz de acuerdo con el color indicado en cada módulo.



Figura 6

1. Verifique lo anterior colocando una hoja de papel frente a los módulos transmisores.

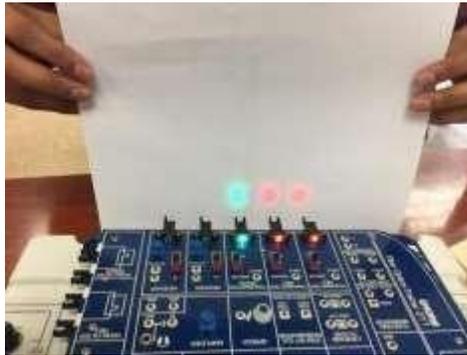


Figura 4

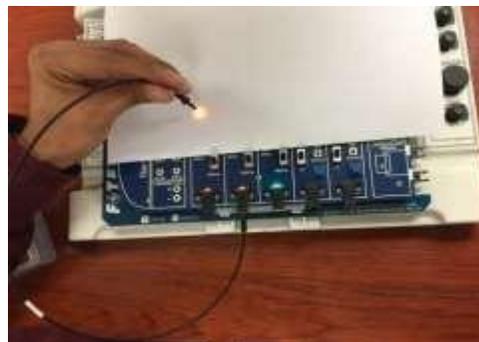
2. Conecte un cable de fibra óptica asegurándose de tomarlo por la parte más rígida (fiber optic plug) en cualquier módulo transmisor.



Figura 5

***NOTA: Al insertar y remover los cables de conexión de fibra óptica nunca debe jalar o doblar la parte flexible del cable para evitar fracturas de este, sino que debe siempre ser sujetado del plug.***

3. Observe en una hoja de papel que la luz del transmisor viaja a través del cable de fibra óptica y se proyecta con la misma intensidad.



4. Desconecte el cable de fibra óptica apoyándose del equipo NI ELVIS II para tener mayor apoyo sin dañar el cable.

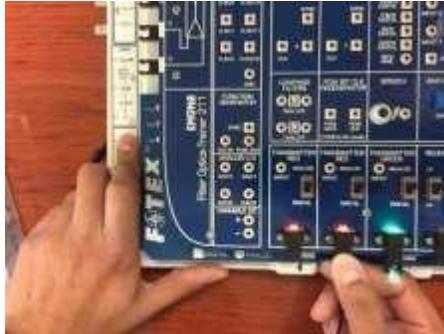


Figura 7

### **CUESTIONARIO**

1. Explique el funcionamiento de transmisión de datos mediante fibra óptica.
2. ¿Cuáles son las diferencias entre fibra óptica multimodo y monomodo? Explique sus características.
3. ¿Cuáles son las frecuencia y longitudes de onda de luz emitidas por los transmisores ópticos la tarjeta Emona Fotex?

### **CONCLUSIONES**

### **BIBLIOGRAFÍA**

## ***PRÁCTICA 2 "TRANSMISION DE DATOS POR FIBRA ÓPTICA"***

### **OBJETIVOS**

- Conocer el funcionamiento de los transmisores ópticos en los modos analógico y digital.
- Utilizar los módulos transmisores para cargar datos analógicos y digitales a un cable de fibra óptica.
- Entender la operación de los módulos receptores.

### **INTRODUCCIÓN**

Una de las muchas ventajas de la fibra óptica sobre el cable de cobre para transmitir señales a través de largas distancias es un nivel mucho más bajo de pérdida de datos. Esto significa que se necesitan menos repetidores, que pueden ahorrar de manera significativa dinero y energía (especialmente cuando el tendido de cables es bajo el agua).

Para los sistemas de fibra óptica comerciales utilizados en las telecomunicaciones, las pérdidas se reducen al mínimo mediante el uso de luz de la región infrarroja del espectro electromagnético (una longitud de onda entre 1300 y 1850 nm) y el uso de láser como fuentes de luz. Sin embargo, la radiación infrarroja es invisible para los seres humanos, y la luz láser puede causar lesiones oculares graves.

Por lo tanto, para conocer el concepto de transmisión de datos por fibra óptica, cuidando la seguridad en el aprendizaje, el equipo Emona FOTEx utiliza la luz roja y verde visible, emitidos por diodos LED y sensores de luz estándar para simular la transmisión de datos por fibra óptica en los sistemas de telecomunicaciones. Esto de ninguna manera reduce el realismo de los experimentos ópticos descritos en estas prácticas, junto con el cable de fibra óptica de plástico que se utiliza en los sistemas de comunicaciones para la transmisión de datos en distancias cortas, donde la pérdida es aún insignificante (por ejemplo, en sistemas ópticos que reemplazan a los cables de cobre).

#### **Módulos transmisores FOTEx**

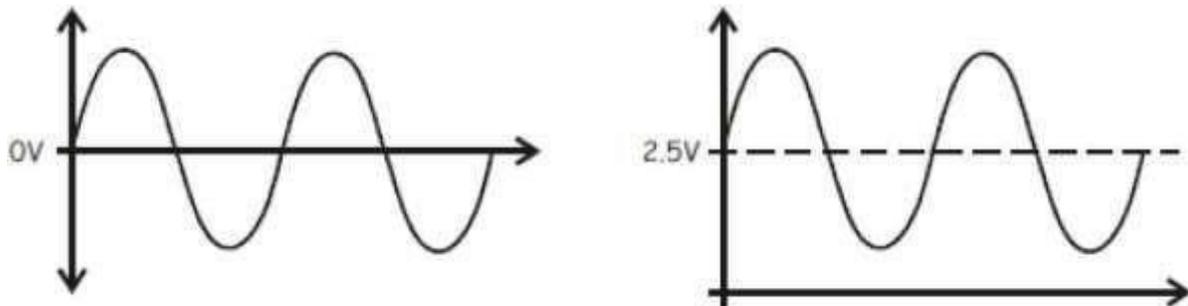
Emona FOTEx incluye tres módulos de transmisión óptica que pueden ser utilizados para la "carga" de la información en los cables de fibra óptica. En otras palabras, el transmisor puede aceptar información analógica o digital en forma eléctrica y convertirla a luz, que puede ser transferida con bastante eficacia al núcleo del cable de fibra óptica de plástico. Dos de los módulos de transmisión utilizan como fuente de luz un LED rojo y un tercer módulo utiliza un LED verde.

Para conocer acerca de estos módulos, imaginen una lámpara de mesa con funciones básicas, sólo se puede encender o apagar. Así es como los módulos transmisores Emona FOTEx trabajan cuando son configurados en modo digital (cada módulo tiene un interruptor de modo). Esto les permite cargar información digital de la señal (por ejemplo, PCM) en el cable de fibra óptica.

Es importante señalar que en el modo digital no permitirá variaciones en el nivel de luz, ya que pueden ser percibidas por el receptor como información falsa (ruido).

En modo analógico los módulos transmisores FOTEx trabajan con una luz variable, lo que significa que se pueden instalar en cualquier nivel de brillo entre el mínimo y el máximo.

El brillo del LED del módulo de transmisión está controlado por el valor del voltaje en la entrada analógica del transmisor. Cuanto menor sea el voltaje analógico, menor será el nivel de brillo del LED; en los transmisores de modo analógico, las señales analógicas son bipolares, es decir, cambia el voltaje entre los valores positivos y negativos, como en una onda senoidal (Figura 1a), sin embargo, los LED's pueden ser operados con voltaje de una sola polaridad. Por lo tanto, todo el ciclo a la entrada analógica se puede convertir a luz, la conversión de nivel de los módulos se hace a 2.5V de entrada (Figura 1b) antes de usarla para controlar los LED's. Así, la luz se puede convertir en una señal analógica con valores pico-pico de hasta 5 V.



a) Señal analógica bipolar

b) Señal analógica unipolar desplazada por 2.5V

Figura 1

Una vez que la amplitud máxima de la señal de entrada es superior a 5Vpp, alcanza el límite de operación de los LED's, es decir, no pueden aclararse o desvanecerse más. El resultado serán los picos de señal de corte en la salida del receptor.

#### Módulos Receptores FOTEx

Emona FOTEx contiene dos módulos de recepción que se pueden utilizar para "descargar" la información de los cables de fibra óptica. El receptor puede acoplar eficientemente la información desde el núcleo del cable de fibra óptica hasta un sensor de luz que convierte la información en una señal eléctrica, los sensores de luz estándar utilizados responden a todo el espectro de luz visible, de modo que el receptor puede trabajar con señales de luces de transmisión rojas y verdes sobre fibra óptica.

Una vez que la información se convierte de energía luminosa a energía eléctrica es usado un amplificador para incrementar el nivel de la señal, esto proporciona un control de ganancia que le permite evitar la saturación de la señal cuando las pérdidas son pequeñas, y para proporcionar suficiente ganancia en pérdidas mayores.

#### **¡Precaución!**

*A pesar de que las fuentes de luz no son Láser, los LED's en el transmisor y el receptor Emona FOTEx son fuentes de luz concentrada, no mirar directamente al extremo del conductor óptico.*

## **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA**

- Leer toda la práctica.
- Realice un análisis comparativo entre un LED y un LD.

## **EQUIPO**

Computadora personal con el software apropiado ya instalado.  
NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Módulo experimental Emona FOTEx.

## **MATERIAL**

Dos cables conectores BNC a banana 2mm.  
Cables banana-banana 2mm.  
Puentes ópticos.

## **PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

### *2.1 MÓDULOS TRANSMISORES ÓPTICOS*

1. Instalar la tarjeta Emona FOTEx en el NI ELVIS II asegurándose que se encuentre apagado.
2. Encender el equipo NI ELVIS II.
3. Ejecutar el programa NI ELVISmx.
4. Iniciar la fuente variable VPS del NI ELVIS II.
5. Ajustar el nivel de regulación de salida positiva de la fuente variable de alimentación a 0 V.
6. Elegir uno de los transmisores con LED rojo y seleccionar modo digital.
7. Conectar la fuente de alimentación variable positiva a la entrada del módulo transmisor rojo seleccionado, conectar un puente óptico en el acoplador de este módulo (figura 2).

**Uno de los extremos del conductor óptico no estará conectado**

**TENGA PRECAUCIÓN DE NO DIRIGIR LA LUZ A LA CARA.**

8. Dirigir el extremo libre del conductor óptico hacia una hoja de papel para ver la luz al final del conductor.

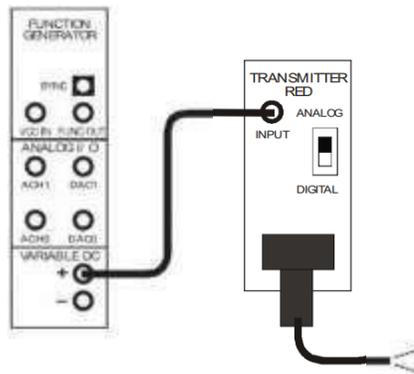


Figura 2

9. Aumentar el voltaje de salida de la fuente de alimentación variable positiva hasta que el LED del transmisor se encienda.

10. Aumentar el voltaje de salida de la fuente de alimentación variable positiva, por encima del nivel de encendido de los LEDs.

¿Por qué la intensidad de la luz del transmisor LED no cambia?, anotar sus comentarios.

11. Regresar el voltaje de salida de la fuente de alimentación variable positiva a 0V.

12. Aumentar el nivel de voltaje de alimentación variable positiva en incrementos de 0.1V y encontrar el valor exacto de voltaje que activa el LED. Registre este valor en la Tabla 1.

13. Reducir el voltaje de salida de la fuente de alimentación variable positiva en incrementos de 0.1V y encontrar el punto exacto en el que LED se apaga. Registre este valor en la Tabla 1.

Umbral de Voltaje Lógica 1	Umbral de Voltaje Lógica 0

Tabla 1

14. Apagar la fuente de alimentación variable.

15. Iniciar el Generador de funciones NIELVIS II, y ajustarlo para obtener una señal triangular con una frecuencia de 0.5 Hz, una amplitud de 5Vpp y DC Offset igual a cero.

16. Desconectar la fuente variable del módulo transmisor rojo y conectar el generador de funciones, cambiar el transmisor a modo analógico (Figura 3).

17. Dirigir el extremo libre del conductor óptico a una hoja de papel, y encender el generador de funciones.

18. Observar las variaciones de la intensidad de luz, anotar sus comentarios.

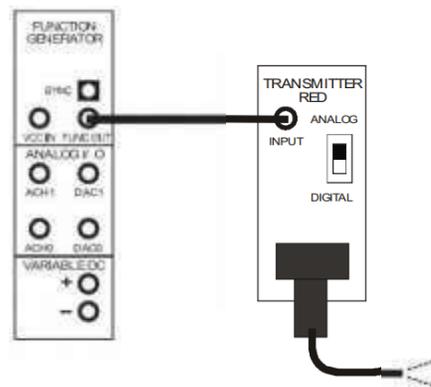


Figura 3.

19. Aumentar la frecuencia del generador de funciones a 5Hz, 10Hz, 20Hz, 30Hz y 50Hz. Observe el efecto de estos cambios en el comportamiento del LED.
20. Regresar la frecuencia del generador de funciones a 0.5 Hz.
21. Variar la amplitud de la señal del generador de funciones de 0 a 10Vpp, anotar sus observaciones.
22. Regresar la amplitud del generador de funciones a 5Vpp.
23. Conectar el generador de funciones al transmisor con LED verde en modo analógico.
24. Repetir los pasos del 19 al 21, observar y comentar si hay diferencias entre los transmisores de LED rojo y verde.

