

Buscando transformar las prácticas docentes en el laboratorio de Física universitaria

Seeking to transform teaching practices in the university Physics laboratory

Leandro Pala ^{1*}, Miriam Scancich ¹ y Marta Yanitelli ¹

¹ Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Avenida Pellegrini 250, CP 2000, Rosario. Argentina.

*E-mail: leampala@fceia.unr.edu.ar

Recibido el 14 de diciembre de 2023 | Aceptado el 8 de agosto de 2024

Resumen

Se reseñan los aportes al campo de la Didáctica de la Física fruto del trabajo realizado en el marco del proyecto de investigación denominado “Gráficas cartesianas de datos experimentales y modelización. Un estudio con profesores universitarios de Física”, el cual se desarrolló entre los años 2020 y 2023 en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario. Para alcanzar los objetivos específicos propuestos se recurrió al diseño e implementación de un curso de formación docente. El procesamiento de la información obtenida, a partir de los instrumentos de recolección de datos elaborados, se efectuó desde un enfoque cualitativo de carácter interpretativo. Se evidenció que, en el análisis de las producciones escritas de los participantes, la tarea que el docente tendría que desarrollar para lograr la correcta articulación de los elementos semióticos asociados a las gráficas cartesianas de datos experimentales en tiempo real, favorecer el tránsito desde un registro gráfico hacia el analítico y lograr la interpretación adecuada, quedó de forma implícita.

Palabras clave: Gráficas cartesianas de datos experimentales en tiempo real; Modelización; Física básica universitaria; Práctica docente en el laboratorio.

Abstract

The contributions to the field of Physics Didactics resulting from the work carried out within the framework of the research project called “Cartesian graphs of experimental data and modeling” are reviewed. A study with university professors of Physics”, which was developed between 2020 and 2023 at the Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario. In order to achieve the specific objectives proposed, a teacher training course was designed and implemented. The processing of the information obtained from the data collection instruments developed was carried out from a qualitative approach of an interpretive nature. It was evident that, in the analysis of the written productions of the participants, the task that the teacher would have to develop to achieve the correct articulation of the semiotic elements associated with the Cartesian graphs of experimental data in real time, to favor the transition from a graphic to the analytical record and achieve the appropriate interpretation, it was implicit.

Keywords: Cartesian graphs of experimental data in real time; Modeling; Basic university physics; Laboratory teaching practice.

I. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN

En los cursos de Física para las carreras de ingeniería de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR se han ido incorporando a lo largo de los años distintos recursos tecnológicos del campo de la experimentación asistida por computadora. Al inicio, un grupo de docentes se abocó al trabajo de diseño de nuevas situaciones experimentales basadas en sistemas de adquisición de datos recogidos por sensores. Con el paso del tiempo, y de distintos docentes, se fueron produciendo ajustes y modificaciones de dichas actividades e incorporando nuevos recursos como

los teléfonos celulares de última generación. Teniendo en cuenta la influencia de estos recursos en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias y, en particular, que el estudiante de Ingeniería deberá valerse permanentemente de gráficas cartesianas (GC) de datos en su futura actividad profesional, resulta necesario potenciar desde los ámbitos educativos actividades que le posibiliten participar activamente en procesos de construcción, tratamiento, transformación e interpretación de GC en tiempo real (Lope Pastor, Domenech Girbau y Guitart Mas, 2009; Paz, Márquez y Adúriz-Bravo, 2008; Suárez y Cordero, 2008).

Atendiendo a este contexto se realizó un relevamiento y análisis, en la revista *Latin American Journal of Physics Education* entre los años 2007-2013, de propuestas didácticas que incorporan GC de datos experimentales en tiempo real (Yanitelli, Scancich y Pala, 2015). Se identificó que predominan ambientes de aprendizaje basados en el uso de programas informáticos y que los autores hacen referencia, tanto en forma explícita como tácita, a habilidades cognitivas (HC) que implican establecer conexiones entre dos o más gráficas, atribuir un significado físico a la información contenida en las GC y aproximar una función a un dado conjunto de datos experimentales.

Este estudio constituyó la base sobre la que se configuró una clasificación de las HC, las cuales están ligadas al proceso de modelización, entendiendo que este subsume las HC y posibilita la reconciliación integradora (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983) de modelos gráfico, conceptual y matemático (Yanitelli, Scancich y Pala, 2018) a través de cambios de representación (Duval, 2006) que se reflejan en cambios de lenguaje (figura 1).

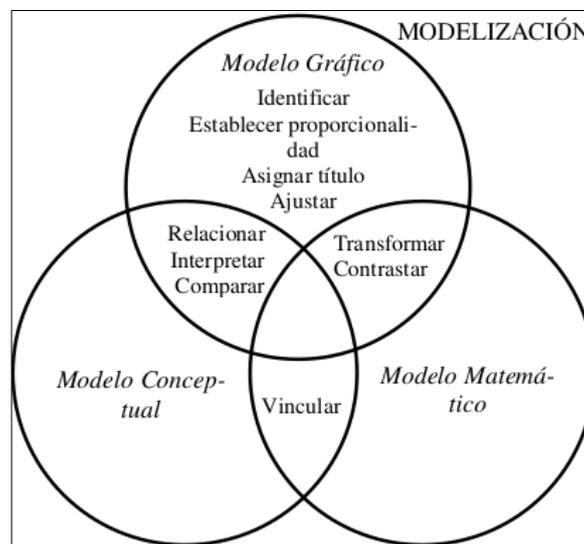


FIGURA 1. Modelos gráfico, conceptual y matemático y sus interconexiones.

Un modelo gráfico representado en un sistema de ejes cartesianos se sustenta, básicamente, en la conjunción de las HC Identificar, Establecer proporcionalidad, Asignar título y Ajustar; que implican, atender a las variables correspondientes a cada uno de los ejes, a las escalas, a la inclusión del título y a la tendencia del conjunto de datos experimentales dentro del espacio gráfico, respectivamente.

Las HC Interpretar, Relacionar y Comparar activan la interconexión entre los modelos gráfico y conceptual viabilizando la atribución de significado a partir de un conocimiento específico disponible, el planteo de conexiones entre dos o más gráficas y el establecimiento de semejanzas y diferencias entre dos o más curvas en una misma GC, en el orden dado.

La interconexión entre los modelos gráfico y matemático, que se pone de manifiesto a través de las HC Transformar y Contrastar, posibilita la asociación de una entidad matemática a la curva que refleja la tendencia de los datos experimentales y analizar la correspondencia entre la gráfica de la serie de datos obtenidos experimentalmente y la curva del modelo matemático, superponiendo ambas representaciones en una misma gráfica, respectivamente.

