

Estudio exploratorio de un laboratorio filmado para interferencia y difracción de la luz.

Graciela María Serrano¹

<https://orcid.org/0000-0002-9545-0025>

Camila Macarena Muñoz²

<https://orcid.org/0009-0005-3904-4451>

María Daniela Mauceri³

<https://orcid.org/0009-0005-3494-7627>

Ignacio Noguero⁴

<https://orcid.org/0009-0004-3118-7071>

Ignacio Idoyaga⁵

<https://orcid.org/0000-0002-0661-915X>

Graciela M, Serrano. (2024) “Estudio exploratorio de un laboratorio filmado para interferencia y difracción de la luz”. *Campo Universitario*. 5 (9) Enero - Junio 2024. Pp. 1-8.

Fecha de recepción: 29/05/2024

Fecha de aceptación: 14/06/2024

Resumen. En el marco de una investigación que busca conocer sobre nuevas formas de enseñar ciencias, se explora transformar experimentos reales en prácticas remotas. En principio se pretende poner a punto equipamiento, filmar posibles experiencias de interferencia y difracción de la luz y desarrollar un diseño previo de un prototipo de laboratorio remoto. En instancias posteriores se buscará automatizar la toma de datos

¹ Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. Contacto: gserrano@fcai.uncu.edu.ar

² Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. Contacto: cmunoz@fcai.uncu.edu.ar

³ Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. Contacto: dmauceri@fcai.uncu.edu.ar

⁴ Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. Contacto: ignacionoguero123@gmail.com

⁵ Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Contacto: iidoyaga@ffyb.uba.ar

y socializar el prototipo de laboratorio remoto asincrónico. Los resultados que se informan en este trabajo ilustran lo logrado provisoriamente, con un video elaborado por nuestro grupo, en el que el estudiante podría observar que sucede con el patrón de difracción a medida que disminuye la distancia entre la pantalla y la rendija. Próximamente se espera contar con equipamiento más especializado para elaborar un banco de videos cortos con las distintas variables puestas en juego y anexar secuencia de actividades didácticas, a modo de laboratorio filmado, considerando las posibilidades que esta primera experiencia está mostrando.

Palabras Clave: Interferencia y difracción de la luz, laboratorio extendido, laboratorio real, laboratorio remoto, laboratorio filmado.

Abstract. In the framework of a research project that seeks to learn about new ways of teaching science, the transformation of real experiments into remote practices is explored. In principle, the aim is to set up equipment, film possible experiences of interference and diffraction of light, and develop a preliminary design of a prototype remote laboratory. At a later stage, the aim will be to automate data collection and socialise the asynchronous remote laboratory prototype. The results reported in this paper illustrate what has been achieved provisionally, with a video produced by our group, in which the student could observe what happens to the diffraction pattern as the distance between the screen and the slit decreases. Soon we hope to have more specialised equipment to create a bank of short videos with the different variables in play and to add a sequence of didactic activities, in the form of a filmed laboratory, taking into account the possibilities that this first experience is showing.

Keywords: Interference and diffraction of light, extended laboratory, real laboratory, remote laboratory, filmed laboratory.

Introducción

La comprensión de los conceptos de interferencia y difracción de la luz dentro del ámbito de la óptica física representa un desafío para los estudiantes universitarios, el cual surge principalmente al realizar la transición desde la óptica geométrica, con su enfoque en el modelo de rayos, hacia la óptica física, que se basa en el modelo ondulatorio (Bravo y Pesa, 2016). Este cambio requiere que los estudiantes interpreten representaciones y conceptualicen magnitudes específicas de la luz, las cuales pueden no ser intuitivas, especialmente en lo que respecta a las propiedades de las ondas. Para facilitar el proceso de aprendizaje, es recomendable incorporar experiencias de laboratorio en las actividades áulicas.

En algunas universidades se viene trabajando con el laboratorio extendido (LE) (Idoyaga, 2022), categoría que resulta prometedora ya que involucra diferentes formas de experimentar, ampliando el concepto tradicional de laboratorio imperante. En esta concepción de laboratorio, son relevantes los laboratorios remotos y los laboratorios virtuales, además de los laboratorios tradicionales.

