

Los estudiantes de primer año de Bachillerato y su aprendizaje en la asignatura de Física 1

En este artículo se analizan indicadores y resultados de logros de aprendizaje en la asignatura de Física del Programa Académico de Bachillerato, a partir de una evaluación realizada durante el estallido político-social en Chile. Se revisó la literatura, se analizaron documentos de evaluación y datos cuantitativos para dar cuenta de lo que aprenden los estudiantes de primer año en la unidad de Mecánica, a través de la resolución de un ejercicio. Se evidencia que el aprendizaje más relevante en los estudiantes fue la habilidad de representación de diagramas de fuerzas. Por el contrario, el indicador con menos logro fue el de habilidad de comunicación. Lo anterior, permite levantar información clave para mejorar la docencia y el aprendizaje en este contexto.

Palabras clave: *física, Bachillerato, alfabetización científica, docencia universitaria.*

POR IGNACIO SOTO CRISÓSTOMO.

En la vida cotidiana hablar de aprendizaje está asociado a la acción de adquirir conocimiento. Por ejemplo, se dice que una persona aprende cuando resuelve bien un ejercicio de matemáticas o cuando responde de manera correcta las preguntas que realiza un profesora. Desde las Ciencias Sociales de la Educación, el aprendizaje se puede entender como “un cambio relativamente permanente en el pensamiento o en el comportamiento como resultado de la experiencia” (Hohenstein y Manning, 2010). Esta definición abarca diversos cambios que ocurren durante las distintas edades de las personas. Sin embargo, para entender mejor es preciso abordar una serie de teorías conocidas como **Teorías del Aprendizaje** y ahondar en evidencias históricas para relevar las visiones, aproximaciones y paradigmas que han tratado de comprenderlo.

El **conductismo** tiende a destacar el entorno del individuo, enfatiza las asociaciones que se dan entre los distintos inputs y outputs y que se manifiestan en un aprendizaje efectivo o ineficaz (Hohenstein y Manning, 2010). El **constructivismo** centra su atención en el individuo, quien utiliza su experiencia personal interna, activa y social durante el proceso de aprendizaje (Hohenstein y Manning, 2010) y en relación con la motivación para aprender. La **teoría cognitiva**, de manera contraria al conductismo, se enfoca en el individuo según distintos niveles de énfasis en el entorno social con los que interactúa (Hohenstein y Manning, 2010). Y, finalmente, la **teoría sociocultural** pone atención a las formas en que la cultura donde se desenvuelve el individuo, colabora en la apropiación de las formas de interacción aceptadas (Hohenstein y Manning, 2010).

Uno de los elementos más relevantes del aprendizaje es la experiencia previa del individuo y su contexto, por lo que es necesario establecer y comprender las conexiones entre los sujetos, lo que entienden y significan desde los contextos y las experiencias conectadas (Hohenstein y Manning, 2010).

Vosniadou y Ortony (1989) sugirieron que uno de los factores más importantes son las conexiones que se dan entre los distintos conceptos y modos de pensar, con las experiencias de aprendizaje de los individuos. Esto despierta el interés sobre que ocurre en un contexto diverso y heterogéneo, cuando las experiencias previas de las personas confluyen en un lugar, pero se encauzan en rutas de aprendizaje variadas y disímiles, como sucede en el caso chileno. Para averiguarlo, se indagará sobre lo que se aprende en el **Programa Académico de Bachillerato en la Universidad de Chile**.

El análisis es relevante debido a las altas tasas de deserción de los Programas Académicos de Bachillerato durante el primer año que los estudiantes cursan (SIES, 2020). Durante 2015, el Departamento de Pregrado de la Vicerrectoría de Asuntos Académicos de la Universidad de Chile informó que cerca de mil estudiantes abandonan la universidad durante el primer año (Huerta, 2016). El estudio mostró que el Programa Académico de Bachillerato posee una tasa de retención baja en comparación al resto de las carreras de la misma casa de estudios (Huerta, 2016). Dentro de las causas de deserción se encuentran “motivos de integración social académico-institucional (orden vocacional)”

y que “se proponen mecanismos para apoyar de mejor forma a los estudiantes” (Armanet, 2016, p.1). Es en este momento cuando resulta importante indagar en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de primer año universitario del Programa. La asignatura que se revisará corresponde a Física 1 debido a que corresponde a una de las disciplinas transversales y comunes en el área de las Ciencias del Programa, por lo que es necesario relevar y conocer las estrategias de evaluación y promoción de aprendizaje. Y también, porque es una asignatura del área de Ciencias y los Programas de Bachillerato en Ciencias presentan las tasas de deserción más altas entre todos los Programas de Bachillerato a nivel nacional: alrededor del 46% de la tasa de deserción en estudiantes de primer año (CNED, 2020). La información levantada en este estudio podrá servir para desplegar indicadores de índole cualitativo y cuantitativo que permita dar cuenta de lo que aprenden los estudiantes en esta área en específico.

La pregunta de investigación a responder en este ensayo es **¿Qué aprenden los estudiantes de primer año en la asignatura de Física 1 del Programa Académico de Bachillerato?** Para responderla se realizará una revisión de las competencias que se consideran cruciales para la formación científica, una revisión de un problema de una prueba y su resolución, y un análisis de datos cuantitativos que dan cuenta de los logros de aprendizaje alcanzado por los estudiantes al aplicar la pauta de corrección.

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

El **Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA)**, dirigido por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), analiza el rendimiento de los estudiantes a partir de evaluaciones estandarizadas que se realizan cada tres años y valorar internacionalmente las competencias alcanzadas. En este caso se pondrá atención en la evaluación internacional para el área de las ciencias.

En el marco de referencia del 2015/2018 construido por PISA, cuando se habla de alfabetización científica se refiere tanto al conocimiento de la ciencia como a la tecnología basada en la ciencia (OCDE, 2019). Esta requiere no sólo el conocimiento de los conceptos y las teorías, sino también el conocimiento sobre procedimientos y prácticas que se asocian a la investigación científica y cómo permiten el progreso de la ciencia (OCDE, 2019). Por esto la alfabetización científica se percibe como una competencia clave (Rychen y Salganik, 2001) y se define como la “capacidad de utilizar el conocimiento y la información de forma interactiva” (OCDE, 2019, p. 98; traducción propia).

