

El trabajo de laboratorio en el aprendizaje de óptica geométrica durante la pandemia

Laboratory work in learning geometric optics during the pandemic

Silvia Bravo^{1,2} y Silvana Ledesma Venecia²

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, UNT, e Instituto de Física del Noroeste Argentino, CONICET-UNT. Avenida Independencia 1800, CP 4000, Tucumán. Argentina.

² Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional, Rivadavia 1050, CP 4000, Tucumán. Argentina.

*E-mail: sbravo@herrera.unt.edu.ar

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

Resumen

El trabajo presenta el desarrollo de estrategias metodológicas aplicadas en un laboratorio de Física para el aprendizaje de óptica geométrica, con estudiantes de licenciatura en Física durante el período de aislamiento por covid-19. Participaron dos cohortes de estudiantes (2020 y 2021). Se detallan los objetivos, la estructura de la propuesta de trabajo experimental y el mecanismo de evaluación de los estudiantes. Se presentan los principales resultados obtenidos, ilustrados con algunas producciones de los estudiantes. La aplicación de diversos instrumentos de evaluación indica que se alcanzó la mayoría de los objetivos que se han propuesto para la modalidad virtual, pero se evidencia como una debilidad la falta de interacción sincrónica con el estudiante mientras se realiza la práctica. Se incluyen, además, los resultados de una encuesta online realizada a los estudiantes acerca de su opinión sobre ventajas y desventajas de la metodología empleada durante el aislamiento. Las respuestas indican que los estudiantes han valorado mucho más las instancias de interacción que las actividades experimentales caseras en sí mismas u otra herramienta durante el cursado virtual y que prefieren la instancia presencial para un trabajo más efectivo.

Palabras clave: Óptica geométrica; Formación de imágenes; Laboratorio virtual; Laboratorio presencial.

Abstract

The work presents the development of methodological strategies applied for the learning of geometric optics with undergraduate Physics students, during the isolation period by covid-19. Two cohorts of students participated (2020 and 2021). The objectives, the structure of the experimental work proposal and the student's assessment mechanism are detailed. The main results obtained are presented and illustrated with some students' productions. The application of various evaluation instruments indicates that most of the objectives that have been proposed for the virtual modality were achieved, but the lack of synchronous interaction with the student while doing the practice stands out as a weakness. Furthermore, it includes the results of an online survey of students about their opinion on the advantages and disadvantages of the methodology used to learn geometric optics during isolation. The responses indicate that the students have valued the instances of interaction much more than the experimental home activities themselves or any other tool during the virtual course and that they prefer the face-to-face instance for more effective work.

Keywords: Geometric optics; Image formation; Virtual lab; Face-to-face lab.

I. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo detalla el desarrollo de estrategias metodológicas aplicadas durante el aprendizaje de óptica geométrica en la asignatura Laboratorio IV, con estudiantes de la Licenciatura en Física de la UNT.

Ante la situación de aislamiento durante la pandemia de covid-19 a inicios del ciclo lectivo 2020, los docentes tuvimos que abordar el desafío de repensar las actividades experimentales que se realizaban en el Laboratorio de Física y reemplazarlas por otras versiones de laboratorios incorporando recursos virtuales, en una modalidad de educación totalmente virtual.

La concepción del laboratorio convencional o laboratorio presencial de física básica como el lugar natural donde los estudiantes inician su formación en los aspectos experimentales, no había sido cuestionada hasta el momento por los docentes de la cátedra. Sin dejar de valorar las simulaciones computacionales (laboratorios virtuales) para dar solución a problemáticas de las instituciones tales como la disponibilidad de equipamiento, se reconocían algunas falencias para dar cuenta de aspectos básicos en la formación experimental, tales como el control de supuestos de los modelos y la adecuación de los mismos para dar cuenta de lo que sucede en la práctica. En general, las simulaciones se utilizaban como actividades introductorias para que los estudiantes adquieran habilidades en el trazado de rayos, generen explicaciones acerca de cómo forman imágenes los espejos y lentes, y puedan planificar la disposición del sistema experimental. Por otro lado, Arguedas y Concari (2018) señalan que actualmente el desarrollo de la tecnología ha posibilitado también el diseño e implementación de los laboratorios remotos (LR). No implican realizar una simulación computacional de un fenómeno, sino que son herramientas tecnológicas que configuran prácticas reales que no requieren desplazamiento del estudiante al lugar donde está emplazado el equipamiento. Le permiten realizar actividades como las de un laboratorio presencial convencional mediante una conexión por Internet con el centro en el cual se aloja el experimento. En el momento de cursado de la asignatura nuestra institución no participaba de ninguna red de LR.