Los laboratorios virtuales (LV) consisten principalmente en simulaciones que se presentan en la pantalla de la computadora. Utilizando diversos lenguajes y, en ocasiones, incorporando instrumentos de medición. Se muestran los resultados de la modelización de fenómenos físicos (Arias-Navarro y Aguedas-Matarrita, 2020).



Algunos LV han sido estudiados y valorados positivamente por los estudiantes e investigadores al proveer instancias de experimentación cuando no se dispone de laboratorio real o como complemento del mismo. Por otro lado, los laboratorios remotos (LR) son esencialmente instalaciones físicas ubicadas en diversos lugares del mundo que permiten a los estudiantes realizar experimentos a distancia (Arguedas-Matarrita, Concari y Giacomone, 2017). Un estudiante con conexión a Internet puede acceder a estas experiencias, tomar medidas y repetirlas según sea necesario para alcanzar los objetivos de aprendizaje. Esto se logra mediante una interfaz gráfica de usuario que facilita la manipulación del equipo y las variables del sistema. Pueden considerarse una evolución de los LV por cuanto configuran prácticas reales mediadas por una computadora o un dispositivo con conexión a Internet.

Dentro de los LR, podemos identificar y caracterizar dos tipos de modalidades: los laboratorios remotos en tiempo real (LTR) y los laboratorios remotos en diferido (LD). Los LTR posibilitan a los estudiantes acceder y controlar el equipamiento automatizado de manera sincrónica. Estos laboratorios cuentan con un sistema de turnos temporizado, lo que conlleva a que una vez que el estudiante ha ingresado al LR, este, en general no estará disponible para su uso durante de manera inmediata. En contraste, los LD consisten en experiencias pregrabadas en laboratorios reales, lo que permite al estudiante manipular todas las variables de la experiencia (Narasimhamurthy et al., 2020) y no tener el tiempo de espera característico de los LTR. En cualquiera de los dos casos, Los datos son verídicos, conservan la incertidumbre inherente a la experimentación y facilitan que un gran número de estudiantes los utilicen simultáneamente desde cualquier ubicación y en cualquier momento.

El marco de investigación en el que se sitúa este trabajo es el modelo de LE, concebido como un enfoque experimental ubicuo en donde diversos recursos tecnológicos-digitales interactúan de manera sinérgica dentro de una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje (SEA) con el objetivo de fomentar aprendizajes profundos (Idoyaga y Aguedas-Matarrita, 2021). Entre estos recursos se incluyen los LV y los LR, así como el uso de teléfonos inteligentes o laboratorios móviles, realidad aumentada y experiencias grabadas.

Investigaciones recientes identifican a los LV y LR como herramientas tecnológicas prometedoras e innovadoras en el ámbito educativo, mejorando tanto la enseñanza como el aprendizaje en disciplinas científicas (García-Zubía et al., 2022; Nogueira y Hernandes, 2021; Caetano, 2021). Esta promoción se debe principalmente a su capacidad para incrementar el nivel de autonomía en el aprendizaje de los estudiantes (García-Zubía, 2021), abordar problemas relacionados con el acceso y la disponibilidad en instituciones de gran escala (Idoyaga et al., 2020), y posibilitar la repetición de experimentos.

Desde el 2021, luego de vivenciar la emergencia sanitaria provocada por el COVID-19, el CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería) impulsó a las universidades nacionales a remotización sus prácticas de laboratorio, generando una nueva era en la formación experimental de las carreras en ingenierías al permitir el acceso democrático a la educación. Esto consolidó la creación del Programa de Laboratorios de Acceso Remoto que busca financiar proyectos de remotización de laboratorios existentes en las facultades de ingeniería de todo el país, ya que tiene como objetivo central, que los estudiantes de ingeniería puedan llevar a cabo las mismas prácticas que se efectúan en forma presencial, pero en formato remoto (Caputo, 2021).



