

Characterization of optical fiber using the EMONA TIMS platform: Experience in Telecommunications Engineering, UNED, Costa Rica

Caracterización de fibra óptica usando la plataforma EMONA TIMS: Experiencia en Ingeniería de Telecomunicaciones, UNED, Costa Rica

Ing. José Roberto Santamaría Sandoval*, Ing. Esteban Chanto Sánchez, Ing. Alfredo Solano Alfaro

Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

(*) E-mail: jsantamarias@uned.ac.cr

Received: 29/03/2023 Accepted: 07/06/2023

DOI: 10.7149/OPA.56.3.51140

ABSTRACT:

In telecommunications, optical media are importance for their data transmission characteristics, especially in waveguide item. This work studies a basic optical fiber characterization since one implementation of a SONET STS-1 laboratory. It studies parameters such as delay and attenuation. This laboratory uses the virtual and distance education model implemented by the Degree in Telecommunications Engineering. Also, it gets experimental results from the EMONA TIMS training platform. The work methodology was action-research and experimental. The main result is the students get significant learnings about optical fiber characterization under virtual and distance education model. Also, the experimental results verify the data provided by the platform on the fiber patch cord. Finally, the main conclusion is the teaching method is very important to get significant learning. The laboratory can be virtual and remote, what is important is the laboratory has a good guide and the platform should be robust.

Key words: fiber optics, virtual learning, characterization, experiments, remote laboratories

RESUMEN:

Los medios ópticos son de importancia en las telecomunicaciones por sus características para la transmisión de datos en contraposición a otros medios, en especial en el tema de guías de onda. En este trabajo se estudia la implementación de un laboratorio de SONET STS-1 por medio del cual se logra una caracterización básica de fibra óptica como medio de transmisión, en parámetros como retardo y atenuación. Para esto se hace uso del modelo de educación a distancia y la virtualidad que implementa la carrera de Licenciatura en Ingeniería en Telecomunicaciones de la UNED y de la plataforma de entrenamiento EMONA TIMS. Bajo una metodología de investigación - acción y de experimentación se desarrolla la implementación del laboratorio. El resultado es la demostración que el modelo de educación a distancia soportado por la virtualidad logra aprendizajes significativos en los estudiantes y se logra el objetivo de obtener datos que permiten caracterizar la fibra. Además, se corroboran los datos proporcionados por la plataforma sobre el *patch cord* de fibra y las diversas tarjetas a partir de los resultados experimentales. Se concluye la importancia que tiene el método de enseñanza que acompañe la experimentación dentro de los ámbitos de entrenamiento y aprendizaje en el campo óptico y que esta experimentación puede ser sin problema alguno remota y virtual, y aún así alcanzar los resultados esperados.

Palabras clave: fibra óptica, aprendizaje virtual, caracterización, experimentos, laboratorios remotos

REFERENCES AND LINKS / REFERENCIAS Y ENLACES

- [1] M. C. Soto Robles. *Fabricación y caracterización de fibras ópticas adelgazadas para aplicación de sensores ópticos*. Tesis Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México (2022)
- [2] J. R. Santamaría-Sandoval and E. Chanto-Sánchez, *Application of the EMONA TIMS platform for the Telecommunications Engineering career at UNED Costa Rica*, 2020 XIV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEE), 2020.
- [3] S. P. Fallas Monge, J. R. Santamaría Sandoval y E. Chanto Sanchez. *Virtual laboratories development for PAM/PCM learning*. 2022 XV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEE), (2022).
- [4] A. Zaldívar Colado. *Laboratorios reales versus laboratorios virtuales en las carreras de ciencias de la computación*. Revista de Investigación Educativa de la Rediech, 9 -22 (2019)
- [5] A. Alvarez Alvarez y J. F. Cabrera Ramos. *Requerimientos para el diseño de la experiencia de inmersión en laboratorios virtuales*. Revista KEPES, 277 – 299 (2019)
- [6] A. F. Khalifeh et al., “An experimental evaluation and prototyping for visible light communication”, Computers & Electrical Engineering, vol. 72, pp. 248-265, November 2018.
- [7] J. Song and D. E. Dow, “Using Telecommunication Instructional Modelling System (TIMS) in Communications Systems Course”, Paper presented at 2017 ASEE Annual Conference & Exposition, Columbus, Ohio. <https://peer.asee.org/29090>.
- [8] E. Montero Miranda, F. Lizano Sánchez, K. Castillo Rodríguez y C. Arguedas Matarrita. *Actualización docente en la Experimentación Remota: El caso de la Ley de Boyle*. Nuevas Perspectivas. Revista de Educación en Ciencias Naturales y Tecnología, vol. 1, núm 1, pp. 1 – 17, Febrero/Julio 2022.
- [9] C. Andrés, G. Anchetta, Y. Barboza-Robles, y M. Peraza-Delgado. Estrategias de mediación pedagógica de las unidades didácticas de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. UNED Research Journal, 12(1). e2940-e2940 (2020).
- [10] J.R. Santamaría Sandoval, E. Chanto Sanchez y M. Soto Calderón. Aplicación de laboratorios virtuales en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, UNED. I Congreso Internacional Gestión de Calidad Académica en las Instituciones de Educación Superior. 13 (Especial), 88-106 (2022)
- [11] J.R. Santamaría Sandoval, E. Chanto Sanchez y A. Solano Alfaro. Caracterización de fibra óptica usando la plataforma EMONA TIMS: Experiencia en Ingeniería de Telecomunicaciones, UNED, Costa Rica. The XI Iberoamerican Optics Meeting / XIV Latinamerican Meeting on Optics, Lasers and Applications.