La alfabetización científica se encuentra definida por tres competencias:

explicar los fenómenos, evaluar y diseñar investigación científica e interpretar datos y evidencia de manera científica. Cada una requiere distintos tipos de conocimientos que se encuentran definidos en este marco de referencia y son los siguientes:

1. Conocimiento del contenido: se refiere al conocimiento de los hechos, conceptos, ideas y teorías sobre el mundo natural que la ciencia ha establecido (OCDE, 2019). Es relevante para situaciones de la vida real, representa un concepto científico importante o una teoría explicativa importante que tiene gran utilidad y es apropiado para el nivel de desarrollo de los jóvenes de 15 años (OCDE, 2019).

2. Conocimiento procedimental: es el conocimiento de los conceptos y prácticas en los que se basa la investigación empírica (OCDE, 2019). Cobra relevancia cuando una persona desea emprender una investigación científica o participar de una revisión crítica de la evidencia, que se utiliza

como sustento de aseveraciones particulares (OCDE, 2019).

3. Conocimiento epistémico: alude a la comprensión del rol que tienen constructos específicos y características definitorias esenciales para el proceso de construcción del conocimiento científico (Duschl, 2008), por ejemplo hipótesis, observaciones y teorías. Proporciona una justificación para los procedimientos y prácticas en las que se involucran los científicos y es un soporte para creer en las afirmaciones que la ciencia realiza sobre el mundo natural (OCDE, 2019).

Los conocimientos procedimentales y epistémicos son necesarios para identificar preguntas que pueden ser sometidas a investigación científica y así juzgar si los procedimientos que se han utilizado son los apropiados, para asegurar que las afirmaciones emitidas se encuentren justificadas o que se puedan distinguir cuestiones científicas de valóricas, o económicas (OCDE, 2019). A lo largo de su vida, las personas necesitan adquirir conocimiento por medio de recursos como bibliotecas e internet, y es aquí donde ambos tipos de conocimientos son clave para que puedan evaluar los conocimientos disponibles (OCDE, 2019).

Como se mencionó con anterioridad, las competencias que definen a la alfabetización científica requieren de estos tipos de conocimientos. La competencia de explicar los fenómenos científicamente requiere más que la capacidad de recordar y utilizar teorías, ideas explicativas, información y hechos, es decir, conocimiento del contenido (OCDE, 2019). Dar explicaciones científicas a la comunidad requiere comprender cómo es que se ha obtenido tal conocimiento y el nivel de confianza asociado a este mismo, las personas deben conocer las formas y procedimientos estandarizados que se utilizan en la investigación científica, es decir, conocimiento procedimental, (OCDE, 2019). Y por último, se requiere comprender las justificaciones que validan el conocimiento producido por tales procedimientos, es decir, conocimiento epistémico (OCDE, 2019).

Evaluar y diseñar la investigación científica implica los tres tipos de conocimientos mencionados (OCDE,

2019). El conocimiento procedimental y epistémico otorgan la capacidad para evaluar las investigaciones científicas y decidir si los procedimientos utilizados son los apropiados, y permite decidir si las conclusiones obtenidas están justificadas (OCDE, 2019). La segunda función es que ambos permiten que los individuos puedan proponer, al menos en términos generales, cómo es que podría investigar de manera adecuada una cuestión científica (OCDE, 2019).

Interpretar datos y evidencia es una actividad fundamental en el quehacer de los científicos. Esta competencia se encuentra basada, en gran parte, en el conocimiento procedimental, pero no es suficiente. Un individuo necesita del conocimiento epistémico para poder juzgar si los procedimientos son apropiados y si las afirmaciones generadas a partir de estos procedimientos, se encuentran justificadas (OCDE, 2019). Además, la decisión sobre qué interpretación de los datos obtenidos es la mejor, requiere del conocimiento del contenido (OCDE, 2019). Una persona que posea una disposición crítica y escéptica hacia toda la evidencia empírica que se le presente, corresponde a la característica distintiva del científico profesional (OCDE, 2019).

En el marco de referencia elaborado por PISA en 2018, la competencia científica se caracteriza por tres aspectos interrelacionados: i) el **contexto**, que se entiende como los “problemas personales, locales/nacionales y globales, tanto actuales como históricos, que exigen cierta comprensión de la ciencia y la tecnología” (OCDE, 2019, p. 102; traducción propia); ii) el **conocimiento**, que es comprender los principales hechos, conceptos y teorías explicativas que dan forma a la base del conocimiento científico, y que incluye al conocimiento de contenido, procedimental y epistémico (OCDE, 2019); y iii) **las competencias**, entendidas como poder explicar fenómenos, evaluar y diseñar la investigación científica e interpretar datos y evidencia científicamente (OCDE, 2019).

PISA 2018 evalúa el conocimiento científico por medio de contextos que plantean cuestiones relevantes para cada plan de estudio de educación científica de los países que participan.

Sin embargo, dicha evaluación no se limita a los contextos científicos escolares ni corresponde a una evaluación de contextos (OCDE, 2019). En concreto, la evaluación considera competencias y conocimientos en contextos específicos, que se eligen según su relevancia para los intereses y la vida de los estudiantes; y debido a que corresponden a áreas en donde “la alfabetización científica tiene un valor particular para mejorar y mantener la calidad de vida y en el desarrollo de políticas públicas” (OCDE, 2019, p. 103; traducción propia). Es por esta razón que **los contextos se han categorizado en cinco aplicaciones distintas de ciencia y tecnología**, que son: salud y enfermedad, recursos naturales, calidad ambiental, riesgos y fronteras de la ciencia y tecnología.

Un concepto clave que se define en el marco de PISA 2018 es la **demanda cognitiva**, que suele confundirse con la dificultad asociada a cada ítem (OCDE, 2019). La diferencia entre ambos conceptos radica en que la dificultad del ítem se estima según la proporción de la población que rinde la evaluación y logra responder correctamente, mientras que la demanda cognitiva alude al tipo de procesamiento mental requerido en la resolución (Davis & Buckendahl, 2011). Considerando esto puede darse el caso de que un elemento pueda ser exigente debido a que requiere que una persona evalúe y relacione una variedad de elementos de conocimiento, sin embargo puede tener un bajo nivel de dificultad ya que cada uno de los conocimientos puede recordarse fácilmente (Brookhart & Nitko, 2011).