## 2.2 RECEPTORES ÓPTICOS Y SEÑALES ANALÓGICAS.

1. Ajustar el generador de funciones para obtener una señal senoidal con una frecuencia de 100Hz y amplitud de 5Vpp.
2. Elegir un transmisor con LED rojo en modo analógico.
3. Elegir un receptor con rango de ganancia en LO.
4. Girar la perilla de ganancia variable del módulo receptor totalmente hacia la izquierda.
5. Conectar la salida del generador de funciones a la entrada del transmisor rojo, conectar el receptor y el transmisor con un puente óptico, conectar el osciloscopio para observar la entrada y la salida como se muestra en la figura 4.

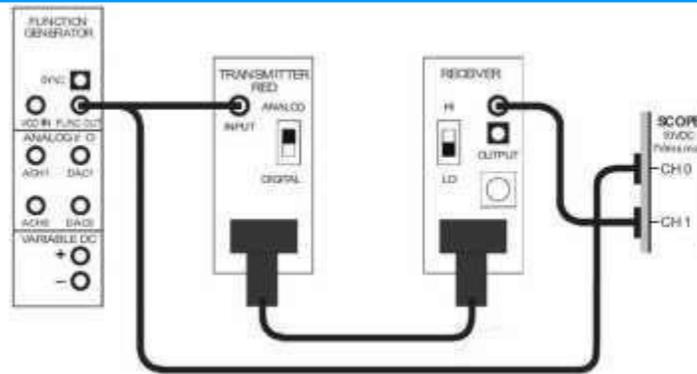


Figura 4.

El módulo transmisor convierte el mensaje a luz y la transmite a través de cable de fibra óptica al receptor, donde se convierte de nuevo a una señal eléctrica.

6. Encender el generador de funciones y comparar en el osciloscopio las señales transmitida y recibida, anotar sus comentarios.
7. Aumentar la frecuencia de la señal hasta que esta se distorsione, anotar el valor.
8. Aumentar la amplitud del mensaje en incrementos de 1 hasta llegar a 10V, y anotar sus observaciones.
9. Repetir los puntos 7 y 8 utilizando el transmisor con led verde.

### 2.3 RECEPTORES ÓPTICOS Y SEÑALES DIGITALES

1. Elegir uno de los transmisores de LED rojo en modo digital.
2. Elegir uno de los receptores con rango de ganancia en LO.
3. Girar la perilla de ganancia variable del receptor completamente hacia la izquierda.
4. Conectar una señal 10KHz DIGITAL a la entrada CLK del módulo generador de secuencia, la salida X de este módulo conectarla a la entrada del módulo transmisor previamente seleccionado, la salida SYNC del generador de secuencia conectarla a la entrada TRIG del osciloscopio, conectar el receptor y el transmisor con un puente óptico (Figura 5).

*Nota: La señal de referencia de 10 KHz digital es utilizada por el generador de secuencia como reloj para obtener a la salida X un modelo digital TTL.*

*Este generador de secuencia periódica emite una secuencia de datos de 31 bits utilizando la salida SYNC del generador de secuencia como una señal de disparo que estabiliza la imagen en la pantalla del osciloscopio.*

*La señal de datos digitales se usa como mensaje en el transmisor, el cual la convierte a señal de luz y la hace pasar a través de un cable de fibra óptica hasta un receptor que convierte la luz en una señal eléctrica.*

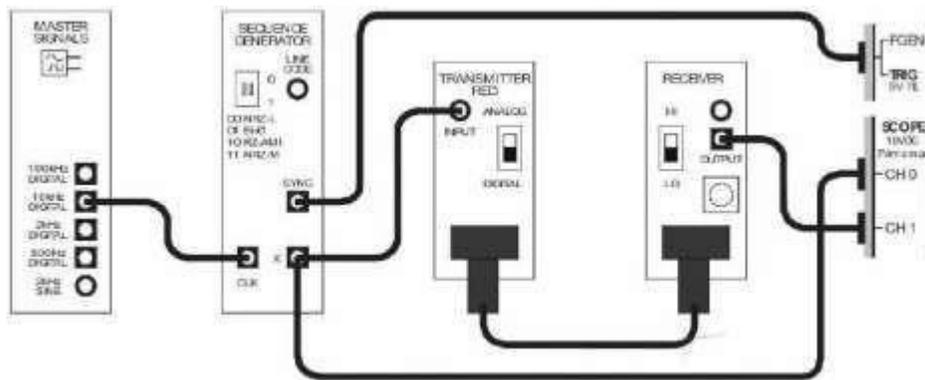


Figura 5.

5. Cambiar los siguientes ajustes del osciloscopio:

- Acoplamiento para ambos canales: DC.
- Trigger Type: Digital.

6. Observar en el osciloscopio la señal de entrada al transmisor y la señal de salida digital del receptor, al hacerlo se puede ver en la pantalla un fragmento de la secuencia de 31 bits y su copia en la salida del receptor, **dibujar las señales**.

7. Observar en el osciloscopio la salida analógica del receptor (Figura 6), **dibujar las señales**.

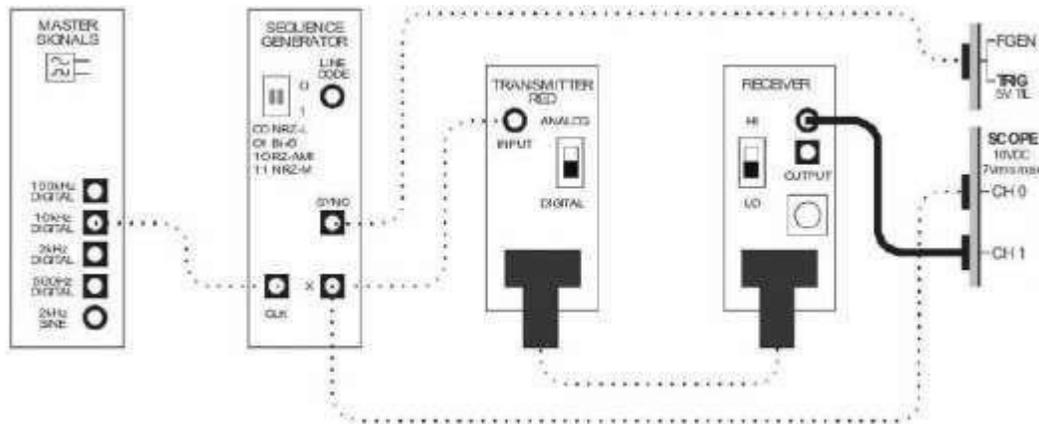


Figura 6

8. Anotar los cambios observados entre la salida analógica y digital.

## CUESTIONARIO

1. Explicar el efecto de histéresis en señales digitales.
2. ¿Cuáles son los receptores ópticos usados en las Comunicaciones Digitales?

## CONCLUSIONES

## BIBLIOGRAFÍA



## **PRÁCTICA 3 “IMPLEMENTACION PCM-TDM”**

### **OBJETIVOS**

- Crear un sistema de comunicación PCM de un solo canal con entrada analógica.
- Crear un sistema PCM-TDM de dos canales y simular un sistema simple de TDM.
- Generar un reloj local en el decodificador PCM.

### **INTRODUCCIÓN**

La modulación de pulsos codificados (PCM) se puede combinar con multiplexación por división de tiempo (TDM) para aumentar el número de usuarios del canal digital. En esencia, esta práctica es una simulación de una técnica que en telecomunicaciones es conocida como acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Además, veremos cómo restaurar la sincronización de bits de la señal y la demostración de generar una señal de sincronización de bits PCM en un decodificador local de PCM. Estas son una parte necesaria de los sistemas modernos de telecomunicaciones.

También en esta práctica se crea un sistema PCM-TDM de dos canales, que transmite datos sobre una fibra óptica y uso de recuperación de bits de reloj para generar bits de reloj local para un decodificador PCM.

#### **¡Precaución!**

*A pesar de que las fuentes de luz no son Láser, los LED's en el transmisor y el receptor Emona FOTEx son fuentes de luz concentrada, no mirar directamente al extremo del conductor óptico.*

### **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA**

- Leer toda la práctica.
- Investigar cuales son las técnicas de acceso múltiple.

### **EQUIPO**

Computadora personal con el software apropiado ya instalado.  
NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Modulo experimental Emona FOTEx.

## MATERIAL

Dos cables conectores BNC a banana 2mm.  
Cables banana-banana 2mm  
Puentes ópticos  
Audífonos estéreo

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 3.1 SISTEMA DE CODIFICACIÓN Y DECODIFICACIÓN PCM

1. En el módulo PCM Encoder ajustar el interruptor a modo PCM.
2. Conectar una señal 100KHz DIGITAL a la entrada CLK de los módulos PCM ENCODER y PCM DECODER y una señal 2KHz SINE a la entrada INPUT 1 del módulo PCM ENCODER, conectar la salida PCM DATA a la entrada respectiva del PCM DECODER, la salida OUTPUT del PCM DECODER a la entrada del filtro pasa bajas 3KHz LPF (Figura 1).

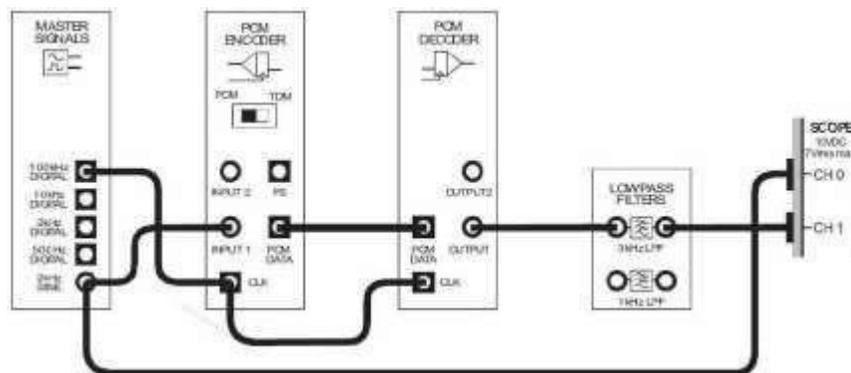


Figura 1.

La señal seno de 2 kHz es entregada como mensaje a una entrada analógica del módulo codificador de señal PCM. El módulo codificador PCM convierte el mensaje en una señal PCM digital el cual el módulo decodificador PCM la convierte a una versión muestreada de la señal original. El filtro pasa bajas con frecuencia de corte de 3 kHz actúa como un filtro de regeneración para restaurar el mensaje original a partir de la salida del decodificador PCM. En esta etapa, el módulo decodificador PCM toma el bit de reloj desde el codificador PCM.

3. Observar en osciloscopio y dibujar: señal analógica (senoidal 2kHz), señal digital (PCM DATA), señal decodificada y señal reconstruida a la salida del filtro.

### 3.2 SISTEMA PCM-TDM DE DOBLE CANAL

1. Ajustar el generador de funciones para obtener una señal seno con una frecuencia de 500Hz con una amplitud de 4Vpp.
2. Ajustar el interruptor del codificador PCM a modo TDM.

3. Sin desconectar el cableado ya existente, conectar la salida del generador de funciones a la entrada INPUT 2 del módulo PCM ENCODER y la salida 2 del módulo PCM DECODER a la entrada del filtro pasa bajas 1kHz LPF (Figura 2).

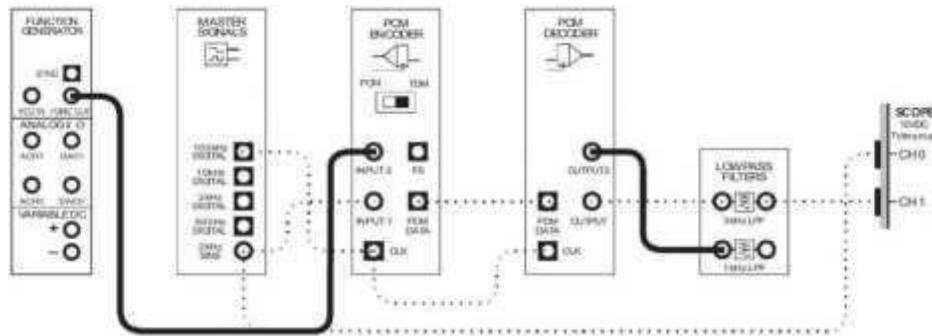


Figura 2.

Una señal seno con frecuencia de 2 kHz (mensaje 1), es conectada en la entrada 1 del codificador PCM y una señal seno con frecuencia de 500 Hz (mensaje 2) es conectada a la entrada 2 del codificador PCM, el filtro pasa bajas LPF con una frecuencia de corte de 1 KHz se utiliza para restaurar el mensaje original en la salida 2 del decodificador PCM. Ahora el sistema codifica, transmite, decodifica y restaura las dos señales analógicas usando PCM-TDM.

4. Asegúrese de que el sistema codifica, decodifica y restaura el mensaje 1. Observar en el osciloscopio y dibujar las señales.

Responda: ¿Por qué el mensaje restaurado 1 está distorsionado?

5. Asegúrese de que el sistema codifica, decodifica y restaura el mensaje 2. Observar en el osciloscopio, dibujar las señales y anotar sus comentarios.