Puesto que actualmente existe escasa disponibilidad de laboratorios remotos en el área de la óptica física, y que los equipamientos reales son onerosos, esta investigación tiene como finalidad explorar la forma de transformar un experimento real en una modalidad de laboratorio virtual a modo de video con actividades interactivas, y a futuro, en un laboratorio remoto, a partir de los recursos disponibles en el laboratorio de física de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de la UNCUYO (FCAI-UNCuyo) y con la colaboración de docentes de la misma y de universidades vinculadas.

Metodología

En esta sección se detallan las etapas realizadas para lograr la creación del prototipo de Laboratorio Remoto de interferencia y difracción de la luz. La metodología empleada corresponde a una investigación basada en diseño (De Benito-Crosetti y Salinas-Ibáñez, 2016), caracterizada por su naturaleza contextual y enfoque exploratorio. En colaboración con la cátedra de Física II de la FCAI-UNCuyo, el equipo de investigación se embarcó en la tarea de abordar una problemática específica: desarrollar y diseñar herramientas digitales que complementen el proceso de enseñanza y aprendizaje de contenidos de óptica física con estudiantes de ingeniería.

ETAPA I: Creación del material audiovisual

Se seleccionaron y caracterizaron los dispositivos necesarios para acondicionar el banco óptico de interferencia-difracción de la luz disponible en el Laboratorio de Física de la FCAI-UNCuyo. Se procedió al montaje del banco óptico (figura 1), constituido por las siguientes componentes del equipamiento de PASCO: riel óptico de 1.2 m, soporte porta rendijas, pantalla blanca con escala milimetrada (de 4 cm de longitud), rendijas de una sola ranura y un láser de estado sólido monocromático (longitud de onda 650 nm).



Figura 1. Equipo de Interferencia Difracción.

Con el objetivo de observar los fenómenos y medir sobre el patrón de difracción, se llevaron a cabo diversas experiencias utilizando rendijas de diferentes anchos y adecuando las distancias entre la pantalla blanca y el láser para lograr distribuciones más nítidas. En cada rendija del porta-rendijas, se examinó el patrón de difracción proyectado en la pantalla, ajustando la posición para mejorar la calidad del patrón y facilitar las medidas. Posteriormente, se seleccionaron las rendijas para la producción del material audiovisual, considerando que permitían una visualización cómoda del patrón de difracción a simple vista.

Asimismo, se realizaron filmaciones con equipos celulares no profesionales, registrando las experiencias desde el plano normal y el plano cenital. Simultáneamente, miembros del equipo de investigación llevaron a cabo mediciones para su posterior selección, de acuerdo con los criterios establecidos por la cátedra. A través de este material audiovisual, los estudiantes pueden observar el patrón de difracción de la luz (y en futuras instancias, el de interferencia) y realizar mediciones para comprender la relación entre los parámetros característicos de las rendijas y la distancia a la pantalla.

ETAPA II: Desarrollo de la interfaz web

Se procedió al desarrollo de una interfaz web que posibilitara el acceso a las grabaciones de las experiencias de interferencia-difracción de la luz. Inicialmente, se creó un bosquejo en papel y lápiz que delineaba los elementos de la interfaz gráfica de usuario, con el objetivo de garantizar su amigabilidad. Luego, se llevó a cabo el desarrollo web utilizando el software libre Visual Studio Code. En una primera instancia se realizó la maquetación de los documentos que constituyen la estructura estática de la interfaz en HTML5 (HyperText Markup Language). Posteriormente, con CSS3 (Cascading Style Sheets), se dio estilo a los documentos HTML, definiendo cómo se presentaría el contenido a los estudiantes. Finalmente, se programaron funciones con JavaScript para dotar de dinamismo a los elementos del entorno de usuario. Dado que el equipo de investigación carece de un desarrollador web, el proceso de desarrollo se llevó de manera autodidacta.

La interfaz web incluye un index donde se puede encontrar información sobre el proyecto de investigación, los miembros del equipo y un acceso rápido al prototipo. En la pestaña del prototipo, los estudiantes encontrarán una breve descripción de los componentes del LR, la explicación de la experiencia y su objetivo. También podrán acceder a la configuración del mismo, donde deberán seleccionar la rendija para la medición y ajustar la distancia requerida por la experiencia.