Norman Webb (1997) planteó la teoría de los **Niveles de Profundidad del Conocimiento**, que se desarrolló para abordar la brecha entre las evaluaciones y las expectativas de aprendizaje de los estudiantes (OCDE, 2019). Los niveles se determinan por la complejidad del contenido y de la tarea requerida y cada uno se caracteriza por un **conjunto de verbos que aluden a procesos cognitivos** (OCDE, 2019). De este modo, existen cuatro niveles: “[...] nivel 1 (recuerdo), nivel 2 (usando habilidades y/o conocimiento conceptual), nivel 3 (pensamiento estratégico) y nivel 4 (pensamiento extendido) [...]” (OCDE, 2019, p. 108; traducción propia). Este marco ofrece una **visión integral de las tareas de aprendizaje y evaluación**, y requiere que se analice tanto el contenido como el proceso cognitivo de cualquier tarea

que se desarrolle (OCDE, 2019). Este marco ha sido un soporte importante en la clasificación de conocimientos y competencias de PISA 2018.

A pesar de contar con el aporte de la teoría de Webb, aún existen desafíos para desarrollar elementos de evaluación basados en una jerarquía cognitiva (OCDE, 2019). Estos son:

1. El esfuerzo que se realiza para ajustar los elementos de la evaluación en marcos cognitivos particulares es demasiado grande, lo que podría llevar a elementos mal desarrollados (OCDE, 2019).
2. “Es posible que la demanda cognitiva pretendida y la verdadera no se hayan alineado, con marcos que definen metas rigurosas y exigentes cognitivamente, pero elementos que operan el estándar de una manera mucho menos exigente cognitivamente

[...]” (OCDE, 2019, p. 109; traducción propia).

3. Ante la ausencia de un marco cognitivo bien definido y entendido, el desarrollo y redacción podrían centrarse en la dificultad del ítem y, por lo tanto, utilizar una gama limitada de procesos cognitivos y tipos de conocimientos (OCDE, 2019).

En resumen, es importante **analizar qué conocimientos y competencias se evalúan en las asignaturas científicas**. Considerando lo expuesto para la alfabetización científica, a continuación se realizará una contextualización sobre la asignatura de Física 1 del Programa Académico de Bachillerato.



CONTEXTO EN BACHILLERATO

El Programa Académico de Bachillerato depende de la Vicerrectoría de Asuntos Académicos de la Universidad de Chile y conduce a la obtención del Grado Académico de Bachiller con mención en Ciencias Naturales y Exactas o en Humanidades y Ciencias Sociales. Además, le permite a los estudiantes con continuar sus estudios en las distintas carreras de la Universidad, gracias a un sistema de vacantes reservadas en todas las carreras (Programa Académico de Bachillerato, 2020).

La duración de los estudios es de cuatro semestres regulares. Dentro de su Plan de Estudios se encuentran 10 asignaturas comunes que se cursan durante el primer año y 10 asignaturas electivas, que se cursan durante el segundo.

Las asignaturas comunes para todos los estudiantes son Biología, Sociología, Psicología, Arte, Historia, Filosofía, Economía, Matemática, Química y Física; todas de carácter formativo. El objetivo es que “se obtenga una visión general actualizada de cada campo disciplinar” (Programa Académico de Bachillerato, 2020, p. 20). Estas

asignaturas se complementan con laboratorios, ayudantías y talleres. Es preciso indicar que las asignaturas de Física, Matemática y Química, dependiendo de si el estudiante opta por la mención en Ciencias Naturales y Exactas o en Humanidades y Ciencias Sociales, se ofrecen en distintos niveles de complejidad. Para obtener la mención en Ciencias Naturales y Exactas se debe cursar la asignatura Física 1.

El curso de Física 1 tiene como requisito haber aprobado la asignatura Matemática 1 y es coordinada por la profesora Orfa Reyes (Departamento de Física 1, 2019). La versión del curso que se revisará será la del segundo semestre de 2019. Durante el período mencionado, la asignatura contempló actividades de cátedra, ayudantías y laboratorios, donde las horas de trabajo por semana indicada para la dos primeras fueron 3 y 1,5, respectivamente, mientras que la última se desarrolló mediante seis sesiones semanales presenciales de 3 horas cada una (Departamento de Física 1, 2019).

El objetivo general de la asignatura es “[...] entregar al estudiante de

Bachillerato en Ciencias una visión panorámica de la Mecánica que le permita una mejor comprensión e interpretación de los fenómenos naturales, vincular y aplicar dichos conocimientos en otras áreas del saber y desarrollar una mayor y mejor capacidad de análisis y síntesis [...]” (Departamento de Física 1, 2019, p.2). El programa enfatiza elementos teóricos en la formulación de leyes y principios, a través del uso del lenguaje matemático para simplificar el estudio, comprensión e interpretación de los contenidos del curso. En cuanto a las sesiones de laboratorio y ayudantía, se busca que el estudiante aplique “la teoría a la solución de problemas concretos, tanto teóricos como experimentales según sea el caso” (Departamento de Física 1, 2019, p.2).

La asignatura posee objetivos específicos orientados a que el estudiante pueda analizar diferencias entre cantidades escalares y vectoriales, aplicar el álgebra vectorial al estudio de la estática, cinemática y dinámica, analizar los principios de la mecánica clásica para que su organización estructural facilite el estudio de otras disciplinas.

ESTRUCTURA DEL CURSO FÍSICA 1

La asignatura se basa en la exposición teórica de los contenidos y, si corresponde, se complementa con ejemplos y apoyo de material audiovisual (Departamento de Física 1, 2019). La actividad de cátedra se desarrolla en dos sesiones semanales de 90 minutos y las ayudantías son para resolver guías de ejercicios. En las sesiones de laboratorio se realizan grupos de trabajo, duran tres horas por sesión y están destinadas al aprendizaje de “técnicas experimentales de medición y procesamiento de información, en base a planteamientos empíricos relacionados con el contenido conceptual del curso” (Departamento de Física 1, 2019, p. 8). En el segundo semestre de 2019, los estudiantes fueron distribuidos en cuatro secciones: A, B, C y D. Cada una estaba dividida en dos grupos: A1, A2, B1, B2, sucesivamente.