1. Introducción

La fibra óptica es el medio por excelencia para la transmisión de información a larga distancia debido a sus parámetros de operación como son pérdidas, difracción, entre otros. Una fibra óptica se constituye por un núcleo, un revestimiento y un recubrimiento, que permite que el haz de luz se vaya reflejando dentro del núcleo bajo un caso específico de la Ley de Snell, denominado Reflexión Total Interna [1]. En un modelo ideal no hay pérdidas en la transmisión óptica a través de la fibra óptica, pero en enlaces de larga distancias se van a presentar temas como dispersión cromática y atenuación de la señal.

El estudio de la fibra óptica a nivel de la formación profesional en el campo de la Ingeniería en Telecomunicaciones conlleva prácticas in situ para conocer de estos elementos, como son: laboratorios presenciales con manipulación de la fibra. La carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Estatal a Distancia en Costa Rica tiene un modelo 100% virtual. No es educación en línea sino que bajo los principios de la educación a distancia se hace uso de técnicas virtuales [2]. La mediación se apoya en una serie de plataformas tecnológicas y en una metodología que implica una serie de pasos, mediante los cuales los estudiantes adquieren las destrezas necesarias para ejercer como profesionales en el campo.

En el campo de la óptica, la plataforma EMONA TIMS de la carrera cuenta con una serie de laboratorios para la práctica y comprensión de los principios ópticos del protocolo SONET. Esto a su vez, de manera indirecta le permite entender la operación de la fibra óptica como guía de onda. La carrera establece primero la realización de laboratorios según la temática de cada curso para construir y demostrar principios de operación, tal y como pasa con el caso de las modulaciones PAM/PCM [3]. Entonces, si bien no hay una manipulación directa por parte del estudiante del equipo en cuestión, lo importante es la comprensión que

se obtiene de estos fundamentos según el área de acción y para este caso se explicará lo pertinente al laboratorio en función de la caracterización de la fibra.

El artículo plantea el método de enseñanza y aplicación que está detrás de la realización del laboratorio, luego mostrará propiamente lo que el laboratorio permite obtener y medir, resultados reales de la implementación de este y analizará los conocimientos que los estudiantes adquieren con este proceso.

2. Método de implementación del laboratorio

La aplicación de un laboratorio y sobre todo en el tema de la educación a distancia, es un proceso estructurado, mediado y con productos definidos como es: resultados de experimentación, discusión de resultados, analítica de los componentes estudiados y un informe con aplicación práctica. En los campos de ingeniería, los laboratorios son un elemento primordial que brinda la adquisición de conocimientos y habilidades por parte de los estudiantes. Pero deben fijarse con ello, los aprendizajes significativos esperados para trasladar el laboratorio desde su estado físico, al mundo virtual [4], caso tratado en el documento, la caracterización de la fibra y la tecnología SONET.

A partir de lo anterior, la implementación de la experiencia virtual requiere de autenticidad académica, externa o apego a la realidad y coherencia con el objeto de estudio [5]. Esto implica tener claridad en el objetivo de la realización de las prácticas. Además, se busca que no sea una simulación y si no lo más cercano a la realidad, siendo lo recomendable una emulación, para incluir parámetros reales. Por último, se busca lograr la adquisición del conocimiento conforme a la temática de estudio y resultados esperados.

Los métodos aplicados y la forma de trabajo propuesta logran asociarse al resultado que se espera obtener en el aprendizaje de la persona estudiante.