### 3.3 MEDIO DE TRANSMISIÓN POR FIBRA OPTICA

1. Seleccionar uno de los transmisores en modo digital rojo o verde.

2. Seleccionar uno de los receptores y establecer su control rango de ganancia a LO.

3. Girar la ganancia variable de este receptor completamente a la izquierda.

4. Sin desconectar el cableado ya existente, desconectar la entrada PCM DATA del módulo PCM DECODER y llevarla a la entrada del módulo transmisor seleccionado, conectar la entrada PCM DATA a la salida del módulo receptor seleccionado, conectar con un puente óptico el transmisor y el receptor (Figura 3).

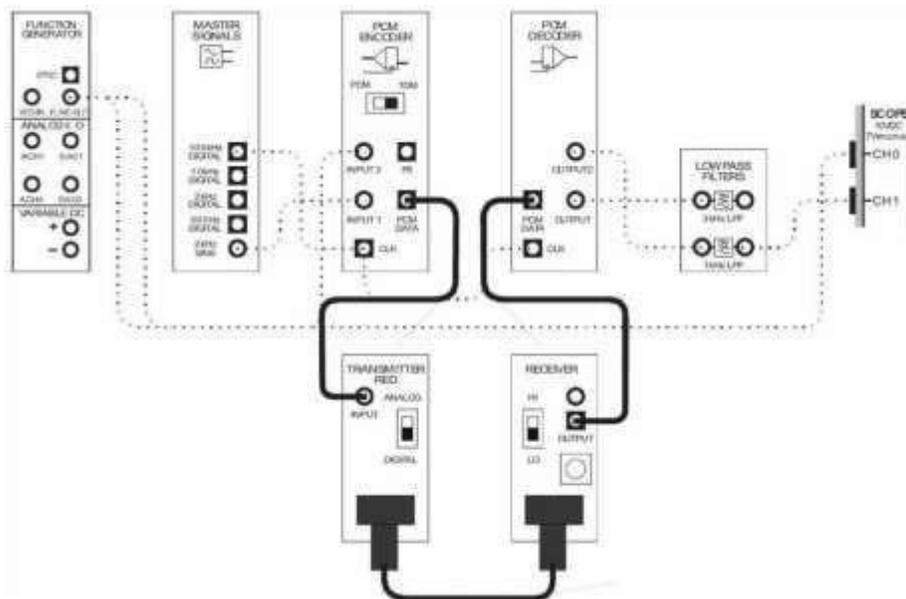


Figura 3.

La salida de datos PCM-TDM desde el codificador PCM llega al transmisor, que la convierte en luz y la transmite por fibra óptica. El receptor lee una señal de luz y la convierte de nuevo a una señal eléctrica.

5. Con el uso del osciloscopio, asegúrese de que el sistema aún codifica, decodifica y restaura el mensaje 2.

Para asegurarse de que el conductor de fibra óptica transmite los datos PCM-TDM, desconecte momentáneamente cualquier lado, receptor o transmisor.

Al hacer esto, el mensaje restaurado debe desaparecer de la pantalla del osciloscopio.

No se olvide de conectar el cable antes de continuar.

6. Cambiar la conexión del osciloscopio para observar a la salida del filtro pasa bajas LFP con una frecuencia de corte de 3 KHz el mensaje 1 (Figura 4). Asegúrese de que el sistema aún codifica, decodifica y reconstruye el mensaje.

7. Desconectar cualquiera de los extremos de la guía óptica y asegúrese de que el mensaje restaurado desaparece de la pantalla.

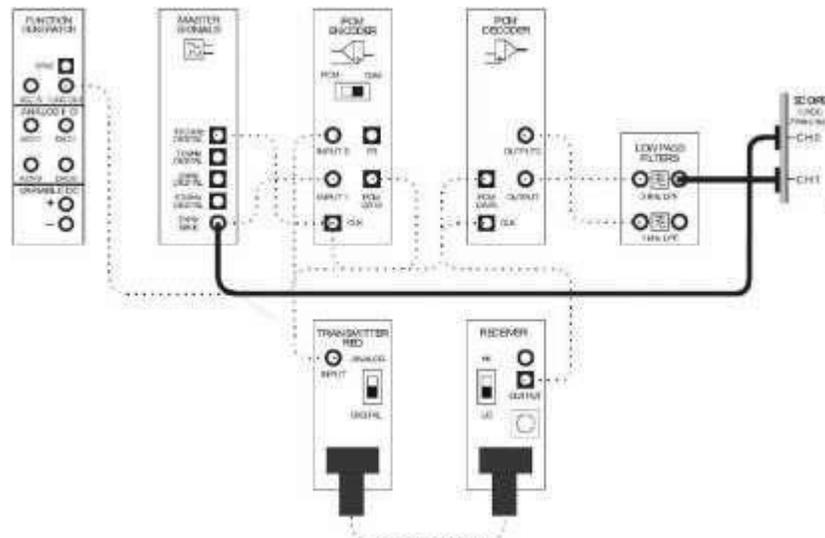


Figura 4.

### 3.4 REGENERACIÓN DEL BIT DE RELOJ

1. Sin desconectar el cableado ya existente, desconectar la entrada CLK del módulo decodificador, en el módulo receptor la salida OUTPUT conectarla a la entrada PCM DATA del módulo PCM BIT CLK REGENERATOR y la salida PCM CLK del mismo llevarla a la entrada CLK del módulo decodificador (Figura 5).

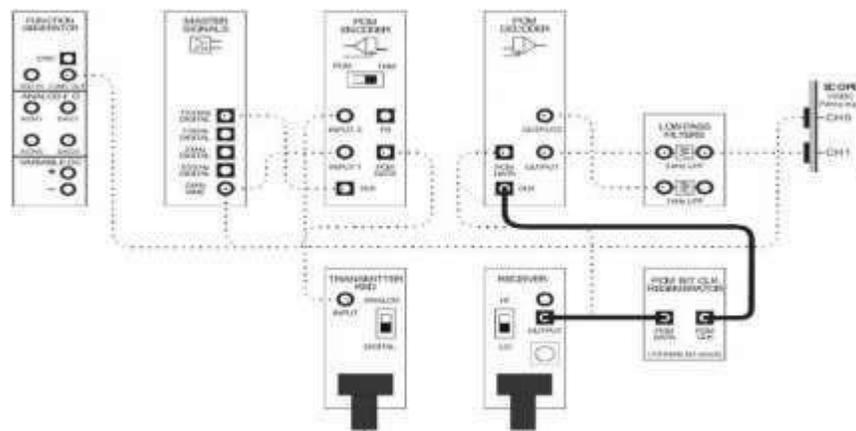


Figura 5.

Los datos PCM-TDM, son llevados a la entrada del módulo regenerador de señal de reloj después de haber sido convertida de luz a señal eléctrica, la salida del módulo PCM BIT CLK REGENERATOR, reemplaza la señal de reloj del módulo decodificador.

2. Asegúrese de que el sistema aún codifica, decodifica y restaura los mensajes.
3. Para escuchar la calidad de los mensajes recuperados, conecte la salida 2kHz SINE (mensaje 1) a la entrada de modulo amplificador (Figura 6).

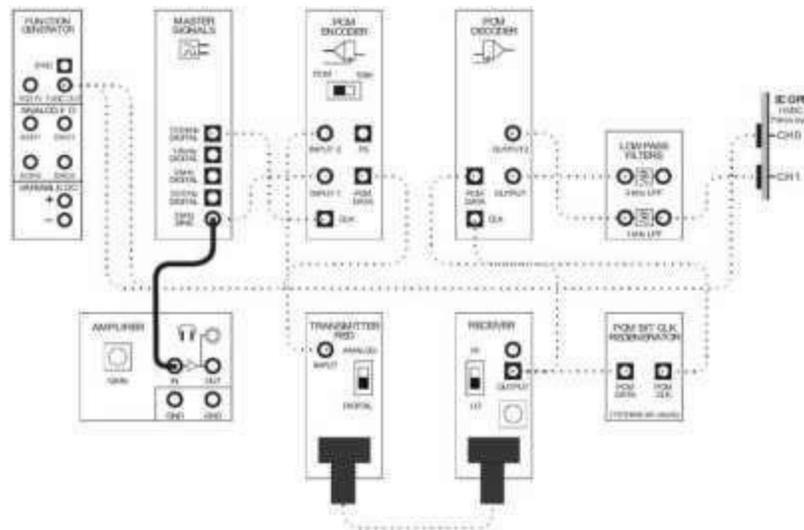


Figura 6

4. Girar el control de ganancia del módulo amplificador totalmente a la izquierda.
5. Sin colocarse los audífonos, conectarlos al módulo amplificador.
6. Girar el control de ganancia en sentido horario hasta que consiga escuchar un nivel aceptable del mensaje.
7. Escuchar el mensaje recuperado, desconectar y conectar el cable óptico, anotar sus observaciones.
8. Compare el sonido de la señal restaurada y el mensaje original.  
Deben ser muy similares, aunque también escuchara la distorsión, observada visualmente.
9. Repetir los puntos 4 al 8 para el mensaje 2.

### CUESTIONARIO:

- 1.- ¿Cuáles son los tipos de fibra óptica y cuáles son sus características?
- 2.- ¿Qué tipo de fibra se utilizó en esta práctica y por qué?

### CONCLUSIONES

### BIBLIOGRAFÍA

## PRÁCTICA 4 “FILTRADO, COMBINACIÓN Y SEPARACIÓN DE SEÑALES ÓPTICAS”

### OBJETIVOS

- Separar señales ópticas utilizando un acoplador (módulo divisor) y comparar las fortalezas y debilidades de la ruta.
- Combinar señales ópticas utilizando un módulo acoplador.

### INTRODUCCIÓN

Los complejos sistemas de fibra óptica utilizados en las telecomunicaciones pueden llevar simultáneamente miles de conversaciones. Hay varias maneras de lograr esto, incluyendo la multiplexación por división de tiempo (TDM). Otra técnica implica la combinación de múltiples fuentes de luz en el cable de fibra óptica, cada fuente opera a diferente longitud de onda, esta técnica se llama WDM (Wavelength Division Multiplexing, Multiplexación por División de Onda). En sistemas WDM los filtros son necesarios para dejar pasar la luz de una longitud de onda y rechazar otras longitudes de onda. Para WDM usando la Emona FOTEx se dispone de módulos de filtros WDM rojos y verdes. En el módulo de filtro rojo pasa a la salida la luz roja relativamente intacta, pero atenúa la verde, en el módulo de filtro verde pasa la luz verde, pero atenúa la roja.

### SEPARANDO Y COMBINANDO

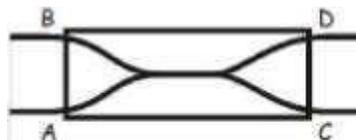
Para conectar eléctricamente dos conductores de cobre se requiere su contacto en un solo punto. Esto hace que sea fácil dividir y enviar a dos o más lugares la misma señal eléctrica transmitida a lo largo del conductor; sin embargo, la separación de las señales de luz transmitida a través de fibra, no es tan simple. La fibra óptica está diseñada de manera que la luz transmitida está en el centro del conductor (reflexión total interna), es decir, una cantidad muy pequeña de luz introducida en el conductor puede perderse a lo largo de su longitud. La señal de luz no se puede dividir simplemente conectando los conductores ópticos como se hace con los conductores de cobre.

Un método de división óptica es utilizar un fenómeno que ocurre en la práctica, una pequeña cantidad de energía de luz que se propaga a lo largo de la fibra escapa del núcleo, siendo posible transmitir parte de la luz de una fibra a otra acercando las fibras una distancia necesaria.

Una variación es reducir la separación entre los conductores ópticos esto nos lleva a la disminución de la longitud a lo largo de la cual se hace el acoplamiento entre las fibras fusionando los núcleos.

El dispositivo óptico diseñado para la separación de la luz de esta manera se llama **acoplador de fibra fusionada** y Emona FOTEx contiene dos módulos similares.

El diseño de acopladores de fibra fusionada se muestra esquemáticamente con el siguiente símbolo.



Este dispositivo consta de cuatro puertos 2 de entrada y 2 de salida, que se designan por letras del alfabeto de la A a D, los puertos A y D son los extremos de una de las fibras ópticas, la luz que va

desde el puerto de A aparecerá en el puerto D, y viceversa. Del mismo modo, los puertos B y C son los otros extremos de la otra fibra óptica debido a que la señal de luz acoplada a uno de ellos aparece en otro.

La fusión de los núcleos de la fibra permite que la luz se transmita fácilmente entre ellos en el punto de acoplamiento. Así son obtenidas cuatro rutas adicionales: de A a C, de C a A, B a D y de D a B. Es importante destacar que la mayor parte de la luz que pasa a través de la fibra óptica de A a D, es indirectamente de A a C; esto significa que a la salida habrá una diferencia en la intensidad de la señal luminosa, y en la salida conectada directamente a la fuente de luz, será más brillante. Por lo tanto, las vías de señalización directas son llamadas rutas fuertes (strong paths), y las indirectas rutas débiles.

Rutas Fuertes	Rutas Débiles
A a D	A a C
D a A	C a A
B a C	B a D
C a B	D a B

Hay cuatro trayectorias de luz no deseables que se genera debido a la reflexión y dispersión de la luz, están en los lugares de contacto de los conductores de las fibras: de A a B, de B a A, de D a C, de C a D, la intensidad de la luz en la salida de estas rutas es muy pequeña, pero todavía pueden causar problemas que requieran soluciones, dependiendo de la finalidad para la que se utilizan los divisores.