La HC Vincular que implica convertir los parámetros de una ecuación en un contenido lingüístico natural pasando del registro algebraico o formal propio de la escritura simbólica al lenguaje natural, otorga significado a la interconexión entre los modelos matemático y conceptual.

Por otro lado, desde un enfoque socioepistemológico, Cordero (2006) señala la importancia de la graficación en la relación de la modelación con tecnología, y que “*incluso tal vez convenga considerarla como categoría epistemológica que articula a la modelización y tecnología*”. Es decir, si se utilizan los graficadores y los sensores como instrumentos de modelización, la graficación se constituye en un dominio de conocimiento con el cual es posible modelizar situaciones como las estudiadas en los cursos de Física.

En nuestro proyecto “Gráficas cartesianas de datos experimentales y modelización. Un estudio con profesores universitarios de Física”, acreditado por la UNR, iniciado en el año 2020, se propuso un abordaje que pone en cuestión a la propia gráfica, analizando cómo se usa para construir conocimiento, resignificar conceptos, comprender, explicar y modelizar diferentes fenómenos físicos. Aquí se presenta una síntesis de los aportes al campo de la Didáctica de la Física fruto del trabajo desarrollado hasta el momento en el marco del mencionado proyecto.

II. CUESTIONES FOCO

Los aportes que se presentan en este trabajo devienen de dar respuesta a las siguientes preguntas enunciadas en el marco de dicho proyecto. ¿Cómo se posicionan los docentes frente al uso de GC de datos experimentales obtenidos en tiempo real en sus prácticas habituales en el laboratorio de Física? ¿Y frente al proceso de modelización? ¿Cómo podría gestionarse el laboratorio de modo de potenciar la articulación del uso de GC en tiempo real y el proceso de modelización entre los distintos cursos de Física de las carreras de ingeniería y así lograr aprendizajes significativos?

Estas preguntas fueron formuladas de acuerdo con los siguientes objetivos generales:

1. Comprender los diferentes escenarios de trabajo y todo aquello en lo que se involucra el docente cuando organiza sus prácticas en torno al uso de GC de datos experimentales obtenidos en tiempo real y al proceso de modelización.

2. Reconocer los aspectos fundamentales que permitan transformar las prácticas docentes habituales en el laboratorio a fin de contribuir a la articulación del uso de GC en tiempo real y del proceso de modelización.

Se enuncian a continuación sólo los objetivos específicos que dieron lugar a los aportes que aquí se comunican. Con relación al primer objetivo general:

1.a. Conocer la formación profesional y didáctica del docente, su experiencia profesional, sus intereses, su cultura, entre otras variables.

1.b. Reconocer los usos que los docentes hacen de las GC de datos experimentales ante diferentes situaciones problemáticas de laboratorio.

1.c. Reconocer las concepciones sobre las que los docentes sustentan el proceso de modelización.

Si bien se plantearon tres objetivos específicos asociados al segundo objetivo general, en este estudio fue posible dar respuesta al siguiente:

2.a. Reconocer los modos en que se gestiona el laboratorio en los distintos cursos de Física de las carreras de ingeniería.

III. REFERENTES TEÓRICOS

Según Montiel (2010), las propuestas didácticas innovadoras no pueden simplemente transferirse de los resultados de cierta investigación. Para ello es imprescindible considerar las condiciones impuestas por el escenario educativo y a los docentes que ponen en práctica las innovaciones como los principales responsables y más autorizados para analizar la complejidad del saber a enseñar. Es por eso que coincidimos en entender a la formación docente como un necesario espacio de interacción entre la investigación y la práctica.

A su vez, para que esas propuestas didácticas se constituyan en *auténticas actividades científicas* será necesario en primer lugar que los docentes tomemos conciencia de nuestras decisiones al respecto, cotejemos esas decisiones con las de nuestros colegas, sepamos fundamentarlas y comunicarlas, y en ese proceso será necesario adquirir conocimientos de otras disciplinas tales como la epistemología, la pedagogía, la ciencia cognitiva o la lingüística, entre otras. Se puede decir que esta manera de entender la actividad científica en la enseñanza es lo que constituye el campo de la didáctica de las ciencias naturales (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009).

Dado que la articulación vertical entre asignaturas es interpersonal e intencional, no surge espontáneamente, y sólo existe si se planifica y se gestiona adecuadamente, resulta necesaria la coordinación de estrategias didácticas que permitan incorporar con un lenguaje unificado en cada asignatura los conocimientos adquiridos en las anteriores (Seminara, Echenique, Garcés y Rodrigo, 2018). Para dar lugar a esta articulación una herramienta adecuada es la modalidad de seminario-taller. Cambursano, Giménez y Pereyra (2011) caracterizan el seminario-taller como ese espacio que integra las características de ambos formatos y detallan que, como estrategia pedagógica, este cuenta con cuatro instancias: una fase preliminar de lectura en forma individual; una instancia expositiva a cargo de los coordinadores del taller; un momento de intercambio y discusión, que puede incluir aportes escritos de los participantes; y una última instancia de análisis, revisión y reelaboración de prácticas.

Retomando la concepción de la didáctica de las ciencias naturales ya mencionada, podemos destacar además que “la actividad científica escolar es principalmente un proceso de atribución de sentido (semiosis) sobre el mundo natural utilizando modelos teóricos escolares” (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003, 2005 en Paz *et al.*, 2008). Esos modelos permitirán pensar sobre los hechos analizados y brindarán “las reglas de juego” para intervenir sobre los mismos, de la mano del lenguaje adecuado para dar sentido y comunicar. Para Giere,

cualquier representación subrogante, en cualquier medio simbólico, que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando, califica de modelo teórico: no solo los modelos altamente abstractos más elaborados, sino también las maquetas, las imágenes, las tablas, los grafos, las redes, las analogías... siempre que habiliten, a quien los usa, a describir, explicar, predecir e intervenir y no se reduzcan a meros “calcos” fenomenológicos del objeto subrogado. (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009)

En cuanto a la articulación entre modelación, graficación y tecnología, la perspectiva socioepistemológica de la matemática educativa, aplicada a un trabajo de investigación (Morales, Mena, Vera y Rivera, 2012) surgido de un intercambio entre físicos y matemáticos, todos ellos docentes universitarios, es la que nos aporta un marco de análisis. Reconociendo a la modelación-graficación “como práctica que genera conocimiento, en la cual la argumentación gráfica permite resignificar ese conocimiento matemático”, este estudio hace referencia al proceso de modelización y no al modelo “porque es allí donde los elementos adquieren significados y se articulan para generar conocimiento”. En este sentido, se destaca que

al emplear por separado las partes que componen este binomio [modelación-graficación] se dificulta la generación de nuevo conocimiento matemático en los alumnos, pero al usar un escenario en el cual una situación de modelación del movimiento cuenta con tecnología, se robustece la dupla graficación-modelación, lo que nos permite focalizarnos en otros aspectos del problema. (Morales *et al.*, 2012)

Molina-Toro, J., Villa-Ochoa y J., Suárez, L. (2018), haciéndose eco del constructo *Humans-with-Media* de Borba y Villarreal (2005), proponen un abordaje de la modelización como “experimentación-con-graficación-y-tecnología”. En este enfoque, la tecnología no es concebida simplemente como un soporte para la experimentación; por el contrario, se entiende como un aspecto esencial de esta tarea y tiene en cuenta no solo la presencia de dispositivos, sino que “incluye sus usos y mediaciones”. Nuevamente, lo que interesa principalmente aquí no es encontrar un modelo en particular sino “las posibilidades y limitaciones que estos ofrecen frente al fenómeno o situación modelada”.