Para esta investigación el foco estará en la cátedra y en los contenidos de la **unidad de Dinámica**, que forma parte del segundo eje de contenidos/saberes indicados en la versión del segundo semestre de 2019. Los contenidos corresponden a **las leyes del movi-**

miento, movimiento circular y otras aplicaciones de las leyes de Newton, trabajo y energía, y por último, energía potencial y conservación de la energía (Departamento de Física 1, 2019).

Los resultados de aprendizaje son que el estudiante aplique los principios de Newton en el análisis de **las causas de movimiento de un cuerpo sometido a un sistema de fuerzas**; que reconozca y comprenda que el segundo principio no es una definición de fuerza, sino una **ecuación vectorial de evolución de un sistema dinámico**; que identifique y analice todas las fuerzas involucradas sobre una masa en particular y determinar las ecuaciones de movimiento asociadas al problema, entre otros.

Al considerar los aprendizajes y contenidos/saberes cabe preguntarse: ¿Cómo se evalúan los contenidos en el curso de Física 1 del Programa Académico de Bachillerato? Para responderla es preciso indicar que la metodología de evaluación, particularmente de la cátedra, se basa en pruebas individuales y escritas, donde el estudiante debe elaborar una

respuesta a un problema físico. La evaluación presenta tres problemas y se espera que el estudiante resuelva cada uno y los incisos asociados, en 90 minutos. Luego, los docentes determinan el puntaje obtenido en cada pregunta y, posteriormente, asignan una calificación en cada problema. La asignación de puntaje se encuentra fundamentada en una rúbrica, que contiene una serie de incisos que dan distintos puntajes según el desarrollo de cada problema. Los incisos corresponden a un conjunto de habilidades que se espera que el estudiante manifieste en la evaluación. Finalmente, se califica como el promedio simple entre lo obtenido en cada uno de los problemas. Se entiende que un estudiante aprueba la evaluación si obtiene una calificación mayor o igual a 4,0, en caso contrario reprueba la evaluación.

ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN

La intención de este ensayo no es ahondar en un análisis de la Prueba Parcial 2, sino revisar los indicadores de logros de aprendizaje en Mecánica, tema que se aborda en el problema 1 de la evaluación.

La realización de la Prueba Parcial 2 de Física 1 ocurrió en el contexto del estallido político-social d de 2019, que marcó de manera significativa la vida de docentes y estudiantes. Por lo ocurrido, se postergó la fecha de la evaluación con la finalidad de empatizar con la situación que se estaba viviendo en el país.

Hay que recordar que la **resolución de problemas** suele confundirse con la **resolución de ejercicios**. Lo primero corresponde a un “[...] proceso utilizado para obtener la mejor respuesta a una incógnita, sujeto a algunas limitaciones [...]” (Mourtos, Dejong & Rhee, 2004, p. 1; traducción propia), mientras que lo segundo “implica un proceso para obtener una única respuesta correcta para los datos proporcionados” (Mourtos, Dejong & Rhee, 2004, p.2; traducción propia). El problema que se abordará posee características de ambos dominios.

La tabla 1 presenta las diferencias entre ambos, de ahí que se puede decir que el problema de 1 de la Prueba Parcial 2 de Física (en la Figura 1) implicó un proceso para obtener la mejor respuesta a una incógnita, con algunas limitaciones. Que presenta una situación bien definida, una declaración explícita del problema con toda la información necesaria. El planteamiento del ejercicio permite guiar al estudiante sobre las maneras de abordar el ejercicio, lo que implica que puede haber más de un enfoque para resolverlo.

En este tipo de problemas puede ser necesario integrar una variedad de conocimientos y requiere de habilidades de comunicación oral y/o escrita para transmitir la esencia del problema y presentar los resultados.

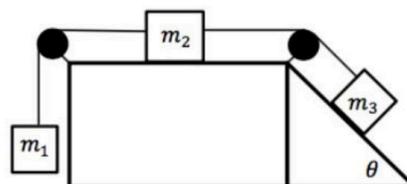
Tabla 1

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS		RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS
1	Proceso utilizado para obtener la mejor respuesta a una incógnita, sujeto a algunas limitaciones.	Implica un proceso para obtener una única respuesta correcta para los datos proporcionados.
2	La situación está mal definida. No hay ningún enunciado del problema y existe ambigüedad en la información. Los estudiantes deben definir el problema por sí mismos. Se deben hacer suposiciones sobre lo que se sabe y lo que se necesita encontrar.	La situación está bien definida. Hay una declaración explícita del problema con toda la información necesaria (conocida y desconocida).
3	El contexto del problema es nuevo (es decir, el estudiante nunca se ha encontrado con esta situación antes)	El alumno ha encontrado ejercicios similares en libros, en clase o en la tarea.
4	No hay una declaración explícita en el problema que le diga al estudiante qué conocimiento, técnica o habilidad usar para resolver el problema.	Los ejercicios a menudo prescriben supuestos que se deben hacer, principios que se deben usar y, a veces, incluso dan pistas.
5	Puede haber más de un enfoque válido.	Por lo general, hay un enfoque que da la respuesta correcta.
6	El algoritmo para resolver el problema no está claro.	Un método habitual es recordar soluciones familiares de ejercicios previamente resueltos.
7	Puede ser necesaria la integración de conocimientos de una variedad de temas para abordar todos los aspectos del problema.	Los ejercicios involucran un tema y en muchos casos, sólo un tema del problema.
8	Requiere fuertes habilidades de comunicación oral y escrita para transmitir la esencia del problema y presentar los resultados.	Las habilidades de comunicación no son esenciales, ya que la mayor parte de la solución involucra matemáticas y bocetos.

Extraída y Adaptada de Mourtos, Dejong & Rhee (2004)

Figura 1

Los tres bloques de la figura están conectados por medio de cuerdas sin masa que pasan por poleas sin fricción. El plano inclinado tiene ángulo θ conocido y solo existe roce dinámico en la superficie de este plano inclinado, con coeficiente de roce cinético igual a μ (en el plano horizontal no existe roce). Si el sistema se encuentra en movimiento bajo la presencia de la aceleración de gravedad de magnitud g , determine:



- Las tensiones en las cuerdas.
- La aceleración del sistema.