Finalmente, el acoplador de fibra fusionada puede ser utilizado para combinar, pero también para la separación de señales. Considerando el ejemplo que la señal va al puerto A, sabemos que la señal aparece en el puerto D (fuerte) y el puerto C (débil). Al mismo tiempo entra una señal diferente en el puerto B, que también aparecerá en el puerto D (débil), y el puerto C (fuerte). Claramente, ambos puertos de salida ahora contienen la información de luz combinada de ambas fuentes.

### **¡Precaución!**

*A pesar de que las fuentes de luz no son Laser, los LED's en el transmisor y el receptor Emona FOTEx son fuentes de luz concentrada, no mirar directamente al extremo del conductor óptico.*

## **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA**

- Leer toda la práctica
- Traer el espectro de frecuencias de la luz visible y un diagrama de la combinación de colores primarios.

## **EQUIPO**

Computadora personal con el software NI ELVIS instalado.

NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Módulo experimental Emona FOTEx.

## MATERIAL

Dos cables conectores BNC a banana 2mm.  
Cables banana-banana 2mm.  
Puentes ópticos.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 4.1 FILTRAR SEÑALES ÓPTICAS

1. Iniciar el Generador de funciones NI ELVIS II y ajustarlo con los parámetros siguientes: Forma de onda senoidal, frecuencia 1 Hz, una amplitud de 4 Vpp y DC Offset igual a cero.
2. Conectar la salida del generador de funciones a la entrada de un transmisor con LED rojo en modo analógico.
3. Conectar un puente óptico entre el transmisor y el conector superior del módulo WDM filtro rojo.
4. Conectar un puente óptico al otro conector del filtro rojo WDM (Figura 1).

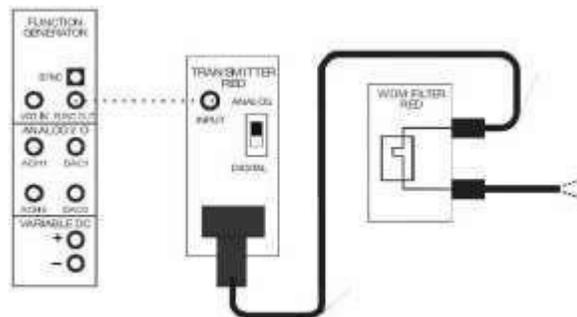


Figura 1.

5. Dirigir el extremo libre del conductor óptico a una hoja de papel y **anotar sus observaciones**.
6. Repetir el paso 5 con un módulo WDM filtro verde (Figura 2).

Explicar: ¿Por qué la luz roja sigue siendo visible a través del filtro verde?

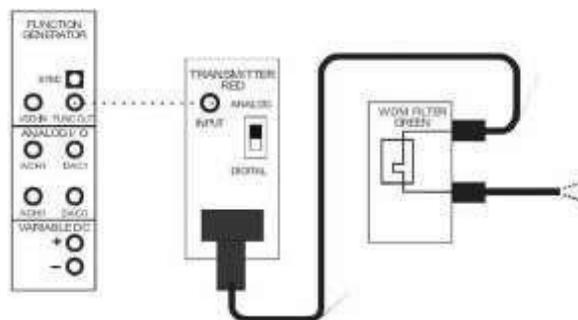


Figura 2.

8. Seleccionar uno de los receptores con control de ganancia a LO y girar la ganancia variable totalmente a la derecha.
9. Regresar la conexión al módulo WDM filtro rojo, y la salida del filtro conectarla al receptor seleccionado, (Figura 3).
10. Observar en el osciloscopio el mensaje original y la salida del módulo receptor, graficar las señales y anotar sus comentarios.

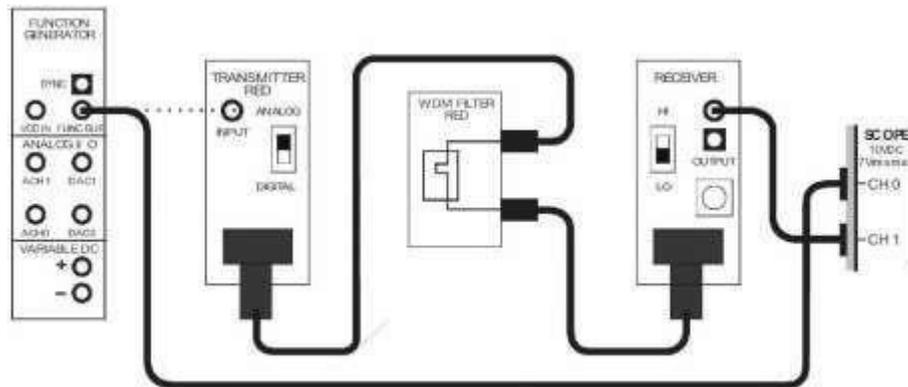


Figura 3

11. Reemplazar el filtro rojo WDM por el verde, y repetir el paso 10.  
Responda ¿Por qué la salida del receptor ya no es una copia del mensaje?
12. Desconectar momentáneamente cualquier conductor óptico. Anote sus comentarios.

#### 4.2 USO DEL ACOPLADOR PARA SEPARAR SEÑALES ÓPTICAS

1. Ajustar el generador de funciones para obtener una señal de onda senoidal, frecuencia 1 Hz, Amplitud de 4 Vpp y DC Offset igual a cero.
2. Conectar la salida del generador de funciones a la entrada del transmisor rojo en modo analógico.
3. Conectar la salida óptica del transmisor rojo a la entrada A del módulo acoplador-divisor de la izquierda, conectar dos puentes ópticos a los puertos C y D dejando los extremos sin conectar (Figura 4).
4. Dirigir el extremo de los conductores ópticos libres hacia una hoja de papel. La luz que entra en el puerto A está dividida en los puertos C y D.

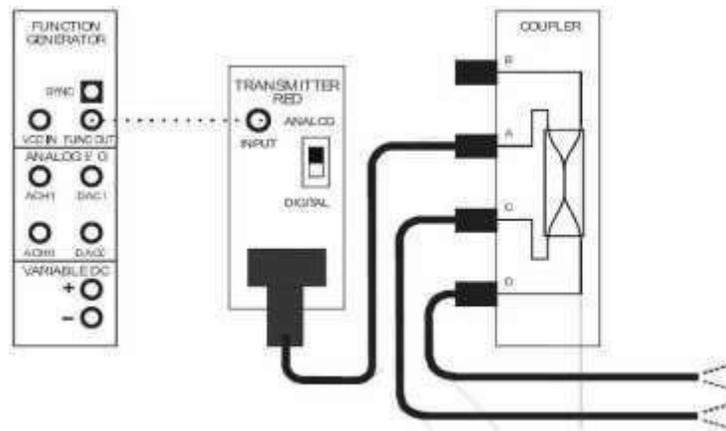


Figura 4.

5. Comparar el brillo de la luz de salida e identificar visualmente la diferencia entre formas fuertes y débiles, **anotar sus comentarios.**
6. Desconectar los puentes ópticos del puerto D y C y conectar un puente en el puerto B (Figura 5).

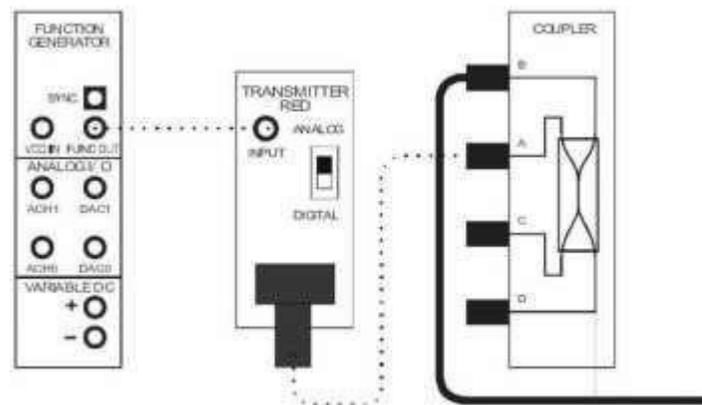


Figura 5.

7. Dirigir el extremo libre del conductor óptico a una hoja de papel.  
**Responda:** ¿Por qué aparece señal en el puerto B?
8. Incrementar la frecuencia de los mensajes a 1KHz.
9. Cambiar el conductor óptico del puerto B al puerto C y el otro extremo del conductor al receptor anteriormente utilizado (Figura 6).
10. Medir la amplitud de la señal a la salida del receptor. Registrar el valor en la Tabla 1.

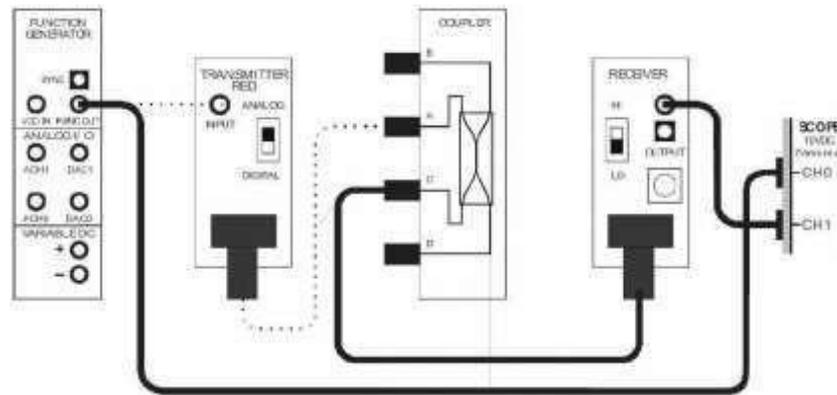


Figura 6.

11. Cambiar el conductor óptico del puerto C al puerto D, medir la amplitud de la señal de salida del receptor, **anotar los valores** en la tabla 1.

Copia del mensaje puerto C	Copia del mensaje puerto D

Tabla 1

**Responda:** ¿Por qué la amplitud del mensaje es menor en uno de los puertos?  
Calcular la atenuación en dB para cada caso.

12. Hacer el ajuste necesario para que se intercambien los valores de las señales en los puertos C y D, **anotar los valores** en la tabla 2 y calcular su atenuación.

Copia del mensaje puerto C	Copia del mensaje puerto D

Tabla 2

#### 4.3 USO DE DIVISORES PARA COMBINAR SEÑALES ÓPTICAS

1. Seleccionar uno de los transmisores con LED rojo en modo analógico.
2. Establecer otro transmisor con LED rojo en modo digital.
3. Establecer el control de ganancia de los receptores en LO y girar la ganancia variable totalmente a la derecha.
4. Armar el circuito de la Figura 7.

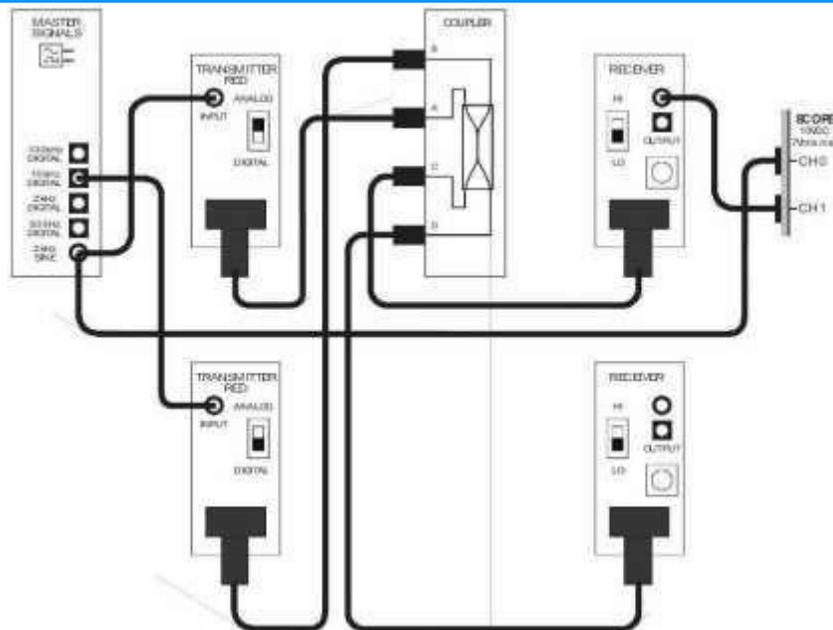


Figura 7.

5. Observar en el osciloscopio y dibujar la señal de entrada y la salida analógicas del receptor.
6. Para verificar que la señal en el acoplador de salida es combinación de los dos puertos: uno por uno, desconectar el conductor óptico de cada uno de los transmisores, y anotar sus observaciones.
7. Repetir el punto 6 para el otro receptor.
8. Explicar ¿Por qué la señal combinada a la salida de un receptor difiere de la señal combinada obtenida en la salida del otro receptor?

### CUESTIONARIO

- 1.- De acuerdo con lo visto en el punto 11 de la sección 4.1. Responda: ¿Por qué el receptor reconstruye el mensaje, aunque se esté utilizando un filtro verde?
- 2.- ¿Cuáles son los tipos de conectores usados en las comunicaciones ópticas?