IV. METODOLOGÍA

La investigación se organizó apelando a un enfoque cualitativo de carácter interpretativo. Según Stake (1995) el enfoque cualitativo se caracteriza por promover una comprensión profunda del evento en estudio. Esto significa analizar el fenómeno de interés en su contexto natural, tal y como sucede intentando otorgarle sentido e interpretarlo de acuerdo con los significados que tienen para los sujetos implicados. Cabe aclarar que se recurrió a un análisis de frecuencias absolutas para reconocer rasgos identitarios de los docentes que participaron de la investigación.

A. Diseño e implementación de un curso de formación docente

Para alcanzar los objetivos específicos mencionados se recurrió al diseño e implementación de un curso denominado “Prácticas docentes en el contexto del laboratorio de Física”. El mismo tuvo como destinatarios a docentes del Departamento de Física y Química de la Escuela de Formación Básica, correspondiente a las carreras de ingeniería. Dos de ellos se desempeñan en la actividad curricular Introducción a la Física; tres en Física I; dos en Física II y dos en Física III. Se trató de lograr diversidad en sus edades, formación de grado y posgrado, experiencia en docencia e investigación y cargos que revisten.

Se previeron tres encuentros grupales bajo el formato de Seminario-taller, y tareas individuales y grupales antes y después de dichos encuentros, como se observa en la figura 2. Los seminarios estuvieron distribuidos en tres semestres consecutivos; la emergencia sanitaria debida a la pandemia de Covid-19 obligó a que los dos primeros encuentros (durante el año 2021) fueran por videoconferencia.

Como actividad previa al 1er Seminario-taller se elaboró un cuestionario, que se presenta en el ítem C. El análisis de las respuestas a este cuestionario se constituyó en insumo para la preparación de las actividades del 1er Seminario-taller. Asimismo, como material de apoyo previo a los tres seminarios se propusieron lecturas individuales de una selección de artículos de investigación y se elaboraron guías de lectura sobre los mismos.

Para cada encuentro, de tres horas de duración, se consideraron tres momentos: Presentación y organización de los temas; Intercambio y discusión grupal; y Análisis, reflexión y síntesis. Se utilizó la práctica reflexiva como metodología basada en la experiencia de cada profesor y la reflexión sobre su práctica docente (Anijovich y Cappelletti, 2018). Si bien en la etapa de planificación contábamos con una considerable cantidad de material teórico, la selección de los textos se realizó teniendo en cuenta los intercambios producidos en cada etapa del curso; siendo que una de nuestras premisas fue considerar los contenidos específicos abiertos a los intereses de los participantes.

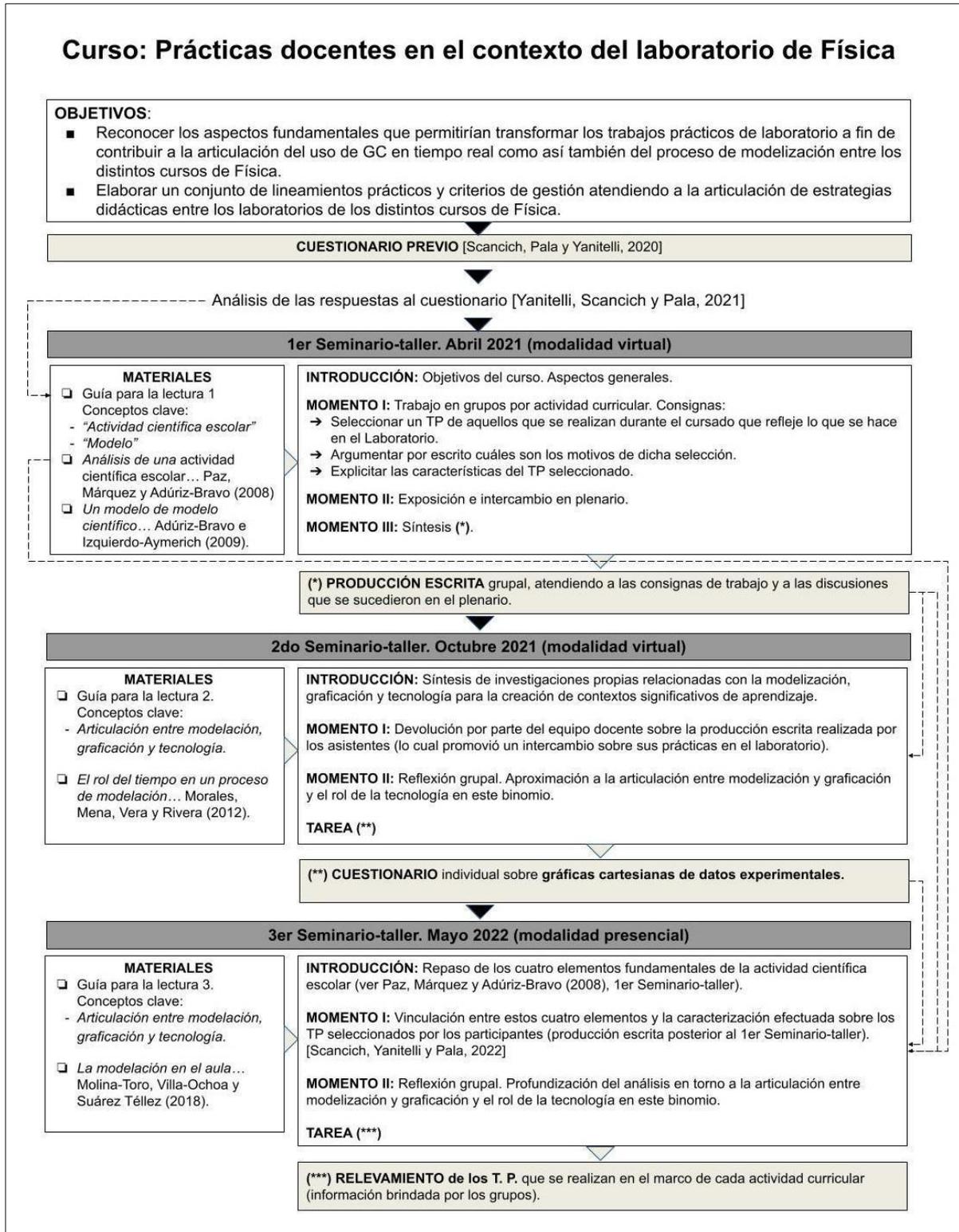


FIGURA 2. Se presenta un esquema que resume las etapas y actividades desarrolladas en el curso de formación docente coordinado por los autores. Reelaborado a partir de Pala, Yanitelli y Scancich (2022).