2.a. Plataforma EMONA TIMS

EMONA TIMS es un sistema de modelado instruccional específico para el campo de las telecomunicaciones. que permite modelar y crear prototipos de sistemas, comprobar cómo operan diversas tecnologías y entrenarse en la operación de estas. Lo anterior, propicia un medio mediante el que se puede brindar capacitación en el campo de las telecomunicaciones a los futuros profesionales y que, aumenten sus conocimientos [6] [7]. La plataforma tiene un equipo físico que se instala en un gabinete y remotamente se accede en un entorno virtual. Primero se instalan las tarjetas en el chasis del equipo, se realizan las conexiones y en la plataforma se guarda como un archivo. Este archivo se abre en el emulador, donde se señalan los puntos de conexión tal y como se conectaron en el osciloscopio que tiene la plataforma y con ello se obtienen los resultados del laboratorio. En la figura 1 se observa la plataforma física y su gemelo en el emulador lógico, la imagen de la izquierda es el dispositivo físico real y a la derecha la proyección digital que es una emulación de los componentes físicos.

Fig.1. Plataforma EMONA TIMS de la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones. A la izquierda equipo físico y a la derecha gemelo lógico.

En si, la plataforma se compone de tres gabinetes: uno donde se ubica el osciloscopio que es para la captura de los datos de los distintos puntos de medición que se colocan en el editor del laboratorio. Luego, se tiene el chasis con las tarjetas de las tecnologías que se permiten para los laboratorios y un tercer chasis en la parte inferior que proyectan los generadores de señal, elementos de medición y entradas. Según la documentación de la plataforma brindada por EMONA, este permite al menos el desarrollo de 180 laboratorios, con distintos niveles de complejidad. Con esto se trabajan desde conceptos básicos hasta complejos donde interaccionan diversas tecnologías en el modelo de un sistema completo de telecomunicaciones.

Para el caso de óptica cuenta con tarjetería que emula la transmisión y recepción de un sistema con protocolo SONET 1 a SONET 4. También se cuenta con módulos de transmisión y recepción ópticos usando “luz roja” y “luz verde”, o sea en las longitudes de onda donde es visible la transmisión y se denota como un rayo rojo o verde. Además, la plataforma incorpora un cable de fibra multimodo para su conexión entre el módulo transmisor y el receptor.

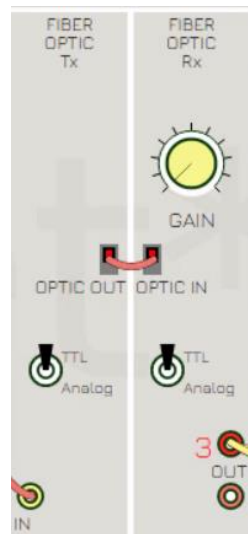


Fig.2. Tarjetería de transmisor y receptor óptico en el gemelo digital del EMONA TIMS.

La plataforma tiene dos tarjetas con un láser incorporado. Un láser es rojo y trabaja en la longitud de onda a 660 nm y la otra es un láser verde de 530 nm. El conector de salida es del tipo “dnp” con una cubierta de 1 mm de polímero de cable de fibra óptica. La atenuación típica para el polímero de la fibra es típicamente de 200 dB/Km a 665 nm y de 1500 db/Km a 820 nm. La señal de entrada es con tecnología TTL en un rango de frecuencia es hasta 1MHz y trabaja de manera unidireccional.

El receptor por su lado tiene una ganancia controlada desde el panel frontal que se denomina GAIN. De esta manera, se controla la amplitud de la señal analógica de salida de la tarjeta y que alimentará al receptor según la tecnología que se esté en prueba. Dentro de la tarjeta, se tiene un fotodetector de alta velocidad que permite la conversión de la señal óptica a señal eléctrica. El pico del espectro de este diodo de salida ronda los 800 nm.

2.b. Método de aprendizaje de los laboratorios remotos virtuales

Los laboratorios remotos se diferencian de los meramente virtuales, en que incluyen elementos reales que son manipulados a través de las plataformas tecnológicas de manera remota. Esto permite que se presente una serie de fenómenos similar a un laboratorio presencial, y no sea un ambiente tan controlado como si sucede en un laboratorio de simulación. En la educación a distancia es una herramienta de utilidad, porque el estudiante esta manipulando equipo real, analizando comportamientos reales de los elementos en estudio y valorando resultados que son semejantes a la realidad. En la UNED se tienen experiencias demostradas en la enseñanza de ciencias básicas y del éxito de sus resultados, al poder expandirse en su uso a estudiantes de secundaria que motive el estudio de carrera STEAM [8]

La aplicación de realizar los laboratorios virtuales dentro de la carrera se ha planificado no solo como un ejercicio que finaliza en la creación de un informe. Por ser un modelo de educación a distancia, la mediación pedagógica para la comunicación entre actores del proceso educativo es mediante diferentes mecanismos de soporte [9] siendo necesario, incluirlos en la orientación para alcanzar los aprendizajes significativos.