### CONCLUSIONES

### BIBLIOGRAFÍA

## PRÁCTICA 5 "COMUNICACIONES DUPLEX POR FIBRA ÓPTICA"

### OBJETIVOS

- Utilizar los módulos Emona Fotex para crear un sistema de comunicaciones por fibra óptica unidireccional.
- Convertir el sistema de comunicaciones por fibra óptica unidireccional a bidireccional

### INTRODUCCIÓN

Una característica interesante de las fibras ópticas es que la luz que viaja en una dirección no tiene ningún efecto sobre la luz guiada a lo largo de la misma fibra óptica en la otra dirección. Con la capacidad de la luz para moverse a través de una fibra en ambas direcciones sin interferir una con otra, se puede crear un enlace de dos vías. En este caso, a cada extremo del cable óptico es necesario conectar el transmisor y el receptor para la carga y descarga de las señales de luz. En los sistemas de telecomunicaciones a este dispositivo de uso común se le conoce como dispositivo de circulación. Una opción es usar dos divisores ópticos, sin que aumente la pérdida y la diafonía. Recordemos que acoplador óptico es un dispositivo con 4 puertos, etiquetado alfabéticamente de la A hasta la D, la señal suministrada a un puerto, aparece en los otros dos del extremo opuesto del divisor. La señal recibida en el puerto A, es dividida entre los puertos D y C, la señal aplicada a los puertos C y D se dividen entre los puertos A y B, incluso si, al mismo tiempo, los puertos A y B están conectados a otra señal. Esta propiedad permite crear acopladores bidireccionales en un sistema óptico. La figura 1 muestra un diagrama básico de una comunicación bidireccional de fibra óptica entre dos estaciones que utilizan divisores ópticos.

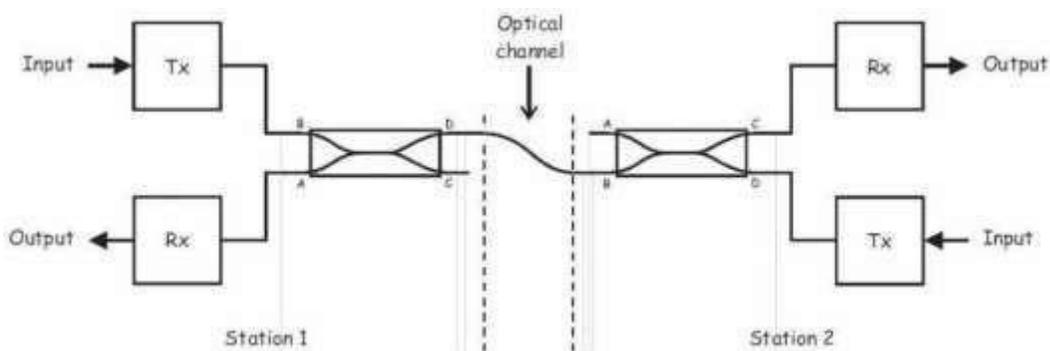


Figura 1.

Como puede ver, la estación transmisora 1 se conecta al canal del divisor débil (B a D). Esta señal transmitida está conectada al receptor (Rx) a través de la estación 2 fuerte (B a C). Al mismo tiempo, la estación de transmisora 2 está conectada al canal por medio del divisor débil (de D a B), y una señal dirigida a un receptor de la estación 1 por el camino fuerte (de D a A).



Las dos señales se transmiten por medio de uno de los acopladores débiles, expresado en mayores pérdidas del método de carga y descarga de la señal.

La señal de entrada es dividida en tres partes, una pequeña porción de la luz se refleja al puerto de entrada de la misma estación, si se aplica una señal al puerto A una señal muy pequeña aparece en el puerto B, esto provoca una diafonía.

Las señales eléctricas que viajan a lo largo de un conductor, con corrientes bidireccionales formadas por electrones que fluyen en direcciones opuestas, se restan una de otra, y las características de las señales desaparecen. Los fotones son elementos independientes, que esencialmente no interactúan con otros componentes en el canal.

Es importante tener en cuenta que esto es cierto incluso cuando las dos señales ópticas tienen la misma banda de frecuencia y se transmiten en direcciones opuestas.

Sin embargo, si tienen la misma banda de frecuencia y se transmiten en una misma dirección, no se pueden separar las señales en la salida del receptor.

### **¡Precaución!**

*A pesar de que las fuentes de luz no son Láser, los LED's en el transmisor y el receptor Emona FOTEx son fuentes de luz concentrada, no mirar directamente al extremo del conductor óptico.*

## **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA**

- Leer toda la práctica.
- Investigar el uso de transmisiones bidireccionales en fibra óptica.

## **EQUIPO**

Computadora personal con el software NI ELVISmx instalado.  
NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Módulo experimental Emona FOTEx.

## **MATERIAL**

Dos cables conectores BNC a banana 2mm.  
Cables banana-banana 2mm.  
Puentes ópticos.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 5.1 CONSTRUIR UN SISTEMA UNIDIRECCIONAL DE COMUNICACIÓN POR F.O.

1. Elegir uno de los transmisores con LED rojo en modo analógico.
2. Elegir uno de los receptores y establecer su control de ganancia en HI y girar la ganancia variable totalmente a la derecha.
3. Construir el circuito como se muestra en la Figura 2.

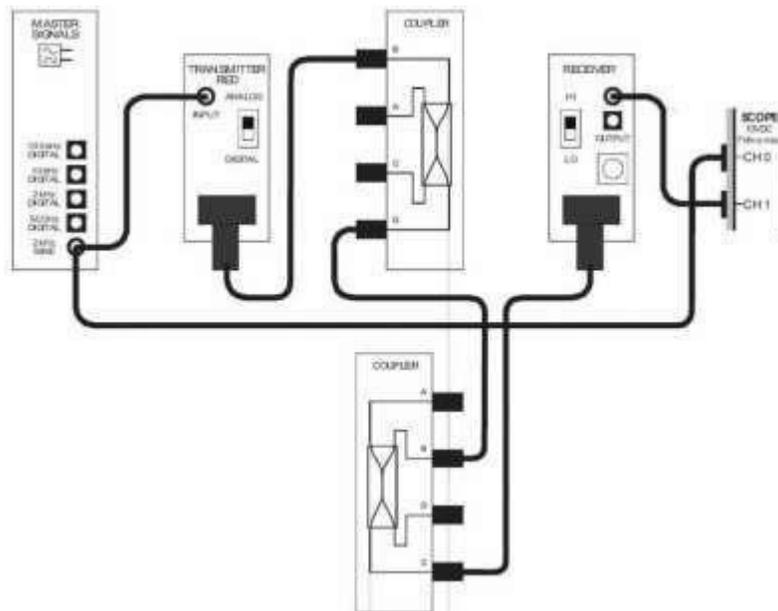


Figura 2.

4. Ejecutar el osciloscopio y observar la señal analógica original y la reconstruida a la salida de la estación 2. **Anotar sus comentarios.**

### 5.2 CONVERSION DEL CIRCUITO A UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL POR FIBRA ÓPTICA

1. Establecer el selector del segundo transmisor rojo en modo digital.
2. Ajustar el control de ganancia del segundo receptor en LO y girar la ganancia variable del receptor aproximadamente a la mitad.
3. Cambiar el circuito como se muestra en la Figura 3.
4. Ver en el osciloscopio y dibujar el mensaje digital a la entrada del transmisor 2 y el mensaje recuperado a la salida del receptor 1.  
Deberá ver dos señales digitales con la misma amplitud.

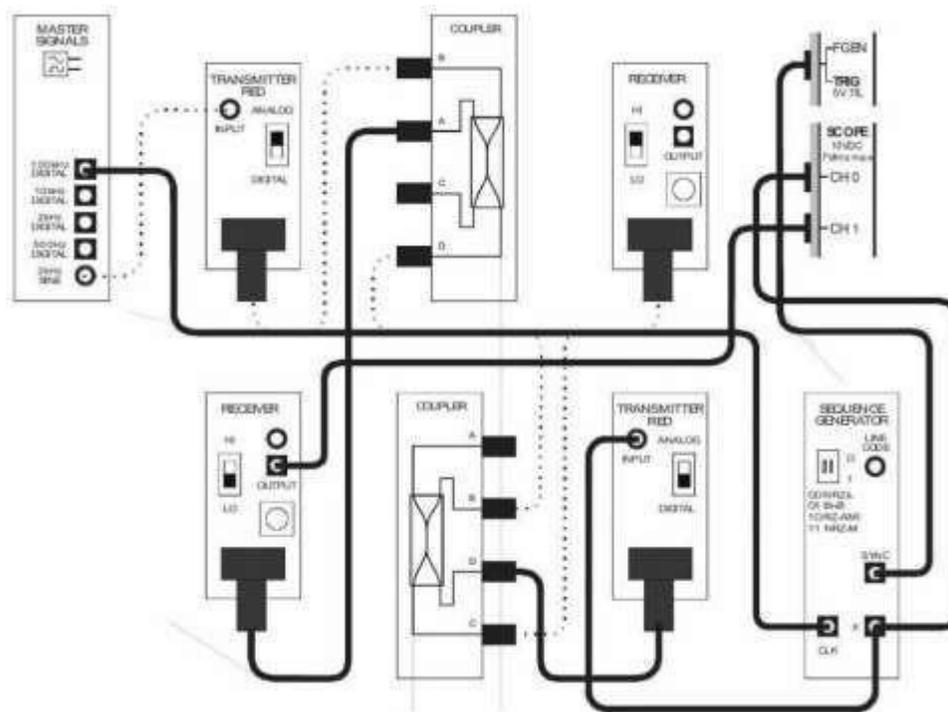


Figura 3

Responda:

¿En qué dirección se transmite señal analógica?

- a) De estación 1 a la estación 2      b) De estación 2 de la estación 1

¿En qué dirección se transmite la señal digital?

- a) De estación 1 a la estación 2      b) De estación 2 de la estación 1

¿Cuántos conductores ópticos se utilizan para la transmisión entre estaciones?

5. Ver en el osciloscopio la señal analógica en el transmisor 1 y la señal recuperada en el receptor 2. *(Se debe ver la señal restaurada distorsionada)*, dibujar las señales y escribir sus comentarios.

6. Desconectar momentáneamente cada uno de los extremos de los conductores ópticos y ver el efecto en el mensaje recuperado, anotar lo ocurrido en cada caso.

## CUESTIONARIO

- 1.- ¿Qué es un Splitter?
- 2.- ¿Por qué los conductores ópticos pueden transmitir información en ambas direcciones?
- 3.- ¿Cuál de los conductores ópticos usados en el último circuito de la práctica transmitió información en ambas direcciones y por qué?

## CONCLUSIONES

## BIBLIOGRAFÍA

## PRÁCTICA 6 "MULTIPLEXACION POR DIVISION DE LONGITUD DE ONDA WDM"

### OBJETIVOS

- Enviar dos señales diferentes sobre un cable de fibra óptica en la misma dirección con el uso de la multiplexación por división de longitud de onda.
- Aprenderá cómo utilizar filtros para restaurar sólo uno de los mensajes.
- Crear un sistema completo de comunicación de doble canal mediante la multiplexación por división de longitud de onda, y examinar su rendimiento.
- Combinar el sistema WDM con TDM para enviar y recibir información a través de tres canales.

### INTRODUCCIÓN

En implementación de PCM TDM una sola fuente de luz puede ser utilizada para permitir a múltiples usuarios compartir un canal de la fibra óptica. Esto se consigue utilizando la multiplexación por división de tiempo (TDM) y modulación por pulsos codificados (PCM).

El aumentar el número de usuarios puede realizarse mediante el uso de fuentes de luz independientes con diferentes longitudes de onda, y se llama multiplexación por división de longitud de onda (WDM). Naturalmente, en el otro extremo del conductor deben conectarse la misma cantidad de receptores. Sin embargo, ya que los receptores ópticos responden a la luz de cualquier longitud de onda, la señal de luz se divide en longitudes de onda usando filtros ópticos antes de ser dirigido al receptor apropiado.

En sistemas de telecomunicaciones la carga y descarga de señales se lleva a cabo por medio de fuentes de luz infrarroja para uso comercial. Dado que estos dispositivos no están disponibles en la Emona fotex, la multiplexación por división de longitud de onda puede ser realizada utilizando dos acopladores ópticos, como se muestra en la figura 1.

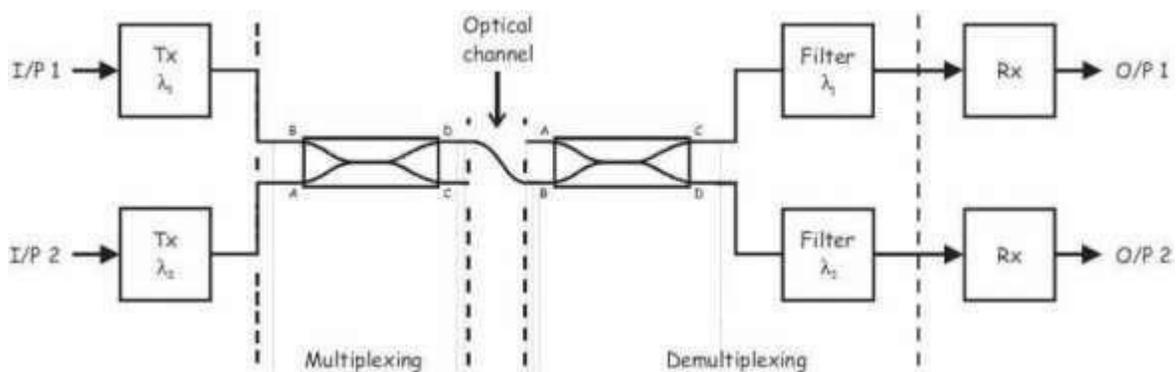


Figura 1.