B. Esquema correspondiente al abordaje metodológico

En la figura 3 se muestra un esquema de la interrelación entre las preguntas de investigación, los objetivos específicos mencionados en el apartado II y los instrumentos de recolección de datos.

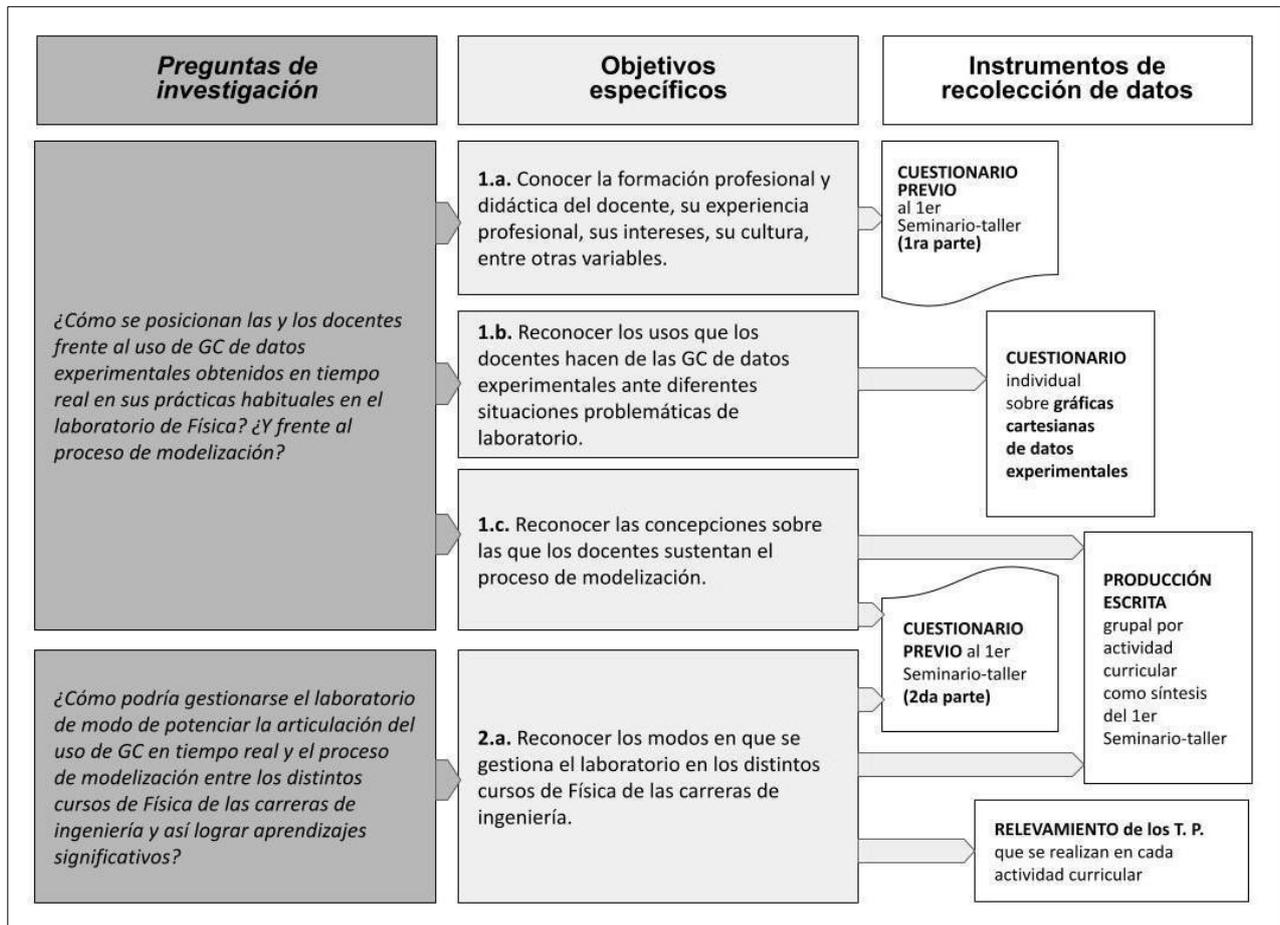


FIGURA 3. Esquema metodológico de la investigación.

C. Instrumentos de recolección de datos

A continuación se describen los instrumentos utilizados en la recolección de la información:

C1. Cuestionario previo al 1er Seminario-taller. A fin de comprender los diferentes escenarios de trabajo y todo aquello en lo que se involucra un docente cuando organiza su práctica en el contexto del laboratorio se elaboró un cuestionario que debía responderse en forma individual y a través de un formulario digital. El mismo se conformó en dos partes, una sobre "Datos personales" (1era parte) y otra con "Preguntas para reflexionar" (2da parte); esta última compuesta básicamente por preguntas abiertas que se estructuraron atendiendo a los aspectos epistemológicos, didácticos y psicopedagógicos.

Con su implementación se buscó conocer la formación profesional y didáctica del docente, su experiencia profesional, sus intereses y su cultura (1era parte). Se tuvieron en cuenta el título de grado/posgrado, el nivel educativo donde ejerce su práctica docente, el lugar de trabajo, participación en proyectos de investigación o extensión, otras actividades profesionales o de gestión, participación en instancias de formación didáctica/pedagógica y preferencias de lectura.

Asimismo para reconocer las concepciones sobre las que los docentes sustentan el proceso de modelización y los modos en que se gestiona el laboratorio en los distintos cursos de Física de las carreras de ingeniería (2da parte), interesó indagar sobre las concepciones de los docentes acerca de la enseñanza, los fundamentos que sustentan sus decisiones al momento de abordar las situaciones problemáticas de laboratorio, sobre cómo el conocimiento es presentado a los estudiantes y cómo se posicionan los docentes en el ámbito de la clase de laboratorio, entre otras cuestiones.