La metodología que se implementa en la ejecución de este laboratorio de SONET y en toda la carrera consta de cuatro fases. La primera fase es un repaso teórico del contenido asociado al laboratorio. En la segunda fase se trabaja la experimentación y el informe. En la tercera fase se trabaja el foro de discusión y se cierra, con un foro reflexivo como cuarta fase [10]. Las cuatro fases son necesarias para la adquisición del aprendizaje significativo esperado y no que sea una actividad para la comprobación de un hecho,

demonstración de un comportamiento, determinación de una respuesta esperada o simplemente realizar capturas de la información.

El proceso conlleva una socialización de compartir con pares las experiencias de resultados durante la obtención del proceso y con ello validar o determinar otras significancias que no se hayan determinado. Desde un proceso reflexivo resultado de la discusión de resultados, puede comprender el trasfondo del concepto a trabajar y elementos relacionados. En el caso del experimento de SONET óptico no solo es determinar el comportamiento de la señal, sino las variaciones, que aun cuando es un *jumper* de fibra de corta distancia, puede incluir a los resultados finales.

Con estos resultados y con los datos aportados por el manual referente a su núcleo y la cobertura se puede extrapolar el comportamiento de la señal en la fibra y con ello caracterizar una fibra de mayor longitud así como el comportamiento de las pérdidas en la guía de onda. Además, se considera en esta caracterización la estimación del fabricante respecto a pérdidas altas en distancias cortas, debido a su carácter con fines educacionales.

La comprensión de los cuatro pasos anteriores y su interacción permiten el logro del aprendizaje significativo que se busca. En este caso, la investigación previa de las tecnologías, en los parámetros de modelado de una fibra, para las posibles señales que se deberían obtener como resultado de un primer acercamiento de la persona estudiante hacia el tema. En el segundo paso, una vez que persona estudiante ejecute los pasos de la guía que se le brinda y con la obtención de resultados, debe seguir con el informe donde se plasman los resultados obtenidos y hacer su análisis. De esta manera, la persona estudiante realiza su interiorización y práctica a través de la comunicación escrita externa, o sea hacia profesor y pares, quienes desde ahí pueden construir el escenario de discusión necesario en el proceso de socialización.

3. Laboratorio SONET STS-1 vía enlace óptico

Este laboratorio, se hace uso de dos prácticas anteriores que no utilizan el enlace óptico como son trama de datos de SONET y Multiplexación y demultiplexación de SONET STS-1. En este laboratorio se agrega el enlace óptico con lo cual se puede comparar las diferencias de las respuestas y se adiciona un bit de reloj derivado desde la señal recibida que representa lo más cercano a la práctica comercial. El diagrama de bloques del laboratorio es el que se visualiza en la figura 3.

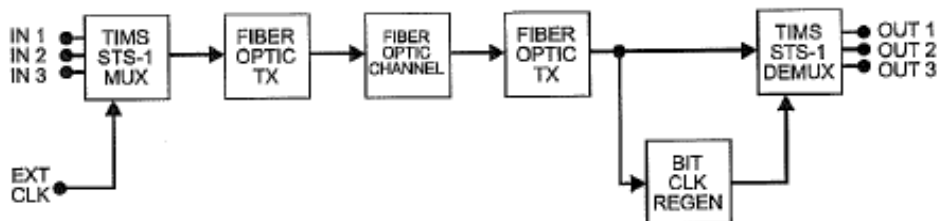


Fig.3. Diagrama de bloques del laboratorio de SONET STS-1 vía enlace óptico

El laboratorio de entrada tiene un multiplexor STS-1 desde donde sale la señal a transmitir. Este pasa por el transmisor, el *jumper* óptico y el receptor de fibra, para que de la señal de salida del receptor óptico pueda generar el bit de reloj y luego llegue al demultiplexor donde la señal se separará dependiendo de la salida correspondiente.

A nivel de tarjetería requerida dentro del EMONA TIMS, se visualiza en la figura 4. En esta figura, las tarjetas son similares a los bloques que se muestran en la figura 3 por lo que el nivel físico se visualiza de manera semejante que a nivel lógico.