En este contexto y ante la urgencia de dar una solución al cursado 2020 del laboratorio, se decidió que los estudiantes trabajen en su domicilio con materiales que resultan fáciles de conseguir y son en general de bajo costo (lámparas, cartulinas, espejos planos y cóncavos, lentes convergentes), realizando un acompañamiento virtual permanente al estudiante.

II. PROPUESTA DIDÁCTICA

A. Marco teórico

La actividad de laboratorio supone el desarrollo de competencias complejas que involucran la interacción con los fenómenos o con los modelos para observar y comprender el mundo natural (Hofstein y Luneta, 2004). Según Hofstein y Kind (2012), los objetivos del laboratorio están vinculados con el desarrollo de criterios de racionalidad y argumentación y con el establecimiento de vínculos entre aspectos teóricos y evidencia empírica, para lo cual la interacción con pares y con el docente es un aspecto esencial.

Recientemente, se ha instalado también en las facultades de ingeniería el enfoque por competencias, promovido por el CONFEDI y basado en los aportes desde el Proyecto Tuning-América Latina 2004-2007 (Beneitone *et al.*, 2007). En el área física propone el desarrollo de competencias cognitivas, que caracterizan el saber disciplinar del graduado y competencias metodológicas, que caracterizan el saber hacer física. En esta sistematización los trabajos de laboratorio están relacionados al desarrollo de las competencias metodológicas, distinguiendo explícitamente aquellas que se refieren a las habilidades y destrezas en el uso de procedimientos, de aquellas que conllevan una interacción de elementos cognitivos y de procedimientos, con altos niveles de complejidad. Para el logro de estas competencias se sugiere un rol activo de los estudiantes y adecuadas orientaciones del docente, lo cual implica un diseño diferente de las actividades y una concepción diferente del rol del profesor (Beneitone *et al.*, 2007).

Todos estos aportes y las discusiones al interior de la cátedra han ido moldeando los objetivos del trabajo de laboratorio en física, tanto para las ingenierías como para las Licenciaturas. En el caso de la Licenciatura en Física, hace tiempo que la cátedra viene poniendo énfasis en el vínculo entre los aspectos teóricos y la evidencia experimental, así como en la interacción permanente entre pares y con el docente, para desarrollar criterios de racionalidad y capacidad de argumentación.

De esta manera, se viene trabajando con una visión constructivista del aprendizaje en el ámbito del laboratorio de física. Cada estudiante construye y reconstruye activamente su comprensión en grupos pequeños mediante el abordaje de situaciones experimentales apropiadas. Se ha considerado que la complejidad inherente al mecanismo de aprendizaje y la variedad de aristas que contempla el trabajo de laboratorio, ameritan tener en cuenta puntos de

encuentro de algunas posiciones o teorías dentro del constructivismo que ponen el foco en aquellos aspectos fundamentales para la elaboración de la propuesta. Así, el proceso de conceptualización abordando situaciones experimentales está sólidamente fundamentado en la teoría de Vergnaud (2007, 2013), la influencia del lenguaje y la interacción social durante el aprendizaje en la teoría de Vigotsky (1995) y la organización de materiales potencialmente significativos y el uso de conocimiento previo en la teoría de Ausubel (1976). Además, cada una de ellas puede enriquecer el punto de vista de la otra en algún aspecto del proceso de aprendizaje. Por ejemplo, la interpretación del lenguaje como representación simbólica y el rol del docente como mediador en Vergnaud, se encuentran sólidamente fundamentados en Vigotsky.

B. Descripción de la propuesta didáctica

La propuesta didáctica con que se venía trabajando durante el laboratorio presencial se estructura en base a ciclos de actividades grupales desarrolladas en grupos pequeños, que atienden a la progresión en la construcción de sus conocimientos y suponen una interacción permanente de los alumnos entre sí y del docente con los grupos de trabajo. Se ha considerado aplicar esta propuesta en la virtualidad y evaluar sus resultados, atendiendo a que durante la marcha podría ser necesario realizar algunas modificaciones o recortes. Los materiales que se utilizan son fáciles de conseguir y, en general, de bajo costo.