Los detalles de este cuestionario pueden consultarse en Scanchich, Pala y Yanitelli (2020).

C2. Producción escrita a posteriori del 1er Seminario-taller. Dicha producción, elaborada en forma grupal por actividad curricular, atendió a las siguientes consignas de trabajo: (1) Seleccionar un TP de aquellos que se realizan durante el cursado que refleje lo que se hace en el laboratorio; (2) Argumentar por escrito cuáles son los motivos de dicha selección y (3) Explicitar las características del TP seleccionado. También se contemplaron las exposiciones e intercambios que se sucedieron en el plenario que se registraron en notas de campo.

C3. Cuestionario individual sobre gráficas cartesianas de datos experimentales. Como actividad puente entre el 2do y el 3er Seminario-taller se propuso un cuestionario individual acerca de distintos aspectos que atañen a la construcción, el análisis y el uso de gráficas cartesianas de datos experimentales. El mismo intenta dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Cómo abordamos la construcción y análisis de gráficas cartesianas de datos experimentales con los estudiantes? ¿Qué uso le damos a estas? Se presenta en la figura 4 el contenido del cuestionario.

Cabe aclarar que el análisis de las respuestas a este cuestionario se encuentra en proceso y constituye un insumo para el desarrollo del proyecto vigente.

Cuestionario. Gráficas cartesianas de datos experimentales.

Se solicita responder el siguiente cuestionario en base a su experiencia como docente en la actividad curricular correspondiente al grupo en el que participa en el seminario.

Valoramos que se le otorgue especial atención a aquellos ítems de respuesta abierta en los que se indica mencionar otros aspectos que se consideran relevantes y no han sido explicitados u observaciones que consideren pertinentes.

Nombre y apellido:

Seleccione la actividad curricular correspondiente al grupo en el que participa en el seminario: Introducción a la Física - Física I - Física II - Física III.

A) ¿Cómo abordo la construcción y análisis de gráficas cartesianas de datos experimentales?
 A continuación, se mencionan aspectos que se suelen aclarar, comentar o discutir con los estudiantes, antes o durante la construcción y/o el análisis de gráficas cartesianas de datos experimentales. Indique la frecuencia con que se atienden tales aspectos: Nunca - Casi nunca - Ocasionalmente - Frecuentemente - Siempre.

A1. Realizo comentarios acerca del uso e importancia de las gráficas en el campo profesional de la ingeniería u otras áreas.

A2. Aclaro o discuto con los estudiantes las variables a representar en cada eje.

A3. Aclaro que las variables representadas se indican con un símbolo o nombre que las caracterice y acompañadas de la unidad correspondiente.

A4. Reflexiono con los estudiantes sobre las escalas más convenientes.

A5. Aclaro que en los ejes se representan valores equiespaciados.

A6. Tengo en cuenta la representación de incertezas en la gráfica cartesiana.

A7. Aclaro que no se deben trazar las líneas paralelas a los ejes correspondientes a cada valor representado.

A8. Aclaro que los puntos no se deben unir con una poligonal.

Otros aspectos no mencionados sobre la construcción de gráficas cartesianas de datos experimentales:

A9. Reflexiono con los estudiantes acerca de la tendencia del conjunto de datos experimentales con el fin de decidir el tipo de curva que mejor ajusta los valores representados.
 Si la respuesta anterior fue nunca aclare a continuación la razón de tal elección:

A10. Menciono explícitamente los procesos de interpolación y extrapolación.

A11. Le doy importancia a la asignación de un título a la gráfica cartesiana.

Otros aspectos no mencionados sobre el análisis de gráficas cartesianas de datos experimentales:

B) ¿Qué uso le damos a las gráficas cartesianas de datos experimentales?
 Seleccione las opciones que considera describen cuál es el rol y para qué sirven las gráficas de datos experimentales en las actividades de laboratorio.

- Para investigar una relación entre variables, desconocida para los estudiantes
- Como instrumento de validación de un modelo matemático
- Como representación de datos consignados en una tabla
- Para la obtención de información local (datos concretos que se pueden calcular o deducir directamente de la gráfica)
- Para la obtención de información global (basada en un análisis más general de los datos que suministran las gráficas; es decir, se tiene en cuenta la tendencia general del conjunto de datos experimentales y contempla la observación de la totalidad de la gráfica o de una porción significativa de la misma)
- Para vincular los parámetros del modelo matemático con magnitudes físicas
- Para caracterizar el fenómeno en estudio en función de una estructura conceptual disponible
- Para establecer semejanzas y diferencias entre dos o más curvas en una misma GC de datos experimentales
- Otros aspectos que se consideran relevantes y que no han sido explicitados respecto del uso de las gráficas de datos experimentales:

FIGURA 4. Preguntas del cuestionario sobre gráficas cartesianas de datos experimentales en tiempo real.

C4. Relevamiento de los TP que se realizan en cada actividad curricular. Como actividad final del curso, posterior al 3er Seminario-taller, se solicitó a cada grupo que complete un formulario, el cual fue elaborado con el objetivo de recabar información detallada de los TP que se realizan en el marco de cada actividad curricular. Interesó conocer acerca de la realización de mediciones, la inclusión de gráficas, el uso de tecnología y la participación de docentes y estudiantes en las actividades. Asimismo, se indagó sobre la repetición de los experimentos y si se estudian eventos que suceden en intervalos de tiempo muy breves; estos elementos permitirían inferir cierta dinámica en el desarrollo de la actividad y un potencial uso de los sistemas de adquisición de datos. Esto último posibilitaría plantear el desarrollo de procesos de modelización como *experimentación-con-graficación-y-tecnología* (Molina-Toro *et al.*, 2018). Además, se solicitó que indicaran los objetivos de cada TP.

Un ejemplo del formulario y las respuestas relevadas correspondientes a una de las cuatro actividades curriculares se presenta en la figura 5. El procesamiento y análisis de la información recogida en este relevamiento, se encuentra en desarrollo.

Se solicita al grupo de cada actividad curricular completar la siguiente tabla en base a los trabajos prácticos experimentales que se desarrollan. Tener en cuenta que en el caso de las filas 7 a 17, se debe marcar si corresponde.