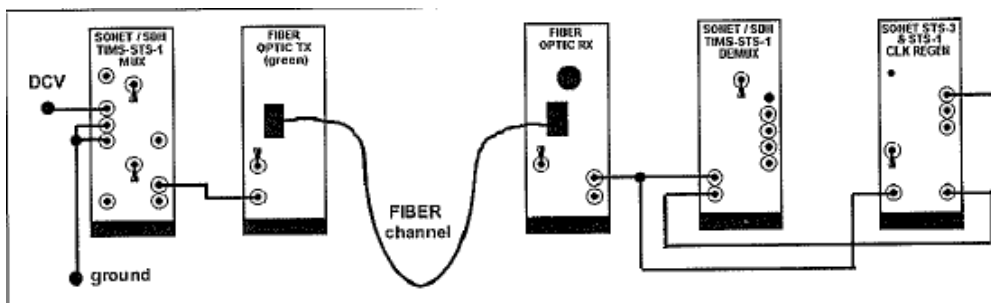
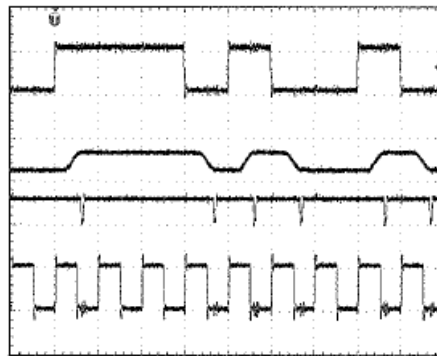


Fig.4. Diagrama de tarjetería del laboratorio de SONET STS-1 vía enlace óptico

En la figura 4 no aparecen conectadas las salidas, y solo una entrada, según se solicita en el laboratorio para demostrar el funcionamiento del equipo. Las entradas solo se conectan a IN1 con un voltaje DC variable para con ello comprobar las variaciones a nivel de amplitud. A la hora de poner en marcha el laboratorio, se debe verificar la generación de un pulso de ancho en cada transición de estado de datos STS.

El laboratorio al inicio no incluye el enlace de fibra, sino que es una conexión cableada por un *jumper* de cobre, esto para corroborar un funcionamiento semejante a la figura 5. En la señal de arriba de la figura se observa la información STS, o sea el mensaje que se envía. En la segunda señal de arriba hacia abajo, se observa la señal denominada Anti-alias, que es la señal filtrada reduciendo los efectos de las altas frecuencias y suavizando el borde. La tercera señal es la detección de borde, que en este caso detecta tanto borde de subida como de bajada, y por último, la señal de reloj o de sincronización.

Fig.5. Señales del dato STS, Anti-alias, Detección de borde y reloj alineando



Colocar el enlace entre los equipos es para calibrar la ganancia que se puede obtener y con ello la mejora en la calidad de la señal transmitida.

3.a. Montaje del laboratorio a nivel físico

El montaje del laboratorio conlleva dos partes. Primero el montaje físico que consiste en la colocación de las tarjetas en chasis dentro del rack del cual se encuentra en la plataforma física. Esta implementación física la realiza el tutor de la asignatura quien siguiendo el esquema establecido en la figura 5, coloca las tarjetas en el equipo. En la figura 6 se observa el montaje físico. Dentro de la figura se incluyen las conexiones que se realizan mediante el osciloscopio, desde el cual se puede observar los distintos puntos en los cuales se realizan las mediciones, tomas de datos y observaciones.

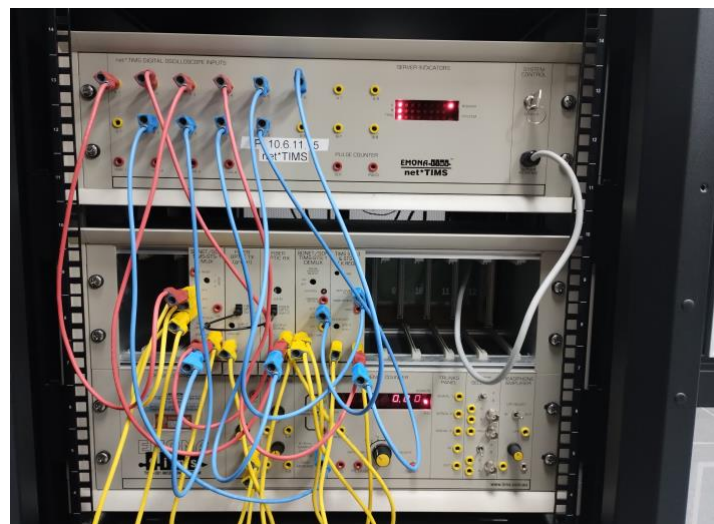


Fig.6. Implementación física del laboratorio SONET vía óptica

Para dicho laboratorio se hace uso de tres chasis: el del osciloscopio donde se colocan los puntos de medición, el de las tarjetas y un tercero el del generador de señales, que permite obtener lo solicitado por el laboratorio a nivel de entradas.