Apunta a integrar permanentemente los aspectos conceptuales con las competencias básicas para la formación experimental, planteando un trabajo continuo con sistemas experimentales y la discusión permanente para el aprendizaje significativo de la formación de imágenes por selección de rayos, por reflexión y por refracción. En el planteo de las actividades introductorias se ha tenido en cuenta el conocimiento previo de los estudiantes, adquiridos en la enseñanza formal y en su vida cotidiana, para ayudarlos a explicitar sus ideas. En la figura 1 se esquematiza dicha estructura.

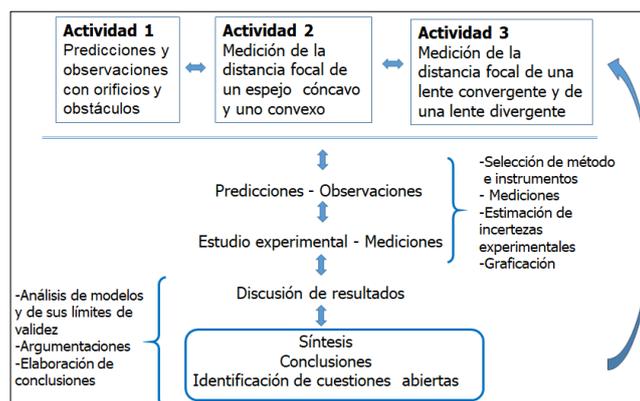


FIGURA 1. Estructura de la propuesta didáctica.

En todas las situaciones problemáticas a abordar se distinguen las principales etapas involucradas en el trabajo experimental. La doble flecha entre estas etapas indica que durante la actividad se pueden producir avances y retrocesos que implican revisar o repetir una etapa anterior. Se pone de manifiesto, además, el carácter recursivo de estas actividades cuando al final del primer ciclo de actividades se inicia uno nuevo, en torno a otro interrogante o nueva situación problemática, o cuando se necesita volver a revisar una actividad anterior.

La propuesta plantea como principales objetivos específicos, el desarrollo de capacidades para:

- explicar el funcionamiento de la cámara oscura, espejos y lentes en la formación de imágenes;
- comprender el concepto de "imagen" de un sistema óptico;
- explicar la diferencia entre una imagen "real" y una imagen "virtual";
- explicar la diferencia entre "objeto real" y "objeto virtual";
- distinguir experimentalmente una "imagen real" de una "imagen virtual" en un sistema óptico;
- contrastar el modelo teórico de lente delgada con resultados experimentales y establecer sus límites de validez;
- interpretar y utilizar diagramas de rayos para la formación de la imagen;
- construir diagramas de rayos que consideren la emisión en todas direcciones y la extensión de la fuente;
- evaluar críticamente los alcances y limitaciones de la metodología y del instrumental usado;
- trabajar en forma grupal, asumiendo responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo;
- actuar con ética en todos los aspectos del desarrollo experimental.

El logro de estos objetivos durante el cursado virtual se evaluó mediante la aplicación de distintos instrumentos. Y se incorporó también un cuestionario para que los estudiantes realizaran apreciaciones sobre el cursado virtual y valoraran algunas de las metodologías.

III. RESULTADOS OBTENIDOS CON LA PROPUESTA

Los participantes de este estudio son estudiantes de las cohortes 2020 y 2021. En el año 2020, los estudiantes realizaron todas las actividades en forma totalmente virtual, experimentando en sus casas con los materiales disponibles. Los estudiantes de la cohorte 2021 también realizaron las actividades experimentales en forma virtual, pero tuvieron además la posibilidad de realizar posteriormente las mismas experiencias con los equipos del laboratorio y comparar los resultados. Cabe aclarar que a mediados del segundo semestre de 2021 se tomó la iniciativa en la cátedra de regresar a las clases presenciales con todos los cuidados necesarios.

Durante la virtualidad se distinguieron las siguientes acciones de los docentes para la implementación de la propuesta: clases virtuales a través de la plataforma zoom, creación de un grupo de wasap, instancia de presentación de resultados de la experiencia por zoom, elaboración de un informe e implementación de una evaluación individual.