Asignatura		FÍSICA I				
Trabajo Práctico		T.P. N° 1	T.P. N° 2	T.P. N° 3	T.P. N° 4	T.P. N° 5
Título		Mediciones	Medición de g por caída libre	Leyes de Newton	Colisiones	Rotación de cuerpo rígido
Objetivo/s del T.P.		Expresar correctamente una medición. Realizar propagación de incertezas simple.	Realizar e interpretar representación gráfica. Analizar mov. con aceleración constante. Medir g.	Observar relación entre interacciones y movimiento. Construir/deducir leyes de Newton.	Trabajar principios de conservación del momento y de la energía.	Entender concepto de momento de inercia y de conservación del momento angular.
Se realizan mediciones		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se trabaja con gráficas cartesianas		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se usa sistema de adquisición de datos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se usa otro recurso tecnológico	Video	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Simulación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Otro*	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No se usan recursos tecnológicos		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
El desarrollo del experimento (manipulación del dispositivo, toma de datos, etc.) está a cargo del docente		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
El desarrollo del experimento está a cargo del estudiante		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Se repite el experimento más de una vez		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Se analizan eventos que suceden en intervalos de tiempo muy breves		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

*Indique el/los recurso/s tecnológico/s utilizado/s:
Aplicación phyfox con teléfono. Tiempo entre sonidos o fotos.

OBSERVACIONES/COMENTARIOS/ACLARACIONES:

FIGURA 5. Ejemplo del relevamiento de los TP de la actividad curricular Física I.

D. Procesamiento de los datos

En el procesamiento se atendió al mismo orden en que se presentaron los instrumentos de recolección de datos.

D1. Cuestionario previo al 1er Seminario-taller. En el análisis de la 1era parte del cuestionario se determinaron las frecuencias absolutas de las respuestas correspondientes a los datos personales y para el estudio de las producciones correspondientes a la 2da parte, se apeló a una técnica de análisis interpretativo textual (Bernárdez, 1995). Se definieron a priori un conjunto de categorías. Se procedió a la triangulación de la información contenida en los protocolos (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista, 2006) para determinar las modalidades resultantes. A continuación se enuncian las categorías que se definieron: Características de las prácticas de laboratorio; Visión sobre las prácticas de laboratorio y Saberes que influyen en su práctica docente (Yanitelli, Scancich y Pala, 2021).

D2. Producción escrita a posteriori del 1er Seminario-taller. Las producciones elaboradas correspondieron a los siguientes Trabajos Prácticos seleccionados por cada grupo: “Péndulo” (Introducción a la Física); “Análisis de fuerzas y movimientos utilizando una pista de aire” (Física I); “Estudio de las oscilaciones libres de un sistema masa-resorte” (Física II) y “Mapeo de superficies equipotenciales y líneas de campo eléctrico” (Física III). El análisis se efectuó siguiendo la misma técnica que la adoptada para la 2da parte del cuestionario previo al 1er Seminario-taller. En particular, la consigna (3) Explicitar las características del TP seleccionado, se estudió en relación con los cuatro elementos fundamentales de la actividad científica (Izquierdo-Aymerich, 2005): 1. los hechos y la experiencia; 2. el conocimiento: la teoría y los modelos; 3. los objetivos y las metas; 4. la comunicación con los sistemas de símbolos. Cabe aclarar que estos elementos estaban incluidos en la guía de lectura 1 para el debate a la que los participantes tuvieron acceso previo al desarrollo de esta tarea.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados y el análisis de los mismos se consignan de acuerdo con los objetivos específicos mencionados.

Objetivo 1.a. Conocer la formación profesional y didáctica del docente, su experiencia profesional, sus intereses, su cultura, entre otras variables.

En la tabla I se muestran las frecuencias absolutas asociadas a los datos personales solicitados a los nueve docentes que participaron en el curso.

Tabla I. Resultados en frecuencias absolutas correspondientes al Cuestionario previo 1era parte.

Datos personales	Frecuencia absoluta	
Edad	Mayor de 30	2
	Mayor de 40	3
	Mayor de 50	3
	Mayor de 60	1
Título de grado	Si	8
	No	1
Título de posgrado	Si	5
	No	4
Experiencia en docencia	Secundario	2
	Terciario	3
	Universitario	9
	Posgrado	3
Cargo	Auxiliar	2
	Profesor adjunto	7
Dedicación	Simple	2
	Semiexclusiva	1
Horas de preparación de clases	Exclusiva	6
	Entre 2 y 3 horas	1
	Entre 4 y 5 horas	1
Otras actividades	Más de 5 horas	7
	Investigación	8
	Gestión	5
Proyecto de investigación	Extensión	1
	Si	8
Participación en instancias de formación	No	1
	Si	6
Lecturas, películas o series	No	3
	Lecturas	7
	Películas	5
Portales, blogs, canales de video, radio, redes sociales	Series	4
	Portales de noticias	7
	Radio	2
	Redes sociales	3
	Otros (YouTube)	4

De la tabla se desprende que más de la mitad de los asistentes al curso poseen formación académica de posgrado y han participado en instancias de formación en los dos últimos años. Esto daría cuenta de un interés por actualizar sus conocimientos sobre un área que evoluciona constantemente. Se destaca que, con excepción de un caso, todos integran proyectos de investigación. Asimismo, se observa cierta motivación hacia la lectura, aspecto inherente a la cultura, que brinda la posibilidad de mejorar la comunicación y también de expresar lo que pensamos, sentimos y queremos, como vía al conocimiento y a la creatividad.

Objetivo 1.b. Reconocer los usos que los docentes hacen de las GC de datos experimentales ante diferentes situaciones problemáticas de laboratorio.

El rol que tiene la gráfica en el ámbito de la Física, es relevante para comprender, construir o profundizar en esa disciplina, ya que la argumentación gráfica permite entender el fenómeno bajo estudio y crear un modelo físico (Morales *et al.*, 2012). Es fundamental que el docente internalice, se apropie de esta función de la graficación y así se constituya en elemento significativo de su práctica docente. En este sentido, se considera que el cuestionario elaborado sobre gráficas cartesianas de datos experimentales en tiempo real, con base en estudios previos que se venían realizando desde años anteriores, constituye un resultado en el marco del proyecto de investigación. Asimismo, otro aspecto que contribuyó a configurar las bases y lineamientos que dieron lugar a la elaboración del cuestionario fue la búsqueda, lectura y análisis de bibliografía actualizada lo cual permitió darle objetividad y confiabilidad.

Las respuestas a dicho cuestionario brindarán información útil para poder reflexionar acerca de las ideas de los docentes sobre el uso de las gráficas cartesianas de datos experimentales en tiempo real.

Objetivo 1.c. Reconocer las concepciones sobre las que los docentes sustentan el proceso de modelización. El análisis de los resultados obtenidos, asociados a las respuestas correspondientes al cuestionario previo al 1er Seminario-taller (2da parte), relacionado a la categoría 'Características de las prácticas de laboratorio' reveló que los docentes consideran importante el trabajo de laboratorio como espacio de aprendizaje que brinda la posibilidad de establecer relaciones entre los contenidos teóricos y la actividad experimental, como así también para promover la comunicación oral y escrita. Si bien la modelización, guarda un estrecho vínculo con la práctica experimental (Pesa, Bravo, Pérez y Villafuerte, 2014) y constituye una de las actividades científicas centrales (Gallego Badillo, 2004) sólo un tercio de los docentes hace explícita referencia a los modelos como construcción idealizada del fenómeno y su relación con el objeto en estudio.