Como se puede ver, un transmisor conecta al usuario con el puerto B, y el otro transmisor se conecta al puerto A del divisor. La luz de ambas señales aparece simultáneamente en los puertos C y D, como acoplador tiene la propiedad de combinar señales ópticas.

Cualquiera que sea el puerto (C o D) conectado al canal puede considerarse WDM, si los transmisores utilizan la luz a diferentes longitudes de onda y los receptores son capaces de distinguir estas longitudes de onda, después del segundo acoplador, la luz que transmite la señal combinada a los puertos C y D, utiliza un filtro óptico que pasa sólo una señal con una cierta longitud de onda a un receptor correspondiente.

Las dos señales de luz viajan a través de las trayectorias fuerte y débil, el paso de la luz en la trayectoria débil conduce a pérdidas mayores en la implementación de dispositivos comerciales.

### **¡Precaución!**

*A pesar de que las fuentes de luz no son Láser, los LED's en el transmisor y el receptor Emona FOTEx son fuentes de luz concentrada, no mirar directamente al extremo del conductor óptico.*

## **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA**

- Leer toda la práctica.
- Investigar los siguientes conceptos:
  - WDM (Wavelength División Multiplexing)
  - DWDM (Dense Wavelength División Multiplexing)

## **EQUIPO**

Computadora personal con el software NI ELVISmx instalado.  
NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Módulo experimental Emona FOTEx.

## **MATERIAL**

Dos cables conectores BNC a banana 2mm.  
Cables banana-banana 2mm.  
Puentes ópticos.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 6.1 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE ONDA

1. Elegir uno de los transmisores con LED rojo y configurarlo en modo analógico.
2. Elegir uno de los receptores y establecer su control rango de ganancia en HI, girar la perilla de ganancia variable totalmente hacia la derecha.
3. Armar el circuito como se muestra en la Figura 2 con el receptor y el transmisor.

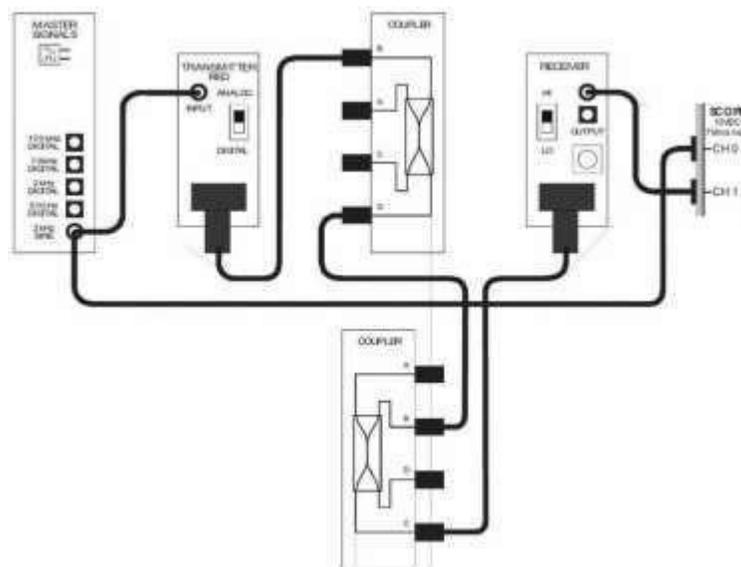


Figura 2.

4. Ejecutar el osciloscopio NI ELVIS II y observar el mensaje original y el mensaje restaurado. Las señales deben tener la misma fase.
5. Ajustar el interruptor del transmisor de LED verde a la posición analógica.
6. Cambiar el circuito como se muestra en la Figura 3.
7. Observar la señal de salida del receptor y anotar sus comentarios. Debe ver una versión distorsionada de la señal observada previamente. Responda: ¿Cómo causaron los divisores esta distorsión?
8. Desconectar el cable óptico del receptor y dirigir el extremo libre del conductor óptico a un papel blanco, para ver la luz emitida por el cable óptico, anotar sus observaciones.
9. Momentáneamente desconectar el conductor óptico del transmisor con LED rojo, y anotar ¿qué ocurre?

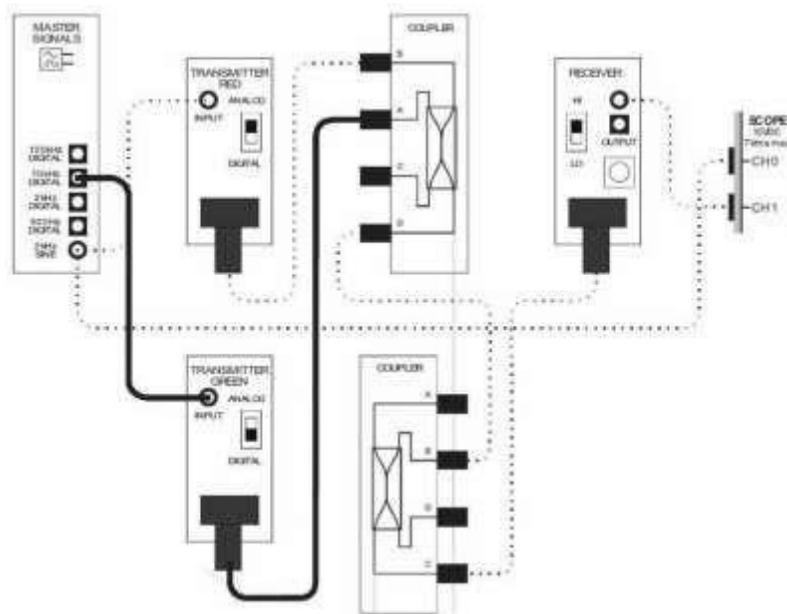


Figura 3.

10. Momentáneamente desconectar el conductor óptico del transmisor con LED verde, y anotar ¿Qué ocurre?

Responda: ¿Por qué el receptor no puede simplemente elegir una de las dos señales y suprimir la otra?

11. Cambiar el circuito añadiendo el filtro WDM rojo como se muestra en la Figura 4.

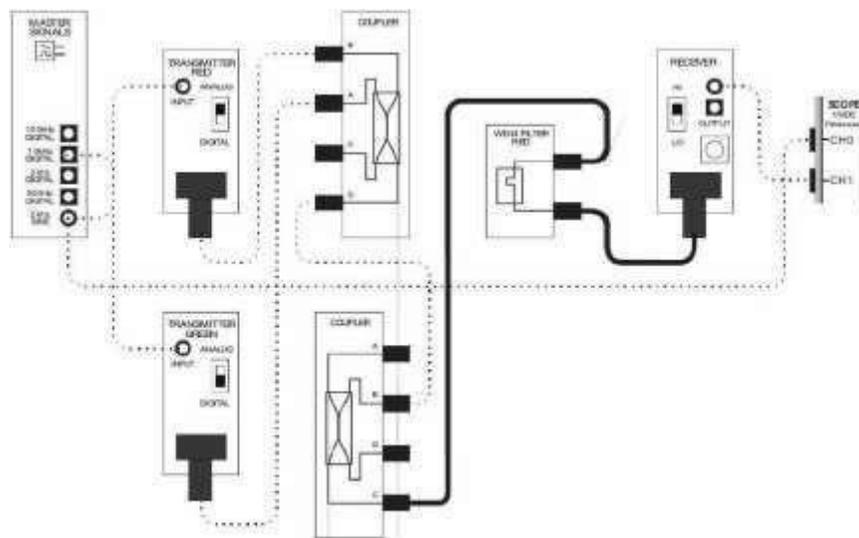


Figura 4

12. Observar en el osciloscopio el mensaje original y el mensaje restaurado.

### 6.2 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA DE DOS CANALES.

1. Tomar el otro receptor, establecer su ganancia en HI y girar el control de ganancia totalmente hacia la derecha.
2. Cambiar el circuito como se muestra en la Figura 5.

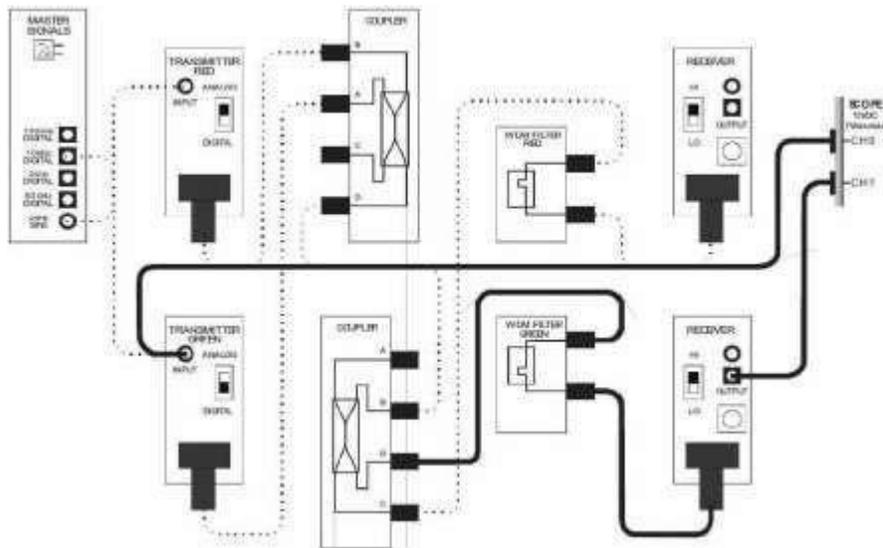


Figura 5.

3. Observar el mensaje original a la entrada del transmisor verde y el mensaje digital restaurado en el segundo receptor. Debe ver las dos señales de 10 KHz con la misma amplitud.
4. Cambiar la conexión del osciloscopio como se muestra en la Figura 6.

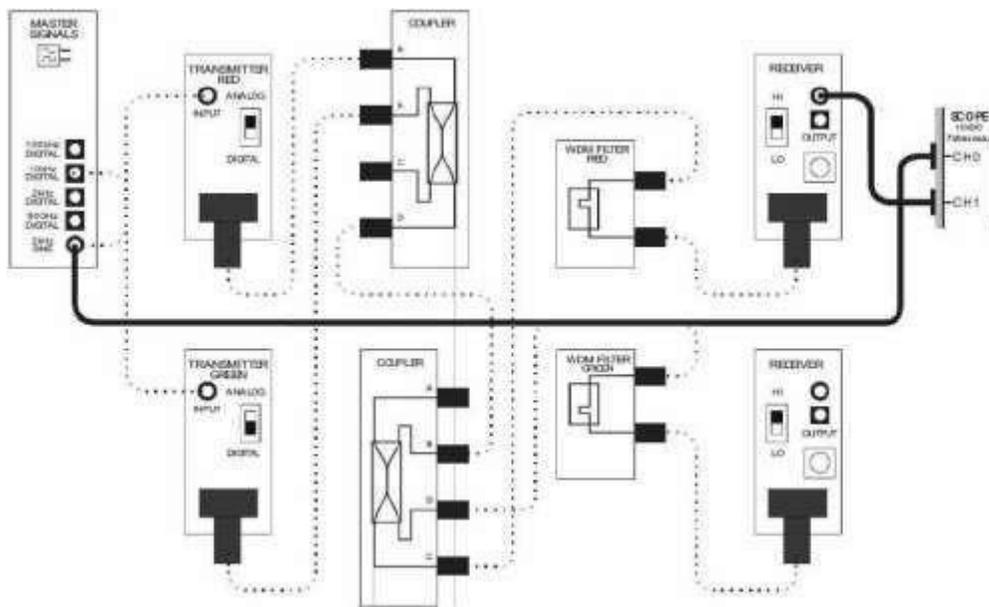


Figura 6

5. Observar y dibujar la señal de salida del receptor.  
*Debe ver una copia débil del mensaje.*

### 6.3 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA DE TRES CANALES.

1. Ejecutar el generador de funciones, y ajustarlo para obtener una señal con forma de onda senoidal a una frecuencia de 1kHz con una amplitud de 4Vpp.
2. Ajustar el interruptor del transmisor con LED rojo a modo digital.
3. Cambiar el circuito como se muestra en la Figura 7.
4. Comprobar que el sistema recupera los mensajes: mensaje 3 digital 10KHz en el receptor 2, mensaje 2 analógico 1KHz a la salida del módulo LPF 1KHz y el mensaje 1 analógico 2kHz a la salida del módulo LPF 3KHz. Graficar la señal original y la recuperada para cada caso. Dada la cantidad de información que se transmite a través del canal, la señal de luz transmitida es compleja.