Los indicadores de logros de aprendizajes se declararon en una rúbrica (tabla 2) y la pauta de evaluación se elaboró en base a 13 indicadores de logros de aprendizajes agrupados en cuatro categorías. Dos de éstas, asociadas a **Resoluciones Genéricas** de problemas de Mecánica y **Aspectos de Forma**, referidos a comunicar verbal y matemáticamente la resolución del problema (Hestenes, 1986). Las otras dos categorías evalúan lo solicitado en los incisos a) y b), es decir, la determinación de las tensiones y aceleración, respectivamente. De los 13 objetivos declarados por el Departamento de Física 1 en el programa de la asignatura, se observa que tres están relacionados con los aprendizajes de conocimientos y/o habilidades que se esperan que los estudiantes alcancen con este problema.

A partir de estos objetivos, los indicadores 1, 2, 3 y 4 de la rúbrica para el problema 1 de la Prueba Parcial 2, están asociados al objetivo del programa de la asignatura ("Identifica y analiza todas las fuerzas involucradas actuando sobre una masa en particular"). Desde esa mirada, se requiere consistencia en tanto no se especifican los agentes (objetos materiales) que interactúan y que se interpretan como fuerzas que se ejercen entre dos objetos. La marca textual "actuando" despersonaliza y no esclarece que las fuerzas son interacciones de pares (fuerzas de acción-reacción). A su vez, esta afirmación presupone la existencia de que son las fuerzas las que tienen agencia propia para producir interacciones sobre una masa, y no como una posible interpretación física en relación con la explicación causal que se dan entre objetos dinámicos (y estáticos). De esta manera, los indicadores 1,2,3 y 4 requieren ser alineados y para ello se invita a ahondar en la conceptualización y operacionalización de habilidades asociadas a representar en múltiples formas. Por otro lado, los indicadores 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se asocian al objetivo "Determinar las ecuaciones de movimiento asociadas al problema" del programa de la asignatura.

Al revisar los indicadores de Resoluciones Genéricas se puede notar que está compuesto por nueve indicadores, agrupados en cuatro categorías, en el que cada una de éstas refiere a un verbo en específico. En otras palabras, a un proceso cognitivo específico (Anderson & Krathwohl, 2001).

Tabla 2

Resoluciones genéricas		
1	Representa en el diagrama el sistema de referencia que utilizará a lo largo de la resolución del ejercicio.	2
2	Representa mediante un diagrama de cuerpo libre, las fuerzas que actúan sobre la masa, indicando su origen, dirección y sentido.	4 (2 pts por fuerza).
3	Representa mediante un diagrama de cuerpo libre, las fuerzas que actúan sobre la masa, indicando su origen, dirección y sentido.	8 (2 pts por fuerza).
4	Representa mediante un diagrama de cuerpo libre, las fuerzas que actúan sobre la masa, indicando su origen, dirección y sentido.	8 (2 pts por fuerza).
5	Menciona que la aceleración de las masas tiene la misma magnitud y que corresponde a la aceleración del sistema (o alguna variante que permita dar cuenta de aquello).	2
6	Plantea las ecuaciones que definen la sumatoria de fuerzas para la masa, expresándolas para cada eje según el sistema de referencia utilizado, siendo consistente con la dirección de la aceleración de la masa m (por ejemplo, igual a 0 según corresponda).	2 (2 pts por componente).
7	Plantea las ecuaciones que definen la sumatoria de fuerzas para la masa, expresándolas para cada eje según el sistema de referencia utilizado, siendo consistente con la dirección de la aceleración de la masa m (por ejemplo, igual a 0 según corresponda).	4 (2 pts por componente).
8	Plantea las ecuaciones que definen la sumatoria de fuerzas para la masa, expresándolas para cada eje según el sistema de referencia utilizado, siendo consistente con la dirección de la aceleración de la masa m (por ejemplo, igual a 0 según corresponda).	4 (2 pts por componente).
9	Relaciona mediante una expresión matemática la fuerza de roce con la componente de la normal de la masa según el sistema de referencia usado.	3
Inciso a		
10	Determina una expresión para la tensión de la cuerda que conecta con integrando de manera lógica y coherente las ecuaciones de fuerzas (sumatoria de fuerzas para las masas) de ambas componentes (x e y) y lo expresa en términos de las variables conocidas del problema.	6
11	Determina una expresión para la tensión de la cuerda que conecta con integrando de manera lógica y coherente las ecuaciones de fuerzas (sumatoria de fuerzas para las masas) de ambas componentes (x e y) y lo expresa en términos de las variables conocidas del problema.	6
Inciso b		
12	Determina una expresión para la aceleración del sistema, integrando las ecuaciones de fuerzas de las masas en ambas componentes (eje) y lo expresa en términos de g , y de las masas de los bloques.	6
Aspectos de forma		
13	Explica su desarrollo demostrando una correcta integración entre el dominio verbal y el dominio matemático.	5

Indicadores 1, 2, 3 y 4

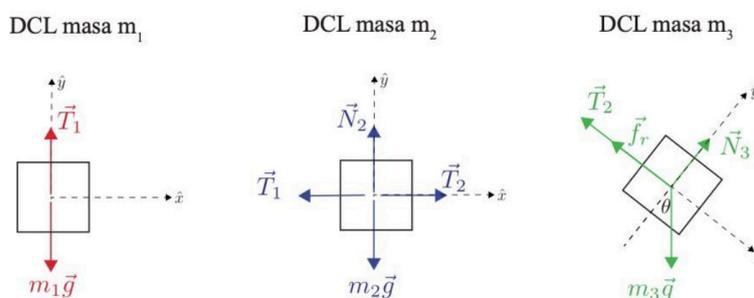
La primera categoría da cuenta del proceso cognitivo que implica que los estudiantes representen **el sistema de referencia y los diagramas de cuerpo libre**. El indicador 1 está asociado con el conocimiento disciplinar sobre sistemas de referencia y sistemas de coordenadas. Dada la evidencia de la falta de comprensión que tienen los estudiantes del significado de los sistemas de referencia (Hosson, Kermen & Parizot, 2010), estos indicadores son relevantes: que los estudiantes aprendan a seleccionar y a utilizar los sistemas de coordenadas es fundamental para