En las clases virtuales a través de la plataforma zoom, se presentaron la guía de trabajo (disponible además en aula virtual desarrollada en la plataforma Moodle institucional) y los objetivos de la experiencia. Se resaltaron en esta instancia, además, las características principales del trabajo que van a realizar. Se presentaron fotografías, a modo de ejemplo, de un sistema óptico casero elaborado por los docentes para trabajar con orificios, espejos y lentes.

A través del grupo de wasap, los estudiantes compartían sus resultados a medida que los obtenían enviando fotografías y recibiendo comentarios y sugerencias de otros estudiantes y de los docentes. Al cabo de tres días, en una nueva reunión por zoom, los estudiantes compartían la totalidad de sus resultados, en una presentación no estructurada, pero que sintetizaba los resultados y sus primeras conclusiones. Con todas las sugerencias recibidas, elaboraban luego un informe de la experiencia realizada, siguiendo un formato previamente acordado.

Se presentan en esta sección algunos de los principales resultados obtenidos por los grupos de trabajo, referidos a las actividades de reflexión y refracción (trabajo experimental con lentes y espejos).

A. Medición de distancia focal de espejos y lentes

Las figuras 2 y 3 muestran algunas de las fotografías que compartieron los estudiantes en el grupo de wasap o en las presentaciones por zoom, y que luego incorporaron a sus informes de laboratorio. En las mismas se puede apreciar que han trabajado con espejos cóncavos caseros (llamados “de aumento”) y en el epígrafe se consigna el valor acotado de la distancia focal. Los valores de distancia focal medidos son muy similares dado que la mayoría utilizó espejos comerciales de este tipo. Respecto a la tarea experimental, los informes grupales presentados muestran que las mayores dificultades estuvieron en la estimación de las incertezas experimentales de medición para la distancia objeto y para la distancia imagen, por lo que la precisión de la medida no es la misma para cada grupo, dependiendo de las consideraciones que hayan hecho para las incertezas.

Las figuras 4 y 5 ilustran el mismo trabajo experimental con lentes convergentes. Se utilizaron las clásicas lupas comerciales de librerías. Los valores obtenidos por los estudiantes para la distancia focal en general estaban en un rango de 20 a 30 cm dependiendo del tipo de lupa utilizado. También se observaron discrepancias entre los grupos de trabajo en cuanto a las consideraciones de los errores de medición, por lo que la precisión de la medida era distinta para cada grupo.

En la consideración de los errores de medición, las mayores dificultades estuvieron concentradas en la estimación del error de definición de la distancia objeto (o) y de la distancia imagen (i). En efecto, para el error de la distancia imagen hay que manipular el sistema y hacer consideraciones sobre la nitidez de la imagen. Se trata del desarrollo de habilidades experimentales que requieren la diálogo e interacción.



FIGURA 2: Experiencia con espejo cóncavo. Grupo N.º 1. Cohorte 2020. Distancia focal espejo, $f=(62,5 \pm 0,5)$ cm.



FIGURA 3: Experiencia con espejo cóncavo. Grupo N.º 3. Cohorte 2020. Distancia focal espejo, $f=(63 \pm 1)$ cm.



FIGURA 4: Experiencia con lentes. Grupo N.º 1. Cohorte 2021. Distancia focal lente $f= (25 \pm 2)$ cm.



FIGURA 5: Experiencia con lentes. Grupo N.º 1. Cohorte 2021. Distancia focal lente $f = (30 \pm 1)$ cm.

B. Control de aberraciones

Con respecto al estudio experimental de las aberraciones de la lente (de esfericidad y cromática), solamente se pudo controlar la aberración por esfericidad utilizando un diafragma central (cartulina con orificio) en espejos y lentes. A los estudiantes no les resultó factible conseguir en el contexto de virtualidad buenos filtros para controlar experimentalmente si la aberración cromática era significativa en el caso de las lentes. Algunos resultados obtenidos experimentalmente se muestran a continuación en la figura 6. Los estudiantes concluyen que, si bien la imagen del filamento se

vuelve mucho más definida en esa posición de la pantalla cuando se interpone un diafragma central, no es necesario deslizar la misma para mejorar la imagen. Así, la distancia imagen no cambia, concluyendo que el sistema no es sensible a la aberración de esfericidad para el cálculo de la distancia focal de la lente. Idénticos resultados y conclusiones obtienen los estudiantes del grupo N° 5 de la cohorte 2021, utilizando como fuente la llama de una vela en lugar de un filamento incandescente, como se muestra en la figura 7.