3.b. Montaje del laboratorio a nivel lógico

El segundo montaje corresponde a la implementación lógica del laboratorio. Este se realiza después de la implementación física y es cuando se hace el modelado del laboratorio en la plataforma lógica. La carrera cuenta con un entorno virtual que tienen una serie de escritorios virtuales (VDI) donde se encuentran instalados los aplicativos correspondientes a la plataforma. Este sitio se ubica en la web telecom.uned.cr, para el acceso se debe tener usuario y clave que brinda el programa a los estudiantes y profesores. Esto se realiza así, para un mejor control de acceso y seguridad y evitar el fraude por parte de los estudiantes. En dicho entorno se ingresa a un escritorio virtual (VDI), el cual es una imagen que se destruye con cada salida de usuario, sin embargo, su configuración se mantiene dentro de la plataforma que está en el servidor virtual.

Una vez que el usuario ingresa a la VDI, el editor de la plataforma TIMS (Net TIMS Editor), le permite realizar la instalación de cada módulo, conforme se realizó en la parte física, entonces se editan los puntos de toma de datos, tal y como se cableo en el montaje físico y como se solicita en la guía de laboratorio.

En la figura 7 se visualiza la plataforma lógica que edita el laboratorio. El dispositivo que configura la tarjetería y edita los puntos de medición, a partir del cual se realiza la captura de datos.



Fig.7. Visualización del editor de la plataforma EMONA TIMS

El osciloscopio cuenta con dos puntos A y B, desde donde se pueden tomar hasta 16 datos distintos visualizados en el emulador. Una vez que se edita, se genera un archivo que configura directamente a la plataforma lógica por medio de su dirección IP y haciendo el acceso directo al equipo en modo

administrador. De esta manera se hace la emulación local del laboratorio en el entorno virtual desde su montaje físico. En la figura 8 se observa el montaje final del laboratorio y los puntos de medición establecidos para B (línea azul) y para A (línea roja).

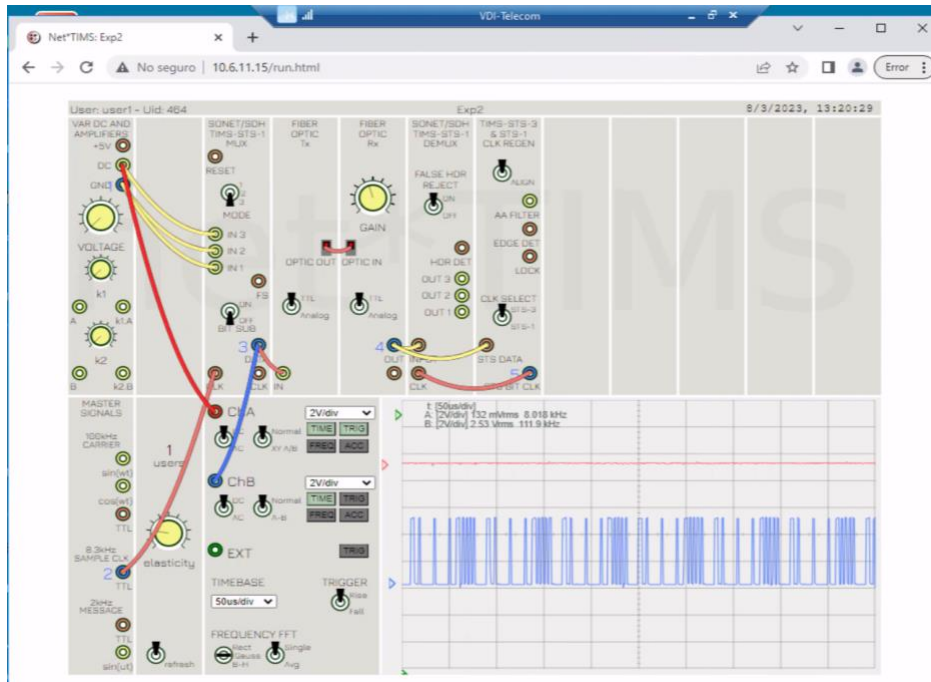


Fig.8. Emulación del laboratorio SONET con vía óptica en equipo de la plataforma EMONA TIMS

4. Resultados del laboratorio

En esta sección se trabajan dos aspectos, los resultados obtenidos del laboratorio con su montaje y en la segunda sección, lo que se refiere a resultados de su aplicación bajo el método de enseñanza de la carrera.