el modelado físico y la resolución de problemas que realizan (Volkwyn, Gregorcic, Airey & Linder, 2020). Los indicadores 2, 3 y 4 se centran en aplicar las **Leyes de Newton** mediante la **representación de las interacciones por medio de un diagrama de fuerzas o de cuerpo libre**. Este indicador es importante ya que se ha visto que aquellos estudiantes que usan una variedad de representaciones en la resolución de problemas, se aproximan mejor a los expertos en Física, quienes habitualmente en el análisis de un problema, crean una diversidad de representaciones (Reif & Heller, 1982). Este tipo de representación requiere

que los estudiantes muestren las fuerzas como descripciones detalladas de las interacciones entre cuerpos (Tuerer, 2003). Dado que el uso del lenguaje especializado en Física (Doran, 2018) juegue un papel tan crucial en su aprendizaje, este indicador se hipotetiza para evaluar el uso de los símbolos de fuerza y su representación vectorial. Es decir, evaluar en qué medida un estudiante es capaz de representar abstractamente diferentes tipos de interacciones, en particular: tensiones y normales, fuerzas de roces tal como se muestra en la solución del problema desarrollada por el equipo docente (Figura 2).

Figura 2

Imponiendo que el sistema se mueva hacia la derecha, se tiene el diagrama de fuerzas para cada masa que se muestra a continuación **Indicador 2, 3 y 4**



Indicador 5

Este indicador busca que los estudiantes sean capaces de mencionar que la aceleración de las masas m_1 , m_2 y m_3 tienen la misma magnitud y que ésta corresponde a la aceleración del sistema. Un aspecto relevante a considerar es el uso del verbo "mencionar". En ese sentido, su redacción podría ser confusa porque no explicita el proceso cognitivo que se espera que logren los estudiantes. Al mismo tiempo, no queda en claridad si se refiere a un dominio verbal, matemático, visual o a la integración de éstos. Si bien dice "o alguna variante

que permita dar cuenta de algo", sigue siendo difuso lo que está evaluando, lo que puede presentar problemas de medición. La Figura 3 muestra la solución que es esperada.

Tal como se lee, lo que en realidad evalúa este criterio no sería necesariamente que los estudiantes mencionen "que la aceleración de las masas tiene la misma magnitud y que corresponde a la aceleración del sistema", sino más bien que sea capaces de construir y utilizar un modelo de causa y efecto en un sistema. Analizando el proceso cognitivo, se espera que los estudiantes

expliquen mediante una construcción de un modelo de causa y efecto, que incluyan las partes principales de un sistema o cada evento principal de la cadena, y que se use dicho modelo para determinar cómo cambió una parte del sistema o cómo un "eslabón" de esta cadena se vio afectado por el cambio en otra parte (Anderson & Krathwohl, 2001). Este criterio releva la condición geométrica y su relación con la dinámica de los objetos, limitada a desplazarse a lo largo de la dirección de las cuerdas, proceso que podría ser difícil para estudiantes de primer año de universidad (Hung & Jonassen, 2006).

Figura 3

El sistema de referencia con el que se resolverá el problema, se encuentra representado en la misma figura **Indicador 1**. Además, como los cuerpos vienen conectados por una cuerda ideal y, por tanto, se mueven juntos recorriendo las mismas distancias en los mismos tiempos, entonces la magnitud de la aceleración es la misma para las tres masas, es decir, $a_1 = a_2 = a_3 = a$, con a_1 , a_2 y a_3 la aceleración de las masas m_1 , m_2 y m_3 respectivamente **Indicador 5**.

Indicadores 6, 7 y 8

Estos indicadores se refieren a que los estudiantes planteen las ecuaciones que definen la sumatoria de fuerzas para las masas m_1 , m_2 y m_3 , y las expresen en cada eje, según el sistema de referencia utilizado. Para ello deben ser consistentes con la dirección de la aceleración para cada una de las masas. Estos indicadores pueden ser importantes ya que muestran que los símbolos que expresan la naturaleza física de una magnitud, están organizados y pueden relacionarse con otras magnitudes. En otras palabras, los símbolos vectoriales que expresan las interacciones descritas en los diagramas de cuerpo libre, permiten a los estudiantes crear un **modelo de organización gramatical**, es decir, ecuaciones que dan cuenta de un proceso que permite establecer relaciones, conexiones y expresiones con otras ecuaciones más complejas. Estos indicadores evalúan que los estudiantes apliquen la **segunda Ley de Newton** correctamente. La solución esperada se encuentra en la Figura 4.

Es relevante estudiar la dependencia de los indicadores 6, 7 y 8 con los indicadores 1, 2, 3 y 4 debido a que se espera que la resolución sea consistente con los diagramas indicados al comienzo por cada uno de los estudiantes y con sistema de referencia. Sin embargo, también es importante ver que el grado de dependencia entre los indicadores podría ser problemático en el proceso de evaluación debido a que la asignación del puntaje en los indicadores 6, 7 y 8 se hace en función de los indicadores 2, 3 y 4, y éstos, a su vez, requieren de la especificación

Indicador 9

El último indicador del grupo de Resoluciones Genéricas busca dar cuenta de si los estudiantes pueden relacionar mediante una expresión matemática, la fuerza de roce con la componente de la fuerza normal de m_3 , según el sistema de referencia usado. Este indicador presenta un grado de dependencia con los indicadores 1, 2, 3 y 4 porque debe existir una relación entre lo representado (por medio de diagramas) y lo planteado en sus ecuaciones. Es crucial notar que, al igual que en los indicadores 6, 7 y 8, existe un grado de dependencia con los primeros indicadores, debido a que si un estudiante presenta tal relación, pero no es consistente con los diagramas y el sistema de referencia presentado, no obtendrá el puntaje esperado. Otro escenario que podría darse sería que un estudiante no logre lo estipulado

del sistema de referencia que define un estudiante al intentar resolver el problema. Esto podría provocar que en el caso de que los estudiantes no hayan obtenido puntaje en los indicadores anteriores, no presenten puntaje para este indicador, debido a que no habría consistencia con el sistema de referencia y los diagramas. Dada la dependencia entre indicadores, hay que comprender que no es una casualidad que el indicador 1 tenga incorporada la frase "... que [el estudiante] utilizará a lo largo de la resolución del ejercicio". Esto significa que lo que se espera es que no sólo incluya un sistema de referencia,

sino que también se espera que éste sea consistente con el desarrollo del problema. Si dicho indicador no tuviera la indicación anterior, se podría generar una situación en donde esté presente un sistema de referencia totalmente distinto al que utilizó en la resolución de problema (que igual se releva en los indicadores 6, 7 y 8). Entonces, es en este aspecto en donde se debería cuestionar si la evaluación está enfocada en ver si el estudiante es capaz de representar sistemas de referencia o si es capaz de representar un sistema de referencia durante toda la resolución del ejercicio para que sea consistente con lo propuesto.