FIGURA 6. Imagen del filamento sin diafragma y con diafragma. Grupo N.º 2. Cohorte 2021.

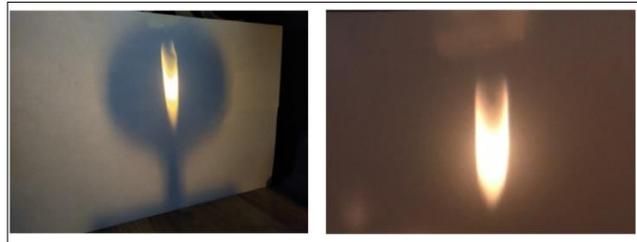


FIGURA 7. Imagen del filamento sin diafragma y con diafragma. Grupo N.º 5. Cohorte 2021.

C. Adecuación de los modelos

La figura 8 muestra el procesamiento de datos experimentales de otro grupo de estudiantes de la cohorte 2021, obtenido con el equipo del laboratorio, para investigar si la lente se comporta o no como lente delgada. Estudian la dependencia de la distancia imagen (i) con la distancia objeto (o), realizan luego un cambio de variables para linealizar la expresión del modelo para lente delgada y realizan una gráfica.

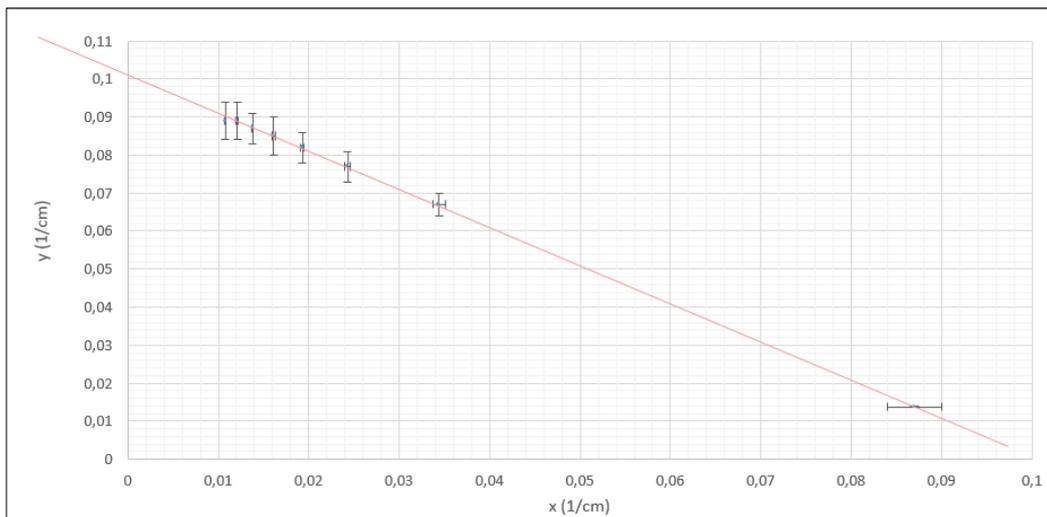


FIGURA 8. Gráfico de $1/i$ en función de $1/o$ para una lente convergente. Datos obtenidos con el equipo experimental del laboratorio en forma presencial. Los resultados muestran que la lente se comporta como delgada, dentro del margen de los errores experimentales. Distancia focal $f = (9,9 \pm 0,3)$ cm.

IV. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

A. Evaluación de los resultados de la propuesta

La evaluación fue continua, con instancias cualitativas y cuantitativas, utilizando los siguientes instrumentos:

- Rúbricas con lista de criterios o desempeños para evaluar el grado en que se ha desarrollado (aplicadas en las exposiciones y en los informes)

- Evaluación individual al finalizar el conjunto de experiencias, con preguntas abiertas y justificación de respuestas.

Durante la exposición de los estudiantes, los docentes realizaban anotaciones que luego servían de base para realizar la valoración con las rúbricas para evaluar la presentación grupal de resultados. En ellas se consideraron cuatro niveles de desempeño y se elaboraron los descriptores de cada nivel, es decir, las características observables que permiten la clasificación en los distintos niveles (Blanco, 2008). A modo de ejemplo, La figura 9 presenta un detalle de las notas realizadas por uno de los docentes durante el cursado 2021, para tres grupos conformados por dos estudiantes cada uno. A partir de las anotaciones de los docentes y mediante el empleo de la rúbrica, se asigna una valoración cualitativa consensuada (Insuficiente, Regular, Bueno y Muy Bueno) para cada una de las presentaciones grupales.

ALUMNOS	27/8/21	3/9/21	17/9/21	1/10/21
		Espejos	Lente convergente	Lente divergente
1	Hicieron las experiencias, e hicieron un análisis de las mismas	Hacen las predicciones con diagramas de rayos y los experimentos con espejos planos. También hicieron las mediciones con espejo cóncavo. Les falta el valor acotado	Construyeron las tablas de valores, determinaron los errores para cada medición. Graficaron con origen y calcularon los parámetros acotados, comprobaron que es lente delgada y luego determinaron la distancia focal con uno de los puntos medidos. Los errores obtenidos son del mismo orden que los que obtuvieron en casa (7% en el lab y 9% en casa) Estudiaron los error por aberración esférica y cromática, les falta el cálculo de los errores en esa parte y deben revisar los cálculos	Hicieron la marcha de rayos de la lente divergente, luego de las dos lentes (div conv). Diagramas correctos. Luego determinaron el valor de la distancia focal de la lente divergente y acotaron. Luego hicieron la experiencia del anteojo terrestre. Explicaron el astronómico también. Determinaron el aumento angular (les faltan los errores)
2				
3	Realizaron todos los experimentos para comprobar sus predicciones. También construyeron la cámara oscura. Los orificios pequeños, debían ser mas pequeños	Hicieron las actividades experimentales. Expusieron las dos. Deben corregir diagramas con espejos combinados	Construyeron las tablas de valores, determinaron los errores para cada medición. Midieron la de menor error relativo con filtro. Graficaron y calcularon los parámetros acotados, comprobaron que es lente delgada y luego determinaron la distancia focal. Estudiaron los error por aberración esférica y cromática. Los errores obtenidos son del mismo orden que los que obtuvieron en casa	Hicieron los diagramas de rayos. Luego basandose en los diagramas armaron el sistema para medir. Luego al detectar aberraciones cromáticas y decidieron usar filtros para disminuirlos. Luego explicaron el anteojo astronómico. Hicieron el calculo del aumento lateral. Deben corregir y agregar los errores
4				
5	Trabajaron en grupo. Hicieron las predicciones con bastante detalle, y luego realizaron los experimentos.	Exponen los dos. Muestran distintas predicciones, una teniendo en cuenta la disposición de los ojos al ver. No hicieron las mediciones con el espejo concavo	Determinaron los errores de medición. Hicieron las tablas, el cambio de variables, graficaron y comprobaron que es una lente delgada, tambien determinaron la distancia focal. Hicieron los controles por aberraciones esféricas y cromáticas. Encontraron que el error aumentaba a medida que ponían diagramas mas pequeños. No pudieron medir las aberraciones cromáticas pero si las veían en la imagen sin filtro. No compararon con lo que hicieron en la casa	Hicieron una propagacion de errores (revisar). Determinaron la distancia focal en tres puntos y luego seleccionaron la de menor error relativo. Luego hicieron la experiencia del anteojo terrestre y determinaron el aumento Deben completar los diagramas realizandolos a todos ellos
6				

FIGURA 9. Fragmento de anotaciones referidas al desempeño en las exposiciones de la cohorte 2021.

Para los informes del trabajo experimental se utiliza una rúbrica que contempla los siguientes criterios: estructura del informe, marco teórico y metodológico, presentación de resultados, conclusiones, responsabilidad, ortografía y gramática y apreciación global sobre la comprensión de conceptos. Este procedimiento conduce a una valoración general del informe en las categorías: Insuficiente, Regular, Bueno y Muy bueno. En todos los casos los estudiantes reciben una devolución de su presentación donde se señalan los aspectos a mejorar.

La evaluación individual se concibe como una evaluación integradora, luego de haber pasado por todas las instancias anteriores. Las preguntas son cuantitativas y cualitativas, con justificación de respuestas, para evaluar el grado de desarrollo de los aspectos conceptuales y de procedimientos, detallados en los objetivos de aprendizaje. La calificación es numérica, en escala de uno a diez. Las figuras 10 y 11 presentan las calificaciones obtenidas en las cohortes 2020 y 2021, respectivamente, en este núcleo temático de óptica geométrica.

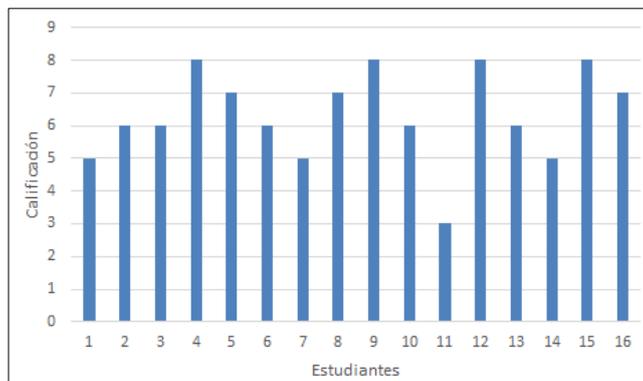


FIGURA 10: Calificaciones de la cohorte 2020.

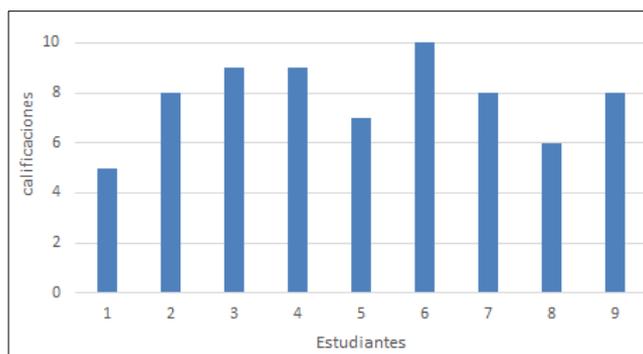


FIGURA 11: Calificaciones de la cohorte 2021.

B. Percepciones de los estudiantes

Se envió un cuestionario online a todos los participantes, en el cual se solicitaba que valoraran la metodología y materiales utilizados durante el cursado virtual, así como la identificación de ventajas y desventajas del cursado virtual y presencial. Se acota que los estudiantes de la cohorte 2020 no realizaron experiencias de óptica en forma presencial, pero sí habían cursado el año anterior dos laboratorios de física presenciales. A modo de ejemplo, se presentan algunas respuestas características.

Pregunta: ¿Identifica algunas ventajas del cursado virtual?

- Estudiante 1 (2021): *Encontré ventajas en la parte teórica, poder discutir los informes, presentarlos en grupo en forma virtual con exposiciones fue muy productivo. También la presentación de los profesores con herramientas didácticas de manera virtual en lo que teórico se refiere. Es una ventaja ya que de esta manera se va a la práctica de laboratorio directamente a medir con la planificación hecha y se ahorra tiempo.*

- Estudiante 2 (2020): *En mi opinión, en los temas que no se pudieron realizar los experimentos presenciales (ya sea en casa o el laboratorio) no terminé de asemejarlos (sic). Los experimentos virtuales no sirvieron de mucho.*

Pregunta: ¿Identifica algunas ventajas del cursado presencial respecto al cursado virtual?

- Estudiante 1 (2020): *No tengo experiencias en el laboratorio de óptica presencial, pero lo que más destacó (sic) de la presencialidad en este caso, es la interacción entre compañeros y las dudas o cuestionamientos que puedan surgir de discusiones y de la interacción con los materiales del laboratorio, lamentablemente todo eso se pierde.*

- Estudiante 5 (2021): *Los instrumentos dan mejores mediciones. El trabajo en grupo es más fructífero.*

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Un análisis interpretativo de los resultados obtenidos indica la importancia de las instancias de discusión permanente de significados y procedimientos durante el aprendizaje. En efecto, el registro completo de las anotaciones de los docentes acerca del desempeño en las exposiciones grupales de las actividades realizadas, revelan las dudas y errores de procedimientos, asociados a la falta del acompañamiento tanto de pares como de docentes durante la realización individual de la experiencia. Cada estudiante realizaba su experiencia en casa y luego se comunicaba con el otro integrante del grupo para organizar una exposición conjunta. En la exposición conjunta se notaba muchas veces la falta de la comunicación sincrónica entre los integrantes del equipo. Las instancias de diálogo durante las exposiciones permitieron corregir esas falencias, pero conlleva muchas veces la repetición de la experiencia y, en consecuencia, una mayor dedicación horaria a la asignatura.