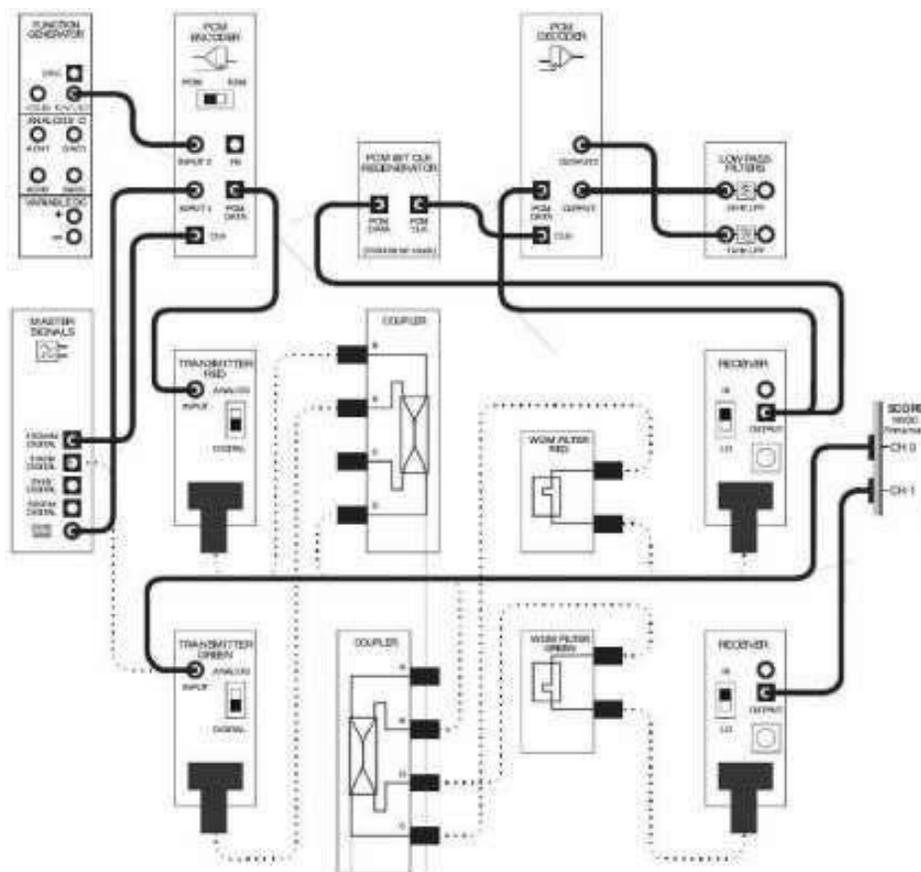


Figura 7.



## **CUESTIONARIO**

- 1.- ¿Cuál es la Diferencia entre OTDM (Optical Time División Multiplexing) y OCDMA (Optical Code División Médium Access)?
- 2.- ¿Cuáles son los principales Dispositivos ópticos y fotónicos?
- 3.- ¿Qué dispositivo se debe usar para que el receptor transforme a señal eléctrica solo una luz?

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**



## PRÁCTICA 7 "PÉRDIDAS ÓPTICAS"

### OBJETIVOS

- Se Estudiarán as variaciones en las pérdidas del conductor óptico debido a la orientación del conector, observando el efecto que tiene sobre el voltaje de salida del receptor.
- Medirá la pérdida del filtro WDM rojo y verde en el interior y el exterior de su ancho de banda y comparará con los valores especificados.
- Cuantificará la pérdida entre los puertos fuerte y débil del acoplador, así como la reflexión y comparará con los valores especificados.

### INTRODUCCIÓN

Reducir al mínimo las pérdidas es esencial en la creación de sistemas de comunicaciones eficientes. Esto ofrece varias ventajas, como aumentar la distancia de transmisión antes de requerir repetidores.

La teoría de las comunicaciones por fibra óptica considera diversos tipos de pérdidas, como las debidas a materiales y estructuras de fibra de vidrio, diferentes longitudes de onda y métodos de conexión. Para mitigar estas pérdidas, se utilizan filtros, acopladores y circuladores.

En el caso de Emona Fotex, se emplean cables de fibra óptica de plástico. Aunque su atenuación es mayor que la del vidrio, estos cables se utilizan para distancias de hasta 100 metros. Los cables proporcionados por Emona Fotex son lo suficientemente cortos como para que las pérdidas sean insignificantes. Para nuestros fines, consideramos una pérdida significativa cuando la distorsión es audible y alcanza  $\pm 3$  dB. En el peor caso, la pérdida en un cable corto de fibra óptica sería de 1 dB, muy por debajo del límite crítico.

Las conexiones entre fibras ópticas pueden introducir pérdidas debido a factores físicos como alineación desalineada, distancia entre las fibras y reflexiones en los extremos. Aunque minimizar estas pérdidas requiere tiempo y cuidado en los empalmes, Emona Fotex utiliza conectores con una pérdida de inserción estándar de 2 dB. Sin embargo, esta cantidad puede variar según la orientación del conector. En módulos con entrada y salida que requieren dos conectores, la pérdida total puede superar un umbral de 3 dB y volverse audible.

Los filtros WDM (Wavelength Division Multiplexing) son filtros de paso de banda que diferencian el color de la señal transmitida. Reflejan la luz en una banda específica de longitud de onda, pero no transmiten la luz en áreas fuera de ese ancho de banda. Es importante destacar que los conectores y las propiedades ópticas de los filtros WDM estándar causan una pérdida de 6 dB (rojos) y 7 dB (verdes).

Finalmente, el divisor de fibra óptica es un dispositivo con cuatro puertos que divide la señal entrante en tres puertos adicionales. El puerto fuerte recibe la mayor cantidad de luz, el puerto débil recibe menos y un tercer puerto recoge energía reflejada no deseada que podría afectar el funcionamiento del sistema óptico.



### ¡Precaución!

*A pesar de que las fuentes de luz no son Láser, los LED's en el transmisor y el receptor Emona FOTEx son fuentes de luz concentrada, no mirar directamente al extremo del conductor óptico.*

## ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

- Leer toda la práctica
- Realice una comparación de pérdidas entre diferentes medios de transmisión

## EQUIPO

Computadora personal con el software apropiado ya instalado.  
NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Modulo experimental Emona FOTEx.

## MATERIAL

Dos cables conectores BNC a banana 2mm.  
Cables banana-banana 2mm  
Puentes ópticos

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 7.1 PERDIDAS DEBIDO A LA ORIENTACION DEL CONECTOR.

1. Elegir uno de los transmisores con LED rojo en modo analógico.
2. Elegir uno de los receptores y establecer su control de ganancia en LO.
3. Girar la ganancia variable del receptor completamente a la derecha.
4. Construir el circuito como se muestra en la Figura 1.

Nota: Utilice uno de los conductores ópticos cortos para conectar el receptor y el transmisor.

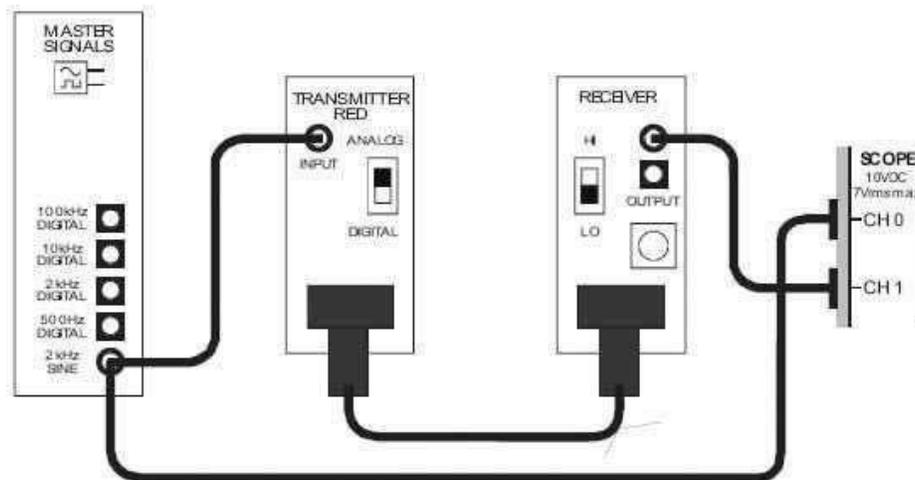


Figura 1

5. Observar en el osciloscopio el mensaje recuperado, así como su versión original.
6. Asegurarse de que el mensaje recuperado no se encuentra limitado.

Nota: Si este es el caso, reducir la ganancia del receptor hasta obtener la señal completa.

7. Medir el voltaje RMS del mensaje recuperado (posición  $0^\circ$ ) y registrar el resultado en la Tabla 1.
8. Desconectar el cable óptico del módulo transmisor, girar  $90^\circ$  y registrar el voltaje RMS en la Tabla 1.
9. Realizar las mediciones para  $180^\circ$  y  $270^\circ$ .
10. Regresar el conector a su posición original.
11. Repetir los puntos 7 al 10 para el conector del receptor registrando los datos en la Tabla 1.

12. Identificar en la Tabla los valores más altos ( $V_{max}$ ) y los valores más pequeños ( $V_{min}$ ), y determinar la diferencia en dB. Anote el resultado en la tabla 1.

Transmisor					
Posición	0°	90°	180°	270°	Diferencia dB
Voltaje RMS					
Receptor					
Voltaje RMS					

Tabla 1

13. Repetir los puntos 4 al 12 para los otros cinco cables cortos, y hacer su tabla correspondiente.

### 7.2 PÉRDIDAS EN LOS FILTROS WDM

- Utilizar uno de los conductores con menores pérdidas para el circuito de la Figura 1.
- Una vez más, medir el voltaje RMS, pero esta vez utilizar el control de ganancia variable del receptor para que el resultado de la medición sea un número entero y registre el valor de referencia en la Tabla 2.
- Conectar el filtro WDM rojo, como se muestra en la Figura 2. Utilice conductores ópticos con menores pérdidas.
- Mida el voltaje RMS de los mensajes restaurados y escriba el resultado en la celda correspondiente en la Tabla 2.
- Calcular y registrar en la Tabla 2 la pérdida de inserción del filtro WDM rojo (pérdidas que se introducen en el filtro de luz roja), usando la ecuación de pérdida, y el voltaje de referencia.

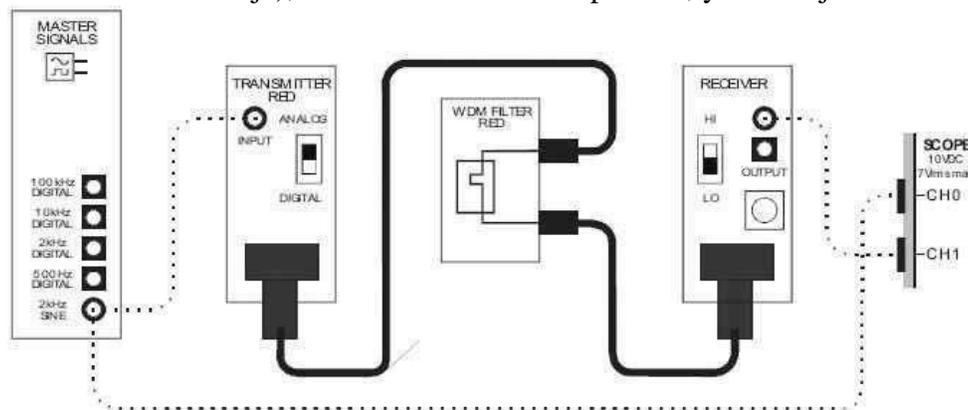


Figura 2

6. Cambiar el circuito, como se muestra en la Figura 3, sustituyendo el filtro WDM rojo por verde

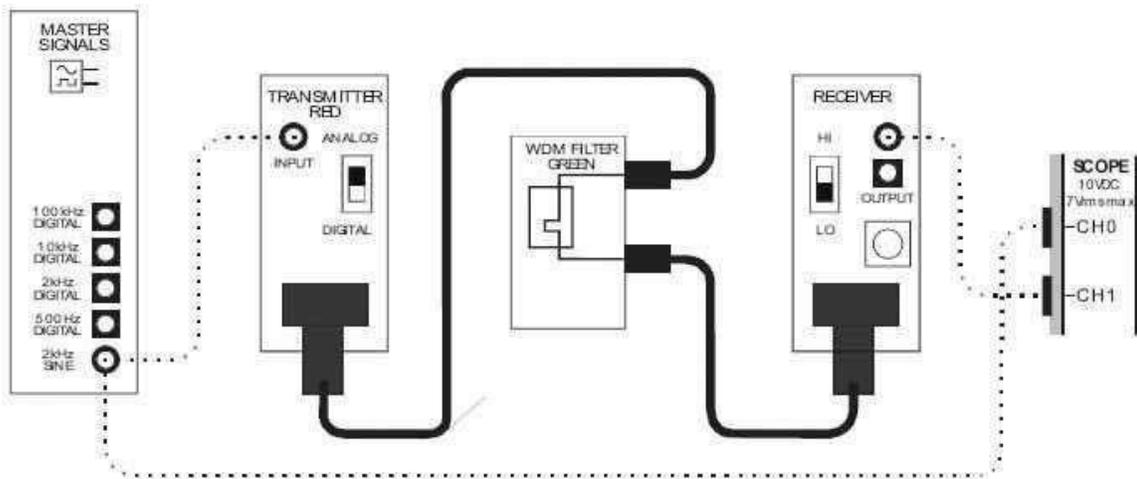


Figura 3

7. Medir en el osciloscopio el voltaje RMS del mensaje recuperado y escribir el resultado en la celda correspondiente de la tabla 2.

8. Calcular y registrar en la atenuación de la luz roja con un filtro verde en la banda rechazada, usar la ecuación de pérdidas y el voltaje de referencia.

Tx Rojo Voltaje de Referencia	
Voltaje del mensaje Restaurado con el Filtro WDM Rojo	Pérdida de inserción dB
Voltaje del mensaje Restaurado con el Filtro WDM Verde	Pérdida de inserción dB

Tabla 2

9. Modificar el circuito como se muestra en la Figura 4, sustituyendo el transmisor con LED rojo por el transmisor con LED verde en modo analógico.