Resultados y discusiones

En la primera etapa, tras registrar y recopilar mediciones en un listado de combinaciones de variables y resultados, se realizó una prueba inicial de filmación. Puede verse uno de los resultados aquí: https://drive.google.com/file/d/11yyezOhvt8JIcAS9AaVgZKIK8oo-A1UH/view?usp=share_link. Se generaron 22 videos (11 por cada plano, normal y cenital) que documentan las experiencias con las tres rendijas seleccionadas por los investigadores. Aunque estos videos permitían a los estudiantes visualizar el patrón de



difracción mientras la distancia entre la pantalla y la rendija disminuía, al descargarlos en la PC se identificaron algunos inconvenientes, como la fricción entre el riel óptico y el soporte de la pantalla blanca, generando saltos en ciertas partes del riel.

En la segunda etapa, diseño de la interfaz web, el resultado fue una interfaz estática y funcional que refleja las estrategias de aprendizaje elaboradas por el equipo de investigación y la cátedra. La intención era que los estudiantes pudieran reinterpretar su conocimiento mientras interactúan con la interfaz. Sin embargo, cabe destacar que durante su desarrollo, el equipo de investigación no siguió la filosofía de Mobile First, por lo que esta primera versión no es responsive y sólo se puede visualizar correctamente en computadoras de escritorio.

Actualmente, el equipo de investigación está abordando los problemas surgidos en estas etapas iniciales del desarrollo. Las soluciones propuestas incluyen: 1) probar distintos lubricantes para corregir la fricción en el riel óptico, 2) automatizar el movimiento del soporte de la pantalla mediante un servomotor conectado a un microcontrolador Arduino UNO, 3) desarrollar una nueva interfaz responsive bajo la metodología Mobile First para adaptarse a diferentes dispositivos que utilizan los estudiantes, y garantizar que los elementos didácticos sean clara y rápidamente identificables, permitiendo a cada estudiante configurar el equipo según las experiencias propuestas, y 4) seleccionar un servidor de hosting gratuito para la difusión del proyecto.

Conclusiones y perspectivas

Esta primera exploración de las posibles experiencias a realizar con el banco óptico disponible en el Laboratorio de Física muestra que pueden producirse videos que permiten visualizar los fenómenos de interferencia y de difracción de la luz, dando cuenta de las variables involucradas y de qué manera su modificación afecta al patrón observado. En el video los estudiantes pueden hacer mediciones y, con una adecuada instrucción y acompañamiento por parte del docente, proceder a las discusiones propias del trabajo experimental en condiciones de asincronía y virtualidad. Se considera que el empleo de videos de tipo experimental permitirá elevar el grado de autonomía de los estudiantes como sostiene García-Zubia (2021), y en concordancia con Idoyaga (2022), y también resolver cuestiones de acceso y disponibilidad en las instituciones masivas y habilitar la repetición de la experiencia tendiendo a la autorregulación de los aprendizajes.

Este prototipo, se construyó utilizando videos filmados con recursos no profesionales y sin la colaboración de expertos en desarrollo web. Los resultados obtenidos son fundamentales para continuar progresando, con evaluaciones centradas en la usabilidad de la interfaz y ajustes subsiguientes basados en los resultados obtenidos durante una primera aplicación de prueba con estudiantes que cursan el espacio curricular de Física II, donde se enmarca la propuesta de investigación. Para evaluar la aplicación con los estudiantes, se diseñará una encuesta específica que permitirá, al equipo de investigación, realizar ajustes necesarios de acuerdo con los principios de una investigación de diseño. Esto asegurará un aprendizaje profundo en los estudiantes y se complementará con una revisión del dispositivo desde una perspectiva de fundamentación disciplinaria.



Recientemente, en trabajo conjunto entre la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria y la Facultad de Ingeniería, y en representación de la Universidad Nacional de Cuyo, han obtenido financiamiento del Programa de Laboratorios de Acceso Remoto creado por el CONFEDI y la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación.