Ninguno de los docentes hizo mención al rol de los recursos tecnológicos. Es importante destacar que no se interrogó explícitamente sobre cuestiones relacionadas a las gráficas cartesianas de datos experimentales ni al uso de recursos tecnológicos que facilitan su construcción y tratamiento. De esta manera, se evitaba direccionar la mirada hacia estos aspectos esperando que surgieran espontáneamente, dado que tanto la graficación como la tecnología son aspectos inherentes a la actividad experimental y están ligados íntimamente a la modelización (Cordero, 2006).

El análisis de las producciones escritas elaboradas en forma grupal por actividad curricular como síntesis del 1er Seminario-taller respecto de la consigna (1) Seleccionar un TP que refleje lo que se hace en el Laboratorio, permitió evidenciar que la mayoría de los grupos explicitaron que uno de los motivos es que hace posible pensar, discutir, dialogar y comunicar en términos de modelos. Específicamente, el grupo de docentes de Física II (GFII) indicó "No se trata de una actividad en la que se pretenda demostrar la validez o no de un determinado modelo teórico sino, por el contrario, los pone en discusión permanentemente". Por su parte el grupo de Física I (GFI) consignó "En las discusiones sobre la fuerza de rozamiento, inclinación de la pista, tamaño y geometría del deslizador, polea, toma de mediciones de velocidades medias que consideramos instantánea, entre otros aspectos de la experiencia... se abre la posibilidad de discutir y pensar las aproximaciones y modelos utilizados". Se destaca que el grupo de Introducción a la Física (GIF) establece explícitamente la relación entre el TP seleccionado y los cuatro elementos fundamentales de la actividad científica propuestos por Izquierdo-Aymerich (2005), aportando un posible itinerario en el proceso de construcción de modelos que culminaría en aprendizaje de las relaciones pendulares.

Del análisis del cuestionario previo individual por una parte y de las producciones escritas por actividad curricular por otra, se desprende que a partir del espacio de reflexión compartida en el primer seminario taller, el material de apoyo y la guía para su lectura, permitieron que más docentes comiencen a tratar explícitamente aspectos asociados a sus concepciones sobre el proceso de modelización.

Objetivo 2.a. Reconocer los modos en que se gestiona el laboratorio en los distintos cursos de Física de las carreras de ingeniería.

En las respuestas correspondientes al cuestionario previo al 1er Seminario-taller (2da parte) se observó que la mayoría de los docentes otorgó un lugar preponderante al proceso de medición en el desarrollo de los trabajos prácticos de laboratorio que llevan adelante, siendo considerado este proceso como uno de los principales quehaceres relacionados con la actividad de un ingeniero. Otros destacaron que los trabajos de laboratorio enfrentan a los estudiantes con "una experiencia real" o dan "un marco de realidad práctica a la teoría desarrollada en papel y lápiz".

El uso de lenguaje específico para dar sentido y comunicar a otros la intervención llevada a cabo en el laboratorio, (Paz *et al.*, 2008) fue otro aspecto que valoraron como relevante en su gestión. A su vez, la mención al trabajo colaborativo se registró en un número reducido de respuestas.

En el análisis de las producciones escritas elaboradas por actividad curricular, respecto a las relaciones que se pueden establecer en torno a la modelización-graficación y al uso de las tecnologías, se observó que sólo los grupos GIF y GFI seleccionaron un TP en el que se recurre al uso de gráficas cartesianas de datos experimentales. El grupo GIF promueve explícitamente acciones orientadas a la comunicación, utilizando convergentemente distintos sistemas semióticos, como así también a la atribución de significados. Este estado de situación nos permitió en el marco del 3er

Seminario-taller, reflexionar con los docentes acerca de la potencialidad del análisis gráfico de los datos dentro de un proceso experimental. En el ámbito de la física, el rol que cobra la gráfica es preponderante para entender, construir o profundizar en esa disciplina, ya que la argumentación gráfica se considera como una herramienta muy útil que permite poner los conocimientos en juego para entender el fenómeno bajo estudio y crear un modelo físico (Morales, *et al.*, 2012). Reconocer la graficación como argumento en una situación específica junto al proceso de modelación el cual es relevante porque es allí donde los elementos adquieren significado y se articulan generando conocimiento permitiría comprender distintos modelos y transitar entre ellos (Morales, *et al.*, 2012). Molina-Toro *et al.* (2018) detectaron que frente a la necesidad de explicar el fenómeno en estudio, la gráfica se transformó en un elemento primordial para los estudiantes; es decir, no basta con entenderla, sino que deben ser capaces de usarla como argumento mientras ocurre el proceso de modelación que explica el fenómeno.

En cuanto al uso de los recursos tecnológicos, que le ofrecen al estudiante de Ingeniería posibilidades para que investigue, registre datos, controle variables, grafique y tome decisiones, se registró que sólo en el TP elegido por el grupo GFI se recurre a estos. Dicho grupo hace referencia a "...gráficas de posición, velocidad y aceleración de los cuerpos en función del tiempo" aclarando posteriormente que las mismas son presentadas en la pantalla de una computadora. Queda implícita la tarea que el docente tiene que desarrollar que refiere a lograr la correcta articulación de los elementos semióticos que la componen, favorecer el tránsito desde un registro gráfico hacia el analítico y lograr la adecuada interpretación.

Al usar un escenario en el cual una situación de modelación del movimiento cuente con tecnología se robustece la dupla graficación-modelación, lo cual permite focalizarse en otros aspectos del problema (Morales, *et al.*, 2012). En la experimentación-con-tecnología, la misma no es concebida como una herramienta de apoyo para la actividad de experimentación, más allá de ello, se considera como un aspecto constitutivo; es decir, una experimentación sin tecnología no tiene sentido. Este tipo de cimientos epistemológicos sugieren una visión amplia de tecnologías que no se agota en la presencia de dispositivos, sino que incluye sus usos y mediaciones (Molina-Toro *et al.*, 2018).