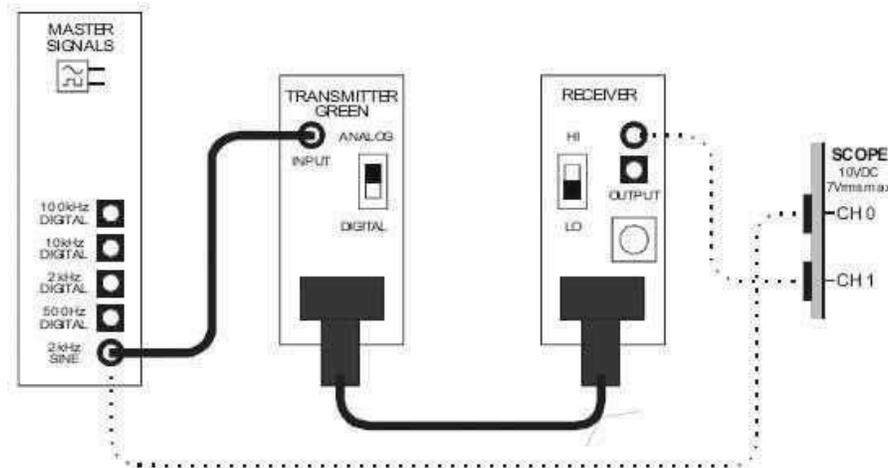


Figura 4

10. Medir el voltaje RMS, a la salida del receptor y registre el valor  $V_{rms}$  \_\_\_\_\_. Compare el resultado con el obtenido con el transmisor rojo (Fig. 1)

Nota: El circuito de la Figura 1 y la Figura 4 es probable que produzcan diferentes amplitudes del mensaje a la salida del receptor. Entre las posibles razones están: 1) La diferencia en los coeficientes de transmisión de LED rojo y verde; 2) La diferencia en la sensibilidad del detector para el receptor de luz a diferentes longitudes de onda. entre los voltajes de entrada y salida de los filtros WDM que debe ser la misma para cada voltaje de entrada (suponiendo una respuesta lineal del filtro).

11. Ajustar el voltaje RMS utilizando el control de ganancia variable del receptor para establecer el valor de voltaje del mensaje restaurado igual a un número entero. Registrar en la tabla 3.

12. Incluir un filtro WDM verde, como se muestra en la Figura 5.

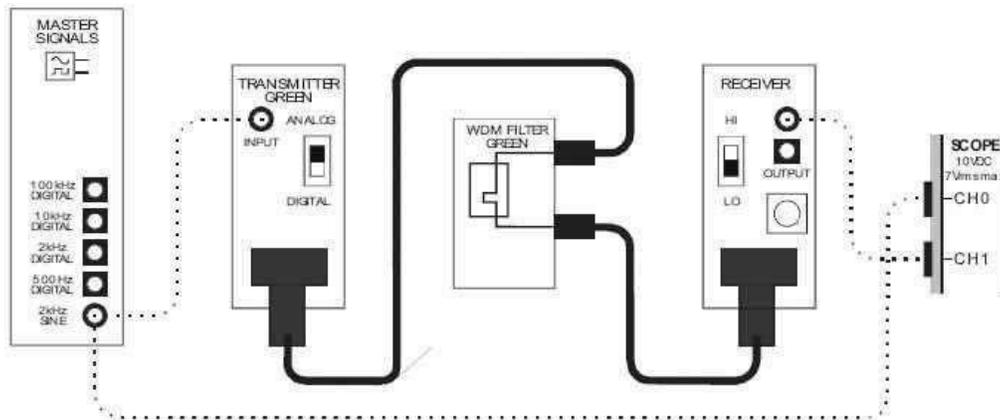


Figura 5

13. Medir con el osciloscopio el voltaje RMS del mensaje restaurado y registrarlo en la tabla 3.

14. Calcular y registrar la pérdida de inserción del filtro WDM verde, usando la ecuación de pérdida y el voltaje de referencia.

15. Cambiar el circuito, como se muestra en la Figura 6, sustituyendo el filtro WDM verde por rojo.

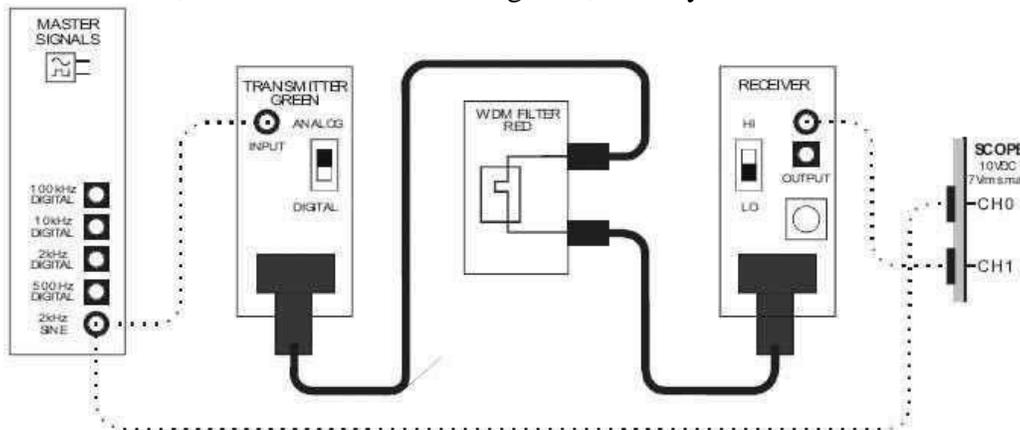


Figura 6

16. Medir con el osciloscopio el voltaje RMS del mensaje restaurado y registrarlo en la tabla 3.

17. Calcular y registrar la pérdida de inserción del filtro rojo WDM, usando la ecuación de pérdidas y el voltaje de referencia.

Tx Verde Voltaje de Referencia	
Voltaje del mensaje Restaurado con el Filtro WDM Verde	Pérdida de inserción dB
Voltaje del mensaje Restaurado con el Filtro WDM Rojo	Pérdida de inserción dB

Tabla 3

### 7.3 PÉRDIDA EN EL MODULO DIVISOR

1. Armar el circuito que se muestra en la Figura 7.

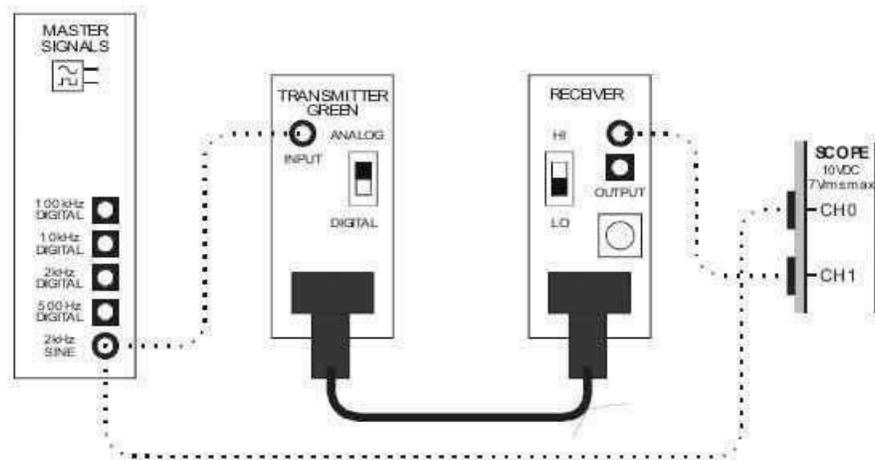


Figura 7

2. Con el osciloscopio asegúrese de que el valor de voltaje eficaz de referencia del mensaje recuperado coincida con el voltaje de referencia del transmisor con LED verde de la tabla 3 y anotar el valor en la tabla 4.
3. Añadir en el circuito, el divisor izquierdo, tal como se muestra en la Figura 8.
4. Medir con el osciloscopio el voltaje RMS del mensaje recuperado y escribir el resultado en la celda correspondiente en la tabla 4.

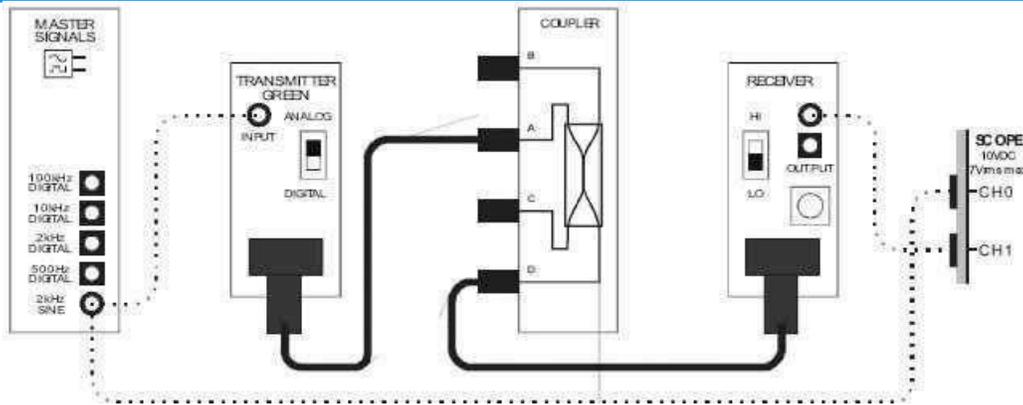


Figura 8

5. Calcular y registrar en la tabla 4 las pérdidas de la ruta fuerte entre puertos usando el voltaje de referencia correspondiente.

6. Modificar el circuito como se muestra en la Figura 9.

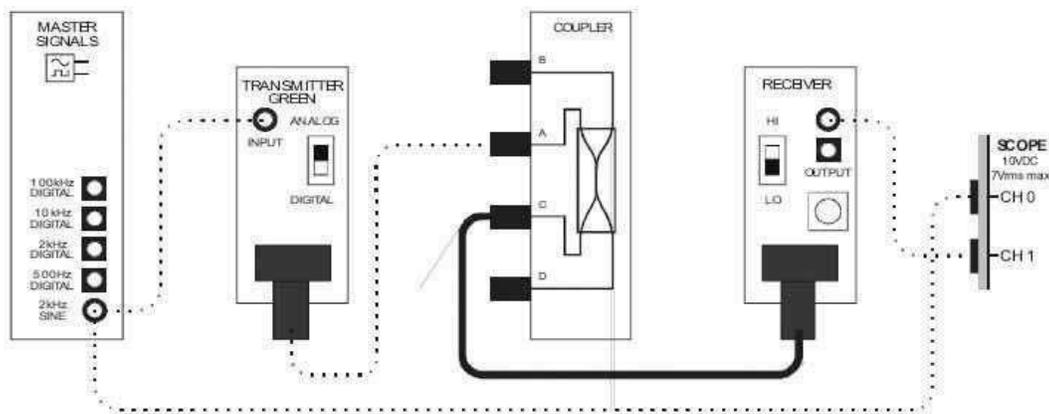


Figura 9

7. Medir con el osciloscopio el voltaje RMS del mensaje recuperado y escribir el resultado en la celda correspondiente en la Tabla 4.

8. Calcular y registrar en la tabla 4 las pérdidas de la ruta débil entre puertos utilizando el voltaje de referencia correspondiente de la Tabla 2.

9. Cambiar el circuito como se muestra en la Figura 10.

10. Medir con el osciloscopio el voltaje RMS del mensaje recuperado y escribir el resultado en la celda correspondiente en la Tabla 4.

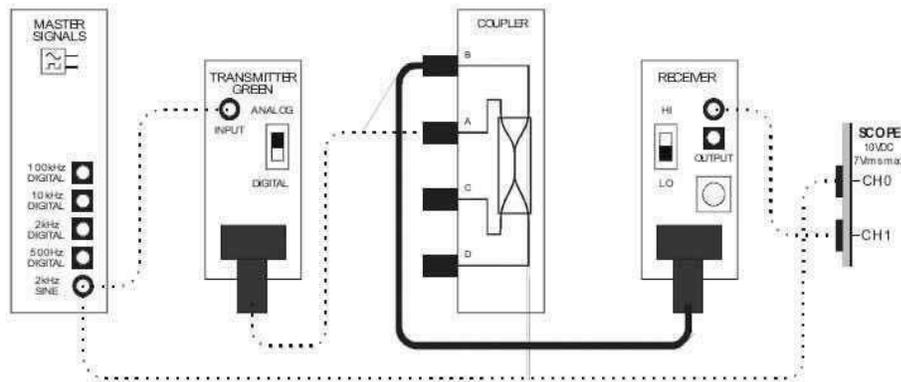


Figura 10

11. Calcular y registrar la reflexión de retorno del divisor, utilizando el voltaje de referencia correspondiente de la Tabla 4.

12. Calcular la diferencia entre la pérdida del divisor a la forma fuerte y débil.

Responda: ¿Cuántas veces es inferior la intensidad de la luz de salida de la ruta débil en comparación con la fuerte?

Tx Verde Voltaje de Referencia	
Voltaje del mensaje Restaurado puerto de ruta fuerte	Pérdida de inserción dB
Voltaje del mensaje Restaurado puerto de ruta débil	Pérdida de inserción dB
Voltaje del mensaje Restaurado puerto de retorno	Pérdida de inserción dB



## **CUESTIONARIO**

- 1.- Indicar los factores físicos que afectan las conexiones ópticas que causaron las desviaciones observadas.
- 2.- ¿Cuál es el efecto de las pérdidas de inserción en los conectores observada que causan cambios de voltaje en la tabla 1?
- 3.- ¿Es significativa la diferencia entre el mínimo y máximo de los valores de voltaje en la Tabla 1? Explique su respuesta.

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFIA**