

ATICA2022

**Aplicación de Tecnologías de la
Información y Comunicaciones
Avanzadas y Accesibilidad**

OBRAS COLECTIVAS
TECNOLOGÍA 36

Luis Bengochea
Paola C. Ingavélez
José Ramón Hilera
(Editores)

UAH

ATICA2022

Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas y Accesibilidad

Obras Colectivas de Tecnología 36

*Luis Bengochea
Paola C. Ingavelez
José Ramón Hilera
(Editores)*



Universidad
de Alcalá



ATICA2022
Aplicación de Tecnologías de la
Información y Comunicaciones
Avanzadas y Accesibilidad

Libro de Actas
XIII Congreso Internacional sobre Aplicación
de Tecnologías de la Información y
Comunicaciones Avanzadas
y
IX Conferencia Internacional sobre
Aplicación de Tecnologías de la Información
y Comunicaciones para mejorar la
Accesibilidad

Proceedings of the
13th International Congress on Application of
Advanced Information and Communications
Technologies
and
9th International Conference on Application
of Information and Communications
Technologies to improve Accessibility

Universidad Politécnica Salesiana
Cuenca (Ecuador)
24 al 26 de noviembre de 2021

Cofinanciado por el
programa Erasmus+
de la Unión Europea





El libro **“ATICA2022 - Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas y Accesibilidad”** en el que se recogen las Actas del *“XIII Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones”* y de la *“IX Conferencia Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones para mejorar la Accesibilidad”*, editado por Luis Bengochea, Paola Ingavélez y José Ramón Hilera, se publica bajo licencia Creative Commons 4.0 de reconocimiento – no comercial – compartir bajo la misma licencia. Se permite su copia, distribución y comunicación pública, siempre que se mantenga el reconocimiento de la obra y no se haga uso comercial de ella. Si se transforma o genera una obra derivada, sólo se puede distribuir con licencia idéntica a ésta. alguna de estas condiciones puede no aplicarse, si se obtiene el permiso de los titulares de los derechos de autor.

Editorial Universidad de Alcalá
Plaza de San Diego, s/n
28801 Alcalá de Henares (España)

Junio 2023
ISBN: 978-84-19745-53-8

Edición digital

Imagen de la portada: Pete Linforth en Pixabay “Network-4851119”
(Licencia: <https://pixabay.com/es/service/license/>).

Los contenidos de esta obra son responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador), la Universidad de Alcalá (España) ni de ninguna de las instituciones que han colaborado en la organización del congreso.

Desarrollo de un Laboratorio Remoto para el estudio de la Ley de Snell

Gabriel Leonardo Medina¹, Eric Montero-Miranda², Carlos Arguedas-Matarrita², Fabiana Cespedes³, Pablo Sonzini³, Ignacio J. Idoyaga¹

¹ Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y apoyo a la educación científica (Argentina)
gabo.leo.medina@gmail.com

² Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Experimentación Remota (Costa Rica)
emonterom@uned.ac.cr

³ Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Rioja (Argentina)
f.cespedes.12@gmail.com

Resumen. Este trabajo presenta una descripción del desarrollo de un Laboratorio Remoto para el estudio de la Ley de Snell. Superadas las primeras instancias de la crisis por la pandemia de COVID-19, muchas nuevas formas de producir y vincularse persisten y obligan a la redefinición de las lógicas académicas, educativas y profesionales. Dentro de las alternativas existentes, se vislumbran los Laboratorios Remotos como una estrategia potente para recuperar el carácter experimental de la enseñanza de las ciencias naturales en entornos digitales o híbridos. El LR fue desarrollado por el grupo interdisciplinario e interinstitucional de Argentina y Costa Rica. El desarrollo se realizó en tres fases: Diseño, Registro y Montaje. Finalmente, se estimó que este recurso posee un potencial de aplicación en asignaturas de física de enseñanza media y superior.

Palabras clave: Laboratorios Remotos. Ley de Snell. Actividad Experimental.

1. Introducción

El trabajo presenta la descripción del desarrollo de un Laboratorio Remoto (LR) de óptica para el estudio de la Ley de Snell en cursos que aborden la óptica geométrica como capítulo disciplinar en física. El documento se divide en tres secciones. En la primera, se desarrolla un contenido teórico que permite visualizar el modelo didáctico que apoya el desarrollo del recurso propuesto y la importancia de los Laboratorios Remotos (LR), en especial el Laboratorio Remoto Diferido (LD), en los procesos educativos. En la segunda, se establece un apartado que permite explicar la forma en la que se desarrolló el recurso. Finalmente, se discuten los aspectos que mediarán en el diseño de la interfaz y la interacción con el usuario, así como las conclusiones más relevantes de este trabajo.

Luego de la crisis de la pandemia de COVID-19 y el consiguiente aislamiento social, nuevas formas de producir y vincularse persisten e impulsan la redefinición de las lógicas académicas, educativas y profesionales. Las instituciones universitarias de todo el mundo, se vieron obligadas a desplegar dispositivos de enseñanza destinados a garantizar la continuidad pedagógica en entornos digitales. En este sentido, puede pensarse que, superada la Enseñanza Remota de Emergencia [1], la experiencia acumulada por la comunidad de profesores, estudiantes y gestores de la educación superior permitió promover la definición de nuevos escenarios educativos híbridos que den respuesta a las múltiples necesidades actuales [2]. Mayor aún es el desafío en asignaturas que incorporan un carácter fuertemente experimental, el cual constituye un contenido medular y un modo de conocer privilegiado en las disciplinas naturales.

Las estrategias que se pueden desplegar para incorporar actividades experimentales, en propuestas de enseñanza en entornos digitales, incluye los aportes teóricos del modelo del Laboratorio Extendido (LE) [3]. El modelo propone el uso didáctico y sistémico de distintas tecnologías, más o menos emergentes, en el diseño de actividades experimentales digitales. Democratiza el acceso a las prácticas de laboratorio y permite atender aulas heterogéneas tendiendo a la inclusión educativa.

En esta línea, los Laboratorios Remotos, son un conjunto de tecnologías *hardware* y *software* que permite a profesores y estudiantes llevar a cabo una actividad experimental real a distancia [4]. La manipulación del equipamiento se realiza en cualquier momento y desde cualquier parte del mundo a través de una interfaz gráfica [5], por lo que los LR permiten mediar experiencias reales de alta sofisticación que posibiliten el trabajo riguroso con la complejidad e incertidumbre del dato empírico.

Los LR pueden clasificarse en dos tipos: Laboratorios Remotos en Tiempo Real (LTR), donde el uso ocurre en forma sincrónica, y los Laboratorios Remoto Diferidos (LD), que están basados en un conjunto de experiencias reales pre-grabadas. El uso de LD se presenta como una oportunidad en la enseñanza de las ciencias naturales en macro universidades atendiendo a la masividad de estudiantes, la administración de tiempos y recursos y la disponibilidad de espacios e insumos. La arquitectura de los LD que hace posible este proceso incluye:

- El usuario: Ingresa e interactúa por medio de una interfaz gráfica..
- Servidor web: encargado de mostrar el audio/video del laboratorio, las acciones que puede realizar sobre el laboratorio y los resultados de esas acciones.

- Sistema de Gestión de Laboratorio Remoto: Permite el compartir los diferentes laboratorios, brinda analíticas de uso y aporta los diferentes apoyos educativos, en este caso se gestiona por medio de LabsLand.
- Laboratorio: equipo que se controla o manipula a distancia.
- Desarrollador: Institución u organización que diseña y ejecuta la experiencia que luego será procesada por el gestor de LR.

En la Fig. 1, se muestra el esquema general de la arquitectura de un LD.

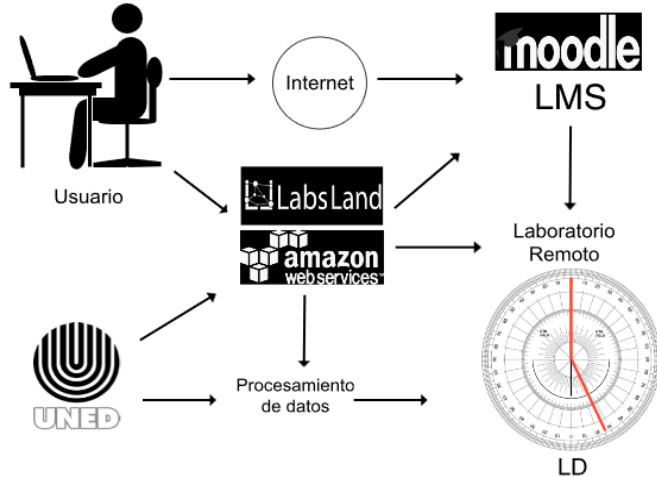


Fig. 1. Arquitectura general de un LD [5].

Investigaciones recientes dan cuenta de que los LR son una innovación prometedora para mejorar la enseñanza [7] y el aprendizaje de competencias científicas en todos los niveles de la educación [8], debido a que la utilización de estos recursos permite accionar conocimientos prácticos en contextos reales. Más aún, son realmente potentes para el fortalecimiento de la educación en ciencias e ingenierías en las modalidades a distancia e híbridas. Por otro lado, los LR son oportunos para el abordaje de los contenidos conceptuales y procedimentales de asignaturas como la física, en donde los estudiantes tienden a tener cierta dificultad en su aprendizaje dada la complejidad que representa la propia ciencia a nivel conceptual. En este sentido, la enseñanza de la óptica geométrica no es la excepción [9]. Algunos artículos dan cuenta de trabajos similares para el desarrollo de esta temática donde se empleó el diseño de experimentos a través de simulaciones [10].

Todo lo comentado evidencia la importancia de llevar adelante esfuerzos que tienden al diseño de recursos que permitan el acceso a través de entornos digitales y a la incorporación de estos en la educación. El estudio sobre el uso de los LR en la educación superior es una línea de reciente incorporación al área de investigación en didáctica de las ciencias naturales. De modo que, es preciso llevar adelante investigaciones tendientes al desarrollo y diseño de estos dispositivos, especialmente

en un escenario post pandémico, donde las prácticas educativas se ven inexorablemente modificadas.

2. Materiales y métodos

En este apartado se describe el desarrollo de un LD de Óptica: Ley de Snell en el marco de una propuesta de enseñanza de nivel superior.

2.1. Desarrollo de LD de Óptica (Ley de Snell)

El laboratorio fue desarrollado por el grupo interdisciplinario e interinstitucional constituido por la UTN - Facultad Regional La Rioja, el CIAEC (Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica) de la Universidad de Buenos Aires y el Laboratorio de Experimentación Remota de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica (UNED) para realizar la práctica experimental de óptica geométrica.

Este LD fue pensado para incluirse en secuencias didácticas (SD) tendientes a analizar la trayectoria seguida por la luz al atravesar una placa semicircular, para diferentes ángulos de incidencia, medir el ángulo de refracción para determinar el índice de refracción de la placa semicircular, analizar la trayectoria seguida por la luz al atravesar un prisma, para distintos ángulos de incidencia, observando la desviación total de la luz producida al pasar por las dos caras del prisma, y observar la reflexión total interna que ocurre en el interior del prisma. Su elaboración implicó tres fases: Diseño, Registro y Montaje.

2.1.1. Diseño

El diseño consistió en el desarrollo de un equipo de óptica que permite automatizar diferentes experiencias relacionadas con la Ley de Snell. Sus elementos componentes son: 1. Fuente de Luz colimada. 2. Placa semicircular transparente (5 cm de diámetro). 3. Placa de forma semicircular contenedora de líquidos (7 cm de diámetro). 4. Placa con caras plano paralelas. 5. Disco graduado. 6. Servomotor. 7. Microcontrolador marca ATMEL. 8. Caja del controlador.

Para poder observar la refracción de la luz y medir los ángulos de incidencia y de refracción del haz, se utilizó una fuente de luz colimada, haciendo incidir el haz sobre una placa transparente semicircular. La placa se coloca sobre un disco graduado, que tiene marcados los ejes ortogonales y los ángulos de 0 a 360°, con su centro geométrico coincidente con el origen del sistema de ejes cartesianos. El haz incide rasante a la superficie del disco para poder observar su trayectoria, de tal forma que se pueda medir el ángulo de incidencia. A su vez, también se buscó poder medir directamente el ángulo de refracción en la placa, ya que, si bien hay una doble refracción en la cara plana y en la cara semicircular, al incidir desde el centro geométrico, sigue la dirección normal a la cara semicircular, dejando la placa sin desviarse de su trayectoria (fig 2).

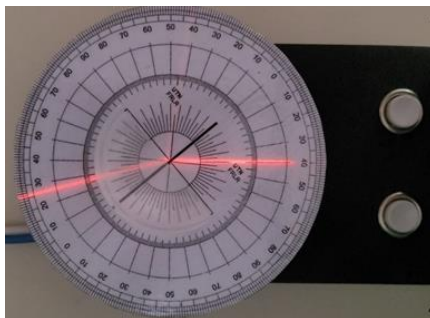


Fig. 2. Refracción del láser a través de un lente al modificar el ángulo del disco

Para variar el ángulo de incidencia de la luz sobre la placa, se utilizó un servomotor para lograr el movimiento del disco. El motor es controlado por un microcontrolador de la marca ATMEL instalado en una placa electrónica fabricada por Arduino (figura 2). Para dicho LR, se diseñaron los soportes para el servo motor y la caja del controlador en la aplicación Tinkercad, y luego fueron imprimidos en una impresora 3D. El microcontrolador ejecuta un programa que permite el movimiento del disco graduado en pasos de 10° con el accionamiento de un pulsador. Este programa fue diseñado en la aplicación de Arduino IDE.

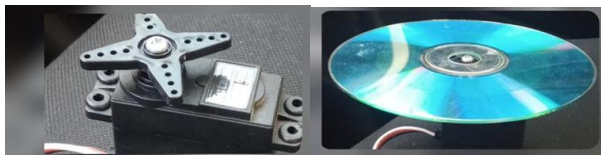


Fig. 3. Microcontrolador que controla el giro del disco de la Ley de Snell

Posteriormente se cambió la placa semicircular, por un recipiente con la misma forma, al que se le puede colocar diferentes líquidos, como agua o aceite, y midiendo los ángulos de refracción para distintos ángulos de incidencia, se pudo determinar los respectivos índices de refracción utilizando la misma ley. También se utilizó una placa con caras plano paralelas, para observar que el haz sale de la placa en la misma dirección en la que incide, solamente desplazando el punto de salida respecto del punto de incidencia. Además, se pudo observar la desviación de la luz en un prisma, e incluso, se observó la reflexión total interna en su interior, al superar el ángulo de incidencia el valor del ángulo límite.

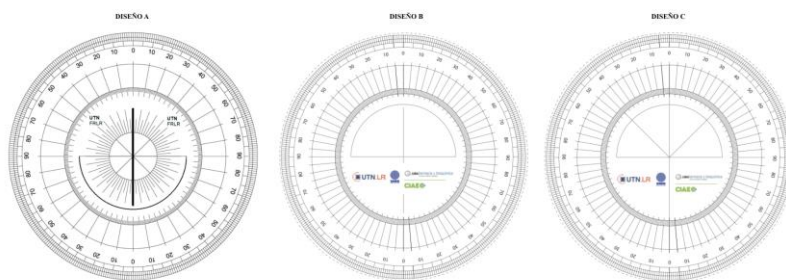


Fig. 4. Evolución del diseño del disco para el LR de Ley de Snell.

La Fig. 4, muestra cómo fue la evolución e iteración del disco graduado diseñado para el LR. El primer diseño A presenta los ejes ortogonales y los ángulos de 0 a 360° obteniendo una excesiva cantidad de información visual, en su centro geométrico, lo cual dificulta la correcta observación de la experiencia por parte del estudiante. En el proceso de iteración, se eliminaron los ángulos centrales de 0 a 360° y se agregaron marcaciones sobre el cual se apoya la placa semicircular transparente o hueca, de esta manera se obtuvo un diseño B con el que se hicieron pruebas utilizando el dispositivo completo. Las pruebas realizadas arrojaron que era necesario volver a colocar los ángulos marcando los 45° grados para realizar la actividad de reflexión total. De esta manera, se obtuvo un diseño C que fue utilizado para realizar los videos correspondientes.

2.1.2. Registro

El registro se realizó por triplicado y se filmaron desde dos planos diferentes (cenital y picada). Las grabaciones se realizaron en dos jornadas. Durante la primera jornada se realizaron las siguientes tareas: armado del espacio de grabación (objetos, luces y cámaras), grabación de un total de 30 videos correspondientes a las 3 actividades. La cantidad de grabaciones, 3 versiones, fueron calculadas teniendo en cuenta el tratamiento de datos empíricos con la incertidumbre asociada al proceso de medición. Durante la segunda jornada de grabación se hicieron dos nuevos experimentos siguiendo las mismas indicaciones del primer día. La última parte de la jornada estuvo dedicada a colocar la nomenclatura específica y se editaron los videos para hacer coincidir el comienzo de todos ellos. Estas dos tareas son necesarias para agilizar el correspondiente montaje.

2.1.3. Montaje e interfaz de interacción (en proceso)

El montaje fue desarrollado en conjunto con la empresa LabsLand y el Laboratorio de Experimentación Remota de la UNED, quienes se encargaron del procesamiento de videos, desarrollo del *Software* y la interfaz gráfica de usuario necesaria para el uso de LR de Óptica incluyendo el diseño visual para el usuario (Fig. 5), la selección del tipo de elemento óptico a emplear (A), el tiempo para el desarrollo de la experiencia (B) y los dispositivos para el control de los parámetros del experimento (C). De esta manera el usuario podrá acceder a modificar el ángulo (D) de incidencia del haz luminoso sobre el elemento óptico elegido, y al leer sobre el círculo graduado el ángulo de refracción

(E), podrá determinar el índice de refracción de la placa o muestra utilizada como medio óptico de transmisión.

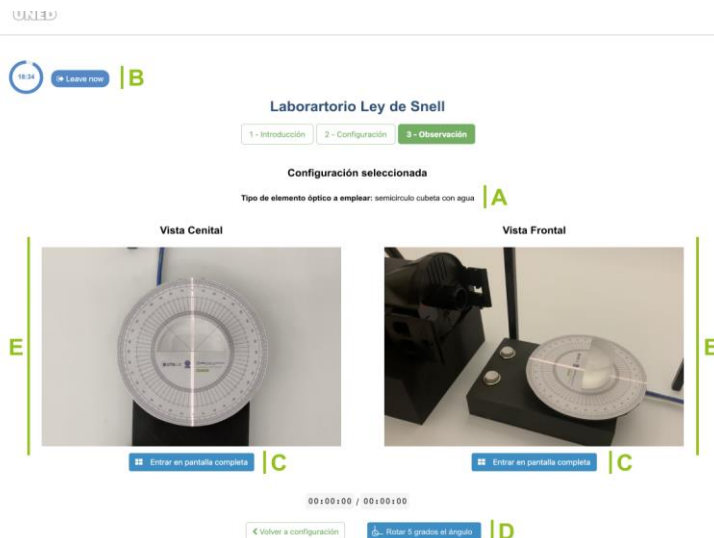


Fig. 5. Interfaz gráfica de usuario laboratorio remoto.

3. Conclusiones y Perspectivas

La utilización de los LR, y en especial del LD propuesto, presenta un potencial en instituciones de educación media y superior donde el acceso a la experimentación sea limitado, ya que las posibilidades que brindan estos laboratorios de repetir y modificar las prácticas experimentales, de realizarlas en cualquier momento y lugar, y el hecho de que los soportan distintas pantallas (celular, Tablet, computadora, entre otros) democratiza el acceso. Es más, permite llevar adelante instancias de trabajo personalizadas, aumentar el número de prácticas y diseñar propuestas educativas tendientes a que los estudiantes aumenten su autonomía.

Los LR pueden ser incluidas en SD construidas estratégicamente para preponderar el carácter experimental de la enseñanza de las ciencias naturales en propuestas educativas en escenarios híbridos o digitales. Incluir LR en SD aborda y propone una solución a la complejidad que supone el entendimiento, por ejemplo, de los fenómenos ópticos geométricos, y por ende la comprobación de la Ley de Snell.

La oportunidad de sostener acciones tendientes al uso de LR reviste de interés estratégico. La instalación de laboratorios remotos, el diseño de secuencias didácticas que los incluye e, incluso, la capacitación de recursos humanos al respecto, podrá aportar soluciones a problemáticas preexistentes, como el trabajo experimental en instituciones masivas y heterogéneas, la administración de tiempos y recursos y la disponibilidad de espacios e insumos.

El LD de óptica se implementará, durante el periodo 2022-2023, como parte de la propuesta de enseñanza de la asignatura Física (Óptica) de la Facultad de Farmacia y

Bioquímica (FFyB) de la UBA. Los contenidos de Óptica Geométrica, son parte de la asignatura Física I de las carreras de Ingeniería Civil, Electronica y Electromecanica, impartidas en la UTN Facultad Regional La Rioja. Al tratarse de una asignatura experimental, este LR se utilizará para complementar el dictado de los conceptos teóricos. En la UNED, este recurso potenciará los cursos relacionados a físicas nivelatorias y asignaturas de física en varias carreras de ciencias naturales e ingeniería.

4. Referencias

- [1] C. Hodges, S. Moore, B. Lockee, T. Trust, A. Bond. (2020, March, 27). «The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning». [Online]. Available: <https://bit.ly/3MNW56E>
- [2] R. C. Elisondo y R. Chesta, «Innovar en tiempos de pandemia: rupturas necesarias y urgentes», *ADIV*, n.º 5, Marzo 2022.
- [3] I. Idoyaga, «El Laboratorio Extendido: rediseño de la actividad experimental para la enseñanza de las ciencias naturales.», *redunp*, vol. 4, n.º 1, pp. 20-49, Julio 2022.
- [4] M. Hernández-de-Menéndez, A. Vallejo Guevara y R. Morales-Menendez. «Virtual reality laboratories: a review of experiences.» *Int J Interact Des Manuf*, vol. 13, pp. 947–966, Febrary 2019.
- [5] P. Orduña, L. Rodríguez-Gil, I. Ángulo, G. Martínez, U. Hernández, A. Villar y J. García-Zubia. «WebLabLib: New approach for creating remote laboratories» In International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, Bangalore, REV, July 2019.
- [6] I. J. Idoyaga y C. Arguedas-Matarrita. «Análisis representacional de cuatro laboratorios remotos para la enseñanza de la física» *Rev. Ens. Física*. vol. 33, n.º 2, pp. 285-292, Junio 2021.
- [7] C. Arguedas-Matarrita, P. Orduña, S. Concari, F. U. Elizondo, L. Rodríguez Gil, U. Hernández,; L. M Carlos, M. Conejo-Villalobos, J. B da Silva, J. García Zubia, et al. «Remote experimentation in the teaching of physics in Costa Rica: First steps.» In 2019 5th Experimental International Conference, exp.at'19, Funchal, pp. 208-209, June 2019.
- [8] K. Kärkkäinen y S. Vincent-Lancrin. «Sparking Innovation in STEM Education with Technology and Collaboration: A Case Study of the HP Catalyst Initiative» Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France, Educ. Working Papers, n.º 91, 2013.
- [9] M. Sandoval Martínez y C. Mora. «Secuencia didáctica para la enseñanza de la ley de Snell utilizando simuladores» *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, vol. 15, n.º 4, pp. 1-6, Diciembre 2021.
- [10] S. Chirino, N. Palma, G. Rodríguez. «Aprendizaje de contenido de óptica geométrica utilizando software didáctico», *Rev. Ens. Física*, vol. 27, n.º 2, pp. 37-44, Noviembre 2015.