Figura 4

Ahora bien, escribiendo las ecuaciones de movimiento en el eje \hat{y} para m_1 (en el otro eje no actúan fuerzas sobre este bloque), se tiene **Indicador 6**

$$T_1 - m_1g = m_1a \quad (\text{eje } \hat{y}) \quad (1.1)$$

Donde T_1 es la magnitud de la tensión de la cuerda que conecta masas m_1 y m_2 , m_1g es la magnitud del peso de la masa m_1 y a es la magnitud de la aceleración de gravedad.

De manera análoga, se tiene que la sumatoria de fuerzas para la masa m_2 son **Indicador 7**

$$T_2 - T_1 = m_2a \quad (\text{eje } \hat{x}) \quad (1.2)$$

$$N_2 - m_2g = 0 \quad (\text{eje } \hat{y}) \quad (1.3)$$

Donde T_2 es la magnitud de la tensión de la cuerda que conecta masas m_2 y m_3 , m_2g es la magnitud del peso de la masa m_2 y N_2 es la magnitud de la fuerza normal.

Finalmente, se tiene que la sumatoria de fuerzas para la masa m_3 son **Indicador 8**

$$m_3g \sin \theta - T_2 - f_r = m_3a \quad (\text{eje } \hat{x}) \quad (1.4)$$

$$N_3 - m_3g \cos \theta = 0 \quad (\text{eje } \hat{y}) \quad (1.5)$$

Donde f_r es la magnitud de la fuerza de roce entre las superficies del plano inclinado con la de la masa m_3 , $m_3g \sin \theta$ y $m_3g \cos \theta$ son las componentes de la magnitud del peso de la masa m_3 en el eje \hat{y} y \hat{x} respectivamente, y N_3 es la magnitud de la fuerza normal de m_3 .

en los primeros indicadores, de este modo no tendría una manera de poder obtener el puntaje asociado a este indicador.

Indicadores 10, 11 y 12

En lo concerniente al **inciso a)**, estos indicadores miden si los estudiantes son capaces de determinar una expresión para las tensiones de las cuerdas que conectan a las distintas masas, integrando de manera lógica y coherente las ecuaciones de fuerzas de ambas componentes y que lo expresan en términos de las variables conocidas del problema. El indicador del **inciso b)** evalúa que los estudiantes determinen una expresión para la aceleración del sistema, integrando las ecuaciones de fuerzas de las masas en ambas componentes y lo expresen en términos de las variables conocidas del problema. En la Figura 5 se muestra

la solución esperada donde, mediante la integración del dominio verbal, se integran las ecuaciones de proceso (1.1), (1.2) y (1.3) para la determinación de la magnitud de la aceleración del sistema en términos de las variables conocidas por el problema que se relevan en los indicadores 10, 11 y 12.

Indicador 13

Este indicador corresponde a la categoría **Aspectos de Forma** y evalúa que los estudiantes expliquen su desarrollo demostrando una correcta integración entre el dominio verbal y matemático. Esto implica que sean capaces de representar la información y el conocimiento (Ornit, 2008). La integración entre el dominio verbal con el matemático es propio de la Física, cuya expresiones están mediadas por un lenguaje multimodal (Parodi, 2010; Doran, 2018). Luego, se espera que los

Figura 5

estudiantes a lo largo de su resolución del problema puedan ser capaz de integrar sus explicaciones matemáticas.

En conclusión, **los indicadores de aprendizaje pueden ser agrupados en cuatro habilidades específicas:** (i) habilidad para representar (1, 2, 3 y 4); (ii) habilidad para establecer relaciones, conexiones y expresiones en otras más complejas (6, 7 y 8); (iii) habilidad para integrar de manera lógica y coherente ecuaciones de proceso (10, 11 y 12); y, (iv) habilidad para comunicar y explicar (13, 9 y 5).

Sumando las ecuaciones (1.1), (1.2) y (1.6), se tiene la magnitud de la aceleración a del sistema

Indicador 12

$$-m_1g + m_3g \sin \theta - \mu m_3g \cos \theta = a(m_3 + m_2 + m_1) \quad (1.7)$$

$$a = \frac{m_3g \sin \theta - \mu m_3g \cos \theta - m_1g}{m_3 + m_2 + m_1} \quad (1.8)$$

Reemplazando la magnitud de la aceleración de la ecuación (1.8) en la ecuación (1.1), se obtiene la magnitud de la tensión T_1 **Indicador 10**

$$T_1 = m_1 \left(\frac{m_3g \sin \theta - \mu m_3g \cos \theta - m_1g}{m_3 + m_2 + m_1} \right) + m_1g \quad (1.9)$$

$$= m_1 \left(\frac{m_3g \sin \theta - \mu m_3g \cos \theta + m_3g + m_2g}{m_1 + m_2 + m_3} \right) \quad (1.10)$$

Por simplificar en el algebra, se suma la ecuación (1.1) con (1.2) para luego reemplazar la aceleración a de la ecuación (1.8), obteniendo la tensión T_2 **Indicador 11**

$$T_2 - m_1g = (m_1 + m_2)a \quad (1.11)$$

$$T_2 = (m_1 + m_2)a + m_1g \quad (1.12)$$

$$= (m_1 + m_2) \left(\frac{m_3g \sin \theta - \mu m_3g \cos \theta - m_1g}{m_3 + m_2 + m_1} \right) + m_1g \quad (1.13)$$

RESULTADOS DE APRENDIZAJE EN PRUEBA PARCIAL 2 / PREGUNTA 1

La información levantada y las evidencias cuantitativas de las puntuaciones de los estudiantes del primer año de Bachillerato, permitirán responder la pregunta inicial. Los resultados que se darán a conocer en este estudio se presentan de forma agregada, agrupando a toda la comunidad educativa. En la Tabla 3 se exponen los resultados generales por indicador para una muestra compuesta por N=112 estudiantes.