En perspectiva, se planea crear una base de datos destinada a almacenar información vinculada a la huella digital de los estudiantes, la cual será objeto de análisis en etapas posteriores.

Con esta investigación se ha logrado diseñar y avanzar en el desarrollo de un prototipo de LR de interferencia-difracción de la luz disponiendo así de recursos alternativos que permitan respaldar la enseñanza de la física en instituciones que carecen de equipamientos de laboratorio o donde estos son insuficientes. El equipo de investigación se encuentra en condiciones de proporcionar a la comunidad educativa una herramienta digital que contribuya a la enseñanza de la óptica física, con la finalidad de garantizar un acceso equitativo y democrático de la sociedad al conocimiento y los recursos tecnológicos disponibles, y, al mismo tiempo, fortalecer equipos de trabajo e investigación que exploren nuevas perspectivas en el uso y desarrollo de entornos digitales estrechamente relacionados con la educación en física fomentando el trabajo colaborativo y el aprendizaje en la producción de medios audiovisuales.



Referencias bibliográficas

Arguedas-Matarrita, C., Concari, S. B., y Giacomone, B. (2017). La idoneidad didáctica de los laboratorios remotos como recursos para la enseñanza y aprendizaje de la física. *Revista De Enseñanza De La Física*, 29, 511–517.

Arias-Navarro, E., y Arguedas-Matarrita, C. (2020). El trabajo experimental en la enseñanza de la Física en tiempos de pandemia mediante el uso de la aplicación II Ley de Newton en la UNED de Costa Rica . *Innovaciones Educativas*, 22(Especial), 103–114.

Bravo, S., y Pesa, M. A. (2016). EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE DE INTERFERENCIA Y DIFRACCIÓN DE LA LUZ EN EL LABORATORIO DE FÍSICA. *Investigações Em Ensino De Ciências*, 21(2), 68–104.

Caetano, T. C. (2021). O experimento “Curva de Luz” do Laboratório Remoto de Física: uma proposta de atividade investigativa contextualizada epistemologicamente. *Revista Brasileira de Ensino de Física*.

Caputo, D. C. (2021). Laboratorios de acceso remoto innovando en educación superior. *Revista Argentina de Ingeniería*, 17, 15–17.

De Benito-Crosetti, B., y Salinas-Ibáñez, J. M. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*.

García-Zubia, J. (2021). Remote Laboratories: Empowering STEM Education With Technology.

García-Zubía, J., Canivell, V., Casado, D., Angulo, I., Hernandez-Jayo, U., Guenaga, M., Gimenez, C. y Rodríguez-Gil, L. (2022). Rural, Remote and Real: Democratizing the Access to Science in Rural Schools Using Remote Experiments. En M. Auer., S. El-Seoud y O. Karam (Eds), *Artificial Intelligence and Online Engineering: Proceedings of the 19th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation* (pp. 143 - 150). Springer International Publishing.

Idoyaga, I. (2022). El Laboratorio Extendido: rediseño de la actividad experimental para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Divulgación de Metodologías emergentes en el desarrollo de las STEM*, 4(1), 20-49.

Idoyaga, I., y Arguedas-Matarrita, C. (2021). Análisis representacional de cuatro laboratorios remotos para la enseñanza de la física . *Revista De Enseñanza De La Física*, 33(2), 285–292.

Idoyaga, I. Vergas-Badilla, L., Moya, C.N., Montero-Miranda, E. y Garro-Mora, A.L (2020). El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo Universitario*. 1(2), 4-26.

Narasimhamurthy K. C., Orduña P., Rodríguez-Gil L., G. C. B., Susheen Srivatsa C.N., Mulamuttal K. (2020) Analog Electronic Experiments in Ultra-Concurrent Laboratory. En: Auer M., May D. (eds) *Cross Reality and Data Science in Engineering*. REV 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1231. Springer, Cham.

Nogueira, G. T., y Hernandes, J. A. (2021). Laboratório de Física IV baseado em experimentos de baixo custo: relato de uma experiência de ensino remoto devido à pandemia de COVID-19. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43.