4.a. Resultados técnicos del laboratorio

En lo que respecta a la operativa del laboratorio, lo que interesa es la salida del transmisor de fibra y del receptor hacia la tarjeta demultiplexora STS y lograr alcanzar los objetivos con la metodología aplicada. Los resultados obtenidos, son los datos de la ganancia que la tarjeta pasó a través del amplificador y ha incorporado tal y como se mencionó en la explicación donde la tarjeta aumenta de 3 a 4 veces la salida del receptor para controlar la ganancia. Lo anterior se muestra en la figura 9, en este caso, considerando que se instaló la fibra roja, donde el *patch*



Fig.9. Resultado del laboratorio con medición en la salida del transmisor y del receptor de fibra

Cord tiene aproximadamente 30 cm, por lo cual a partir de la pérdida que indica el fabricante tiene el *patch cord* la pérdida es de 0.06 dB o sea que la señal llega atenuada en un 0.6%. Esto permite al estudiante comprender que aun cuando es un medio con mejores condiciones, en un conductor alámbrico siempre se presentan pérdidas.

Otro elemento que permite visualizar la salida en función del componente de la fibra es el tiempo de retardo. Este es casi imperceptible si se observa la figura 9, pero como hay una división de cincuenta microsegundos (50 us), se puede medir directamente de un retardo por el orden de punto un microsegundo (0,1 us), provocado por la distancia que recorre de aproximadamente 30 cm. El sistema permite aumentar precisamente la visualización y con ello poder realizar dicha medición.

Ambos resultados permiten caracterizar la fibra en temas de retardo y pérdida o atenuación asociada. Esto lleva a comprender a la persona estudiante que la guía de onda no es perfecta, sino que es un medio que presenta pérdidas y presenta retardos. Además, como el laboratorio se puede realizar sin el enlace óptico con el fin de validar las diferencias respecto a los enlaces alámbricos, que para fines de este artículo no se muestra al ser el objetivo demostrar cómo si se puede caracterizar la fibra.

4.b. Resultados bajo la aplicación del método de enseñanza de la carrera

En esta sección la revisión es sobre el proceso de enseñanza que aplica la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la UNED y que permite la adquirir el conocimiento por parte de las personas estudiante. Como se mencionó anteriormente, el método de hacer los laboratorios en el periodo lectivo de las asignaturas involucra cuatro pasos: trabajo previo, laboratorio, procesos de socialización a través de los foros de discusión y reflexión.

En el trabajo previo para la investigación de este laboratorio, involucra aspectos propios del protocolo SONET y de la operación de la fibra, el estudio sobre los parámetros permite la caracterización para tecnologías de la fibra óptica. Este estudio previo es la investigación necesaria sobre los conceptos que se aplicarán en el laboratorio, de esto se construye un marco teórico que orientará al estudiante durante la experimentación remota. El otro hecho importante es que se trabaja bajo un instrumento guiado que es la Guía del Laboratorio, mediado a través del entorno virtual de aprendizaje que se encuentra actualmente la asignatura Sistemas de Fibra Óptica y que su peso de evaluación es de 2 sobre 10.

La experimentación es la secuencia de pasos que se le solicita al estudiante probar en el laboratorio como cambio en los puntos de medición, ajuste de ganancias, tomas de pantalla y análisis de los datos obtenidos. Desde la experimentación y con la construcción teórica inicial, se elabora en informe del laboratorio, el cual centra su análisis en la respuesta a las preguntas generadoras, como son:

- ¿Cuáles son parámetros que diferencian a la fibra óptica como medio de alambres de cobre u otros medios guiados?
- ¿Cómo se demuestra en el laboratorio estas diferencias?
- ¿Brinde los resultados de laboratorios anteriores con transmisión alámbrica en que aspectos se denota mejoría?
- ¿Cuáles son los valores de atenuación y de retardo obtenidos del experimento?

Las anteriores son preguntas de ejemplo, pero no son todas. Lo que se muestra es que hay una discusión centrada en poder encontrar los beneficios que plantea la fibra como medio de transmisión, aun en un ambiente controlado y con poca distancia.