VI. REFLEXIONES FINALES Y PERSPECTIVAS

El curso "Prácticas docentes en el contexto de laboratorio de Física" en tanto recurso metodológico articulador de distintas herramientas de recolección de datos, tenía como propósito dar respuesta a todos los objetivos de investigación. Como se mencionó en el desarrollo de este artículo, sólo algunos de los objetivos específicos fueron alcanzados. Es por ello que en un nuevo proyecto de investigación iniciado en 2024 se retomaron y reelaboraron los siguientes objetivos específicos restantes:

1.d. Identificar las características relevantes que se deberían tener en cuenta al diseñar actividades de laboratorio con recursos tecnológicos que posicionen a la graficación como un dominio de conocimiento con el cual modelar situaciones reales.

2.b. Identificar posibles transformaciones en la gestión de los laboratorios que contribuyan eficazmente a hacer más competentes a los estudiantes y a mejorar la construcción de conocimientos.

2.c. Elaborar un conjunto de herramientas prácticas y criterios de gestión atendiendo a la articulación de estrategias didácticas entre los laboratorios de los distintos cursos de Física.

De todas maneras, podemos decir que el camino recorrido desde el inicio del proyecto que aquí se presentó, brinda bases para la elaboración de un conjunto de herramientas prácticas y criterios de gestión de los laboratorios que reflejará la vasta información recabada, los análisis ya realizados y los que están en proceso, y las reflexiones conjuntas con los docentes que colaboraron y participaron activamente en las distintas instancias que se propusieron. Dichas herramientas, de carácter flexible ante posibles cambios, se constituirán en una guía para el docente contribuyendo a impulsar procesos de reflexión, análisis, evaluación y articulación, entre otros. En la construcción de cada una de ellas se tendrá en cuenta el contexto, el fin que persigue, las principales acciones que contribuirían a la articulación de estrategias didácticas entre los laboratorios de los distintos cursos de Física, algunas claves, sugerencias, consejos a tener en cuenta sobre la herramienta en particular.

Previo consenso con los participantes del curso, el documento se difundirá entre todos los docentes del Departamento de Física y Química de las carreras de ingeniería. Desde esta perspectiva, se prevé generar nuevos espacios de trabajo y comunicación a fin de compartir ideas, sugerencias, propuestas, posibles innovaciones sobre cuestiones didácticas inherentes a la práctica docente en el laboratorio, de manera de crear condiciones óptimas para promover la implicación de los estudiantes en la realización de las actividades experimentales.

REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(Especial), 40-49.
- Anijovich, R. y Capelletti, G. (2018). La práctica reflexiva en los docentes en servicio. Posibilidades y limitaciones. *Espacios en Blanco. Revista de Educación*, 28, 74-92.
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Bernárdez, E. (1995). El papel del léxico en la organización textual. Universidad Complutense de Madrid.
- Borba, M. C., y Villarreal, M. E. (2005). *Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking*. New York, EE. UU.: Springer.
- Cambursano, S., Giménez, S. y Pereyra, A. (2011). El seminario-taller como estrategia comunicacional intraequipo de investigación. *Margen*, 62, 1-7.
- Cordero, F. (2006). La modellazione e la rappresentazione grafica nell'insegnamento-apprendimento della matematica. *La Matematica e la sua Didattica*, 20(1), 59-79.
- Duval, R. (2006). Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación. *La gaceta de la RSME*, 9(1), 143-168.
- Gallego Badillo, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3).
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, P. y Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. (1a. ed.). México: Mc Graw Hill.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2005). Nuevos contenidos para una nueva época: Aportaciones de la didáctica de las ciencias al diseño de las nuevas 'ciencias para la ciudadanía'. *Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. [En línea].
- Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.
- Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar: Un ejemplo de química. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra VII Congreso. [En línea].
- Lope Pastor, S., Domenech Girbau, M. y Guitart Mas, J. (2009). ¿Hacia la adquisición de competencias con actividades MBL? *Revista Enseñanza de las Ciencias*, nro. extra VIII Congreso Internacional, 1121-1127.
- Molina-Toro, J., Villa-Ochoa y J., Suárez, L. (2018). La modelación en el aula como un ambiente de experimentación-congraficación-y-tecnología. Un estudio con funciones trigonométricas. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 11(1), 87-115.
- Montiel, G. (2010). Hacia el rediseño del discurso: formación docente en línea centrada en la resignificación de la matemática escolar. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, RELIME*, 13(4-1), 69-84.
- Morales, A., Mena, J., Vera, F. y Rivera, R. (2012). El rol del tiempo en un proceso de modelación utilizando videos de experimentos físicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 237-256.
- Pala, L., Yanitelli, M. y Scanchich, M. (2022). Un curso de formación de docentes universitarios de física: hacia la articulación de las actividades de laboratorio. *Actas VIII Jornadas Nacionales y IV Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas*, 591-598.

- Paz, V., Márquez, C. y Adúriz-Bravo, A. (2008). Análisis de una actividad científica escolar diseñada para enseñar qué hacen los científicos y la función de nutrición en el modelo de ser vivo. *Revista Latinoamericana de estudios educativos*, 4(2), 11-27.
- Pesa, M.; Bravo, S.; Pérez, S.; Villafuerte, M.; (2014). Las actividades de laboratorio en la formación de ingenieros: propuesta para el aprendizaje de los fenómenos de conducción eléctrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31(3), 642-665 .
- Scancich, M., Pala, L. y Yanitelli, M. (2020). Prácticas de laboratorio: hacia un estudio de perfiles docentes. *Revista Enseñanza de la Física*, 32(extra), 329-334.
- Scancich, M., Yanitelli, M. y Pala, L. (2022). Reflexiones de un grupo de docentes universitarios de Física sobre la práctica docente en el laboratorio. *Revista Enseñanza de la Física*, 34(extra), 313-320.
- Seminara, M., Echenique, A., Garcés, A. y Rodrigo, S. (2018). Experiencia de articulación en la enseñanza de bioingeniería en la Universidad Nacional de San Juan. *Actas IV Congreso Argentino de Ingeniería - X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería*. Córdoba, Argentina. Disponible en: https://cadi.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/4_CADI_y_10_CAEDI_paper_170.pdf
- Stake, R. (1995). *The art of case study research*. CA, EE.UU.: Sage.
- Suárez, L. y Cordero, F. (2008). Elementos teóricos para estudiar el uso de las gráficas en la modelación del cambio y de la variación en un ambiente tecnológico. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 3(1), 51-58.
- Yanitelli M., Scancich M. y Pala L. (2015). Análisis de propuestas didácticas que incorporan gráficas cartesianas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27, 17-25.
- Yanitelli, M., Scancich, M. y Pala, L. (2018). Gráficas cartesianas de Física: un estudio de las habilidades cognitivas. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 12(2), 2305.1-2305.9.
- Yanitelli, M., Scancich, M. y Pala, L. (2021). Hacia una caracterización de las prácticas de laboratorio: un estudio con profesores universitarios. *Revista Enseñanza de la Física*, 33(extra), 665-671.