La sistematización de los resultados obtenidos con los instrumentos de evaluación utilizados durante la implementación de la propuesta, muestran que, a excepción de un estudiante que mostró una baja participación y luego abandonó, todos los estudiantes de la cohorte 2020 lograron alcanzar la mayoría de los objetivos de aprendizaje propuestos. De igual forma, todos los estudiantes de la cohorte 2021 también lograron alcanzar la mayoría de los objetivos de aprendizaje, reflejando un mayor logro de aprendizaje. Estos estudiantes habían tenido la oportunidad de desarrollar experiencias de óptica en forma presencial en el laboratorio luego de sus experiencias caseras. Podríamos atribuir los mejores resultados a que pudieron trabajar en un ambiente de interacción permanente durante las mediciones en el laboratorio y a que tuvieron, además, la posibilidad de discutir resultados con otros grupos y con los docentes en las presentaciones virtuales.

Las valoraciones cualitativas que surgen de las rúbricas, en las instancias de exposición de las experiencias y en los informes, en muy pocos casos alcanzaban la valoración MB. Fueron de mucha utilidad en cuanto permitieron visualizar las dificultades en diversos aspectos del desarrollo de las actividades e identificar aquellos aspectos a revisar y que implican volver a realizar mediciones, consideraciones, etc.

Los resultados de la encuesta aplicada, también reflejan la alta valoración de los estudiantes a estos espacios de intercambios con pares y docentes para el logro de sus aprendizajes. En efecto, de toda la metodología empleada en el desarrollo de la propuesta durante la virtualidad, las clases virtuales y las presentaciones grupales virtuales son las más valoradas y señaladas como ventajas del cursado virtual. En cuanto al cursado presencial, valoran la posibilidad de interactuar con sus pares mientras están realizando la experiencia y la posibilidad de realizar el trabajo experimental con instrumentos que le proveen más confiabilidad en los resultados y que presentan menos dificultad para el armado del sistema experimental.

A modo de conclusión, la aplicación parcial de esta propuesta resultó efectiva durante el cursado virtual. No se pudieron realizar algunas actividades por la imposibilidad de contar con materiales de ese tipo, como espejos convexos u lentes divergentes, pero se lograron buenos resultados en la conceptualización de imágenes reales y virtuales y objetos reales y virtuales. Desde una visión global de los resultados alcanzados, se puede interpretar como un aspecto positivo de las actividades caseras realizadas durante la virtualidad, el desarrollo de habilidades que implican una interacción de elementos cognitivos y de procedimientos, al enfrentar el desafío de tener que armar sus propios sistemas experimentales. Sin embargo, la falta de comunicación sincrónica del grupo de trabajo, dificultó el desarrollo de habilidades referidas al trabajo en equipo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Nacional de Tucumán por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo mediante el subsidio correspondiente al proyecto de investigación E-356 y a la Facultad Regional de Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional, por el apoyo mediante el subsidio correspondiente al proyecto PID UTI 7867.

REFERENCIAS

- Arguedas-Matarrita, C. y Concari, S. (2018). Características deseables en un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física: indagando a los especialistas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 702-720.
- Ausubel, D. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Beneitone P., Esquetini C., Gonzalez J., Maletá M., Siufi G., Wagenaar R. (2007) *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. Informe Final Proyecto Tuning-América Latina 2004-2007*. España: Universidad de Deusto. Bilbao. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=326970>
- Blanco, A. (2008). Las rúbricas: Un instrumento útil para la evaluación de competencias. En L. Prieto (Coord.), *La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje*, 171-188. Barcelona: Octaedro.
- Hofstein, A., & Kind, P. M. (2012). Learning in and from Science Laboratories. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 189-208). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_15
- Hofstein, A., & Lunetta, V. (2004). The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54. USA: The Pennsylvania State University.
- Vergnaud, G. (2007). ¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar el aprendizaje significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*. 12(2), 285-302,
- Vergnaud, G. (2013). ¿Por qué la teoría de los campos conceptuales? *Infancia y Aprendizaje*, 36(2), 131-161.
- Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y Lenguaje*. Traducción del original ruso (1978). Ediciones Fausto. Disponible en <http://psikolibro.blogspot.com>