Por último, en las secciones de reflexión y discusión por medio de la socialización valoran sus resultados y análisis distintos. Esto porque si bien se trabaja sobre parámetros, durante la investigación previa pueden surgir interrogantes como el polímero con el cual se construye el *patch cord* del laboratorio, que tanto puede influir su manipulación, el ambiente que aun cuando se trabaja como cuarto limpio, pueden insertarse impurezas del medio ambiente. Estos son los análisis que se obtienen de las discusiones y reflexiones, que son mediadas asincrónicamente por el tutor a cargo de la asignatura.

El modelo no se centra en solo los resultados técnicos de la emulación propia del laboratorio, sino en la reflexión y profundización de los hechos, valorando el sustento teórico que fue investigado previo y que el análisis pueda contraponer lo teórico contra lo práctica. Además, que se debe considerar que la emulación permite trabajar con equipo físico en tiempo real, y no con simulaciones, por lo tanto, el ambiente no es realmente controlado, porque las tarjetas pueden fallar en cualquier momento ya que son componentes electrónicos reales.

Al ser una asignatura obligatoria en la carrera, todos los estudiantes la deben cursar, en la actualidad han pasado más de 100 estudiantes. De previas encuestas realizadas para otras investigaciones se determina una satisfacción por parte de los estudiantes sobre la experimentación remota, ya que un 90% de estos aprueban el método. Específicamente esta asignatura tiene una promoción cercana al 70%, pero aún así, de estos otros trabajos se obtiene que más del 90%, aún cuando no ganen la asignatura sienten satisfacción del proceso, que es un porcentaje similar a la satisfacción con el método de enseñanza de la carrera.

3. Conclusiones

La conclusión principal del laboratorio es que los resultados obtenidos de la emulación desde un sitio y equipo físico, permite la caracterización en al menos dos parámetros de la fibra como son atenuación y retardo. Estos son parámetros operativos importantes en un sistema que use el medio guiado de la fibra óptica para la transmisión. Un laboratorio de este tipo permite sin ser orientado directamente a este hecho, realizar trabajos similares que aportan el conocimiento y aprendizaje significativos para las personas estudiantes de la carrera.

Por otro lado, la plataforma tecnológica utilizada demuestra la versatilidad que se espera en los laboratorios. Si bien, los estudiantes no realizan el montaje del laboratorio, su utilización remota y bajo un método guiado genera que puedan obtener el aprendizaje esperado. Y la plataforma, permite emular y trabajar un procedimiento desde la virtualidad, pero en el entendido de que hay un equipo físico con datos reales, siendo esto la herramienta de control para el aprendizaje de las personas estudiantes.

Desde el punto de vista educativo, la herramienta demuestra cumplir con las expectativas asociadas a un laboratorio remoto. Las personas estudiantes logran comprender como se transmite la información por medio de la fibra óptica, analizan parámetros reales de funcionamiento y realizan cálculos con los parámetros reales para determinar posibles pérdidas asociadas. Con ello, aún cuando la persona estudiante no toca físicamente, si comprueba lo explicado en la teoría sobre su comportamiento.

También, es importante indicar que la metodología utilizada para la aplicación del laboratorio es relevante porque no busca solo probar en un equipo, sino generar investigación y reflexión sobre la temática para que sea de provecho para los estudiantes cuando en su perfil profesional lo apliquen en sus labores. La mayoría de los estudiantes ya ejercen la profesión en Costa Rica como bachilleres en Ingeniería y para completar su grado de Ingeniería, llevan la licenciatura en la UNED, de ahí que la experiencia con el equipo físico aumenta su capacidad analítica.

A partir de este laboratorio, la intención es desarrollar el laboratorio usando STM-4 y este mismo de SONET para el estudio de la tecnología como tal. Entonces, bajo la misma infraestructura se logra aprovechar en primera instancia para conocimiento de conceptos y se entendimiento. Y en segunda instancia, el estudio de la tecnología de transporte como tal, con una visión más aplicada y no tanto analítica.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Estatal a Distancia el apoyo para la participación en el congreso RIAO/OPTILAS 2023 y XI Iberoamerican Optics Meeting / XIV Latinamerican Meeting on Optics, Lasers and Applications, en donde se dio a conocer de esta experiencia como ponencia.

Este trabajo se expuso en su totalidad en el congreso RIAO/OPTILAS 2023 y XI Iberoamerican Optics Meeting / XIV Latinamerican Meeting on Optics, Lasers and Applications

Además, se agradece a la organización de RIAO el espacio para poner en discusión esta experiencia y pueda ser socializada con pares a nivel internacional.