Como se detalló, los resultados de aprendizaje de los indicadores desplegados en la Tabla 3, pueden ser agrupados habilidades específicas: (i) **habilidad para representar (1, 2, 3 y 4)**; (ii) **habilidad para establecer relaciones, conexiones y expresiones en otras más complejas (6, 7 y 8)**; (iii) **habilidad para integrar de manera lógica y coherente ecuaciones de proceso (10, 11 y 12)**; y (iv) **habilidad de los estudiantes para comunicar y explicar (13, 9 y 5)**.

Tabla 3. Resultados generales por indicador (elaboración propia)

Indicador	n	Promedio	Desviación estandar	Mínimo	Máximo	Máximo puntaje por indicador
1	112	1,875	0,486	0	2	2
2	112	3,732	0,986	0	4	4
3	112	7,589	1,614	0	8	8
4	112	7,554	1,559	0	8	8
5	112	1,607	0,798	0	2	2
6	112	1,589	0,812	0	2	2
7	112	3,339	1,298	0	4	4
8	112	3,179	1,409	0	4	4
9	111	2,486	1,135	0	3	3
10	108	2,694	2,984	0	6	6
11	108	2,556	2,981	0	6	6
12	109	3,413	2,985	0	6	6
13	111	2,342	2,506	0	5	5

En virtud de lo anterior, en la Tabla 4 se muestra el estadístico **Alfa de Cronbach** (Field, 2013), que da cuenta de la confiabilidad de estos indicadores agrupados en las categorías anteriores. Tal como se aprecia, las habilidades evaluadas que presentan buenos indicadores de consistencias corresponde a las habilidades para

representar ($\alpha=0.85$), establecer relaciones, conexiones y expresiones en otras más complejas ($\alpha=0.86$) y para integrar de manera lógica y coherente ecuaciones de proceso ($\alpha=0.94$). Por el contrario, **la habilidad para comunicar y explicar es el único grupo que presenta un coeficiente de consistencia interna bajo** el

umbral aceptado ($\alpha=0.45$). Por lo tanto, hubiera sido pertinente evaluar su pertinencia en la estimación del puntaje global de los estudiantes. En otras palabras, la baja consistencia de estos tres indicadores podría sesgar los promedios para esta pregunta.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos para el grupo de habilidades (elaboración propia)

HABILIDAD	ALFA DE CRONBACH
Habilidad para representar.	0.85
Habilidad para establecer relaciones, conexiones y expresiones más complejas.	0.86
Habilidad para integrar de manera lógica y coherente ecuaciones de proceso.	0.94
Habilidad de los estudiantes para comunicar y explicar.	0.45

Dominio asociado a la habilidad para representar (1, 2, 3 y 4)

Este dominio es el que mejores resultados de aprendizaje tuvo en términos generales. En el indicador 1, que da cuenta de la representación del sistema de referencia, el 94% de los estudiantes tuvo el puntaje máximo (4 puntos), es decir, este indicador no presentó mayores problemas. Esto era esperable ya que es un eje que se enseña sistemáticamente. En cuanto a los indicadores 2 y 4, el 93% de los estudiantes obtuvo el puntaje en cada indicador (4 puntos y 8 respectivamente), lo que da cuenta que los estudiantes de este contexto fueron capaces de representar todas las fuerzas que interactúan sobre el objeto de masa y masa.

Finalmente, el único indicador que presentó un porcentaje inferior corresponde al indicador 3, en que el 88% de la muestra tuvo el puntaje máximo. Es posible atribuir esto a que para dar cuenta de las fuerzas para la masa, los estudiantes necesitan mayor comprensión de la representación de fuerzas: es decir, se enfrentaron a un escenario nuevo donde el sistema se encontraba en un plano inclinado. Esto sugiere que se deben crear mayores instancias para que logren adquirir estos aprendizajes.

Dominio asociado a la habilidad para establecer relaciones, conexiones y expresiones en otras más complejas (6,7 y 8)

Este fue el segundo dominio con mejores resultados de aprendizaje e. Se tiene que para el indicador 6 ($M=1.59$; $DS=0.81$), sobre el planteamiento de ecuaciones que definen las ecuaciones de proceso para la masa en ambas coordenadas, el 71% de los estudiantes tuvo el puntaje máximo (4 puntos). Es decir, los estudiantes son capaces de representar correctamente las ecuaciones de proceso en más de un eje. Un 21% restante de estudiantes no logró expresar las ecuaciones de forma correcta en ninguno de los ejes coordenadas.

En el indicador 7 ($M=3.34$; $DS=1.30$), un 77% de los estudiantes obtuvo también el puntaje máximo. Sin embargo, un 13% sólo fue capaz de escribir correctamente una de las ecuaciones de proceso en uno de los ejes y un 10% no fue capaz de escribir correctamente las ecuaciones en ninguno de los ejes.

Finalmente, al igual que en el dominio anterior, el indicador 8 ($M=3.18$; $DS=1.41$) presentó deficiencias: un 71% de los estudiantes logró dar cuenta correctamente de las ecuaciones de proceso para ambos ejes, un 16% sólo para un eje y un 12% en ninguno de los

ejes de movimiento. Estos resultados requieren ser analizados y estudiados de forma profunda mediante un análisis situado de las pruebas.

Dominio asociado a la habilidad para integrar de manera lógica y coherente ecuaciones de proceso (10, 11 y 12)

Este dominio resultó fue el menos logrado y en el que se produjeron los mayores quiebres en términos de las percepciones de los estudiantes. El indicador 12 ($M=3.41$; $DS=2.98$), que determina la aceleración del sistema, obtuvo la mayor proporción de puntaje máximo alcanzado. Un 57% logró determinar e integrar las ecuaciones para expresar la aceleración en términos de las variables del problema, mientras que el 43% restante no pudo hacerlo. Que este indicador haya sido el más logrado de los tres puede explicarse a que se enseña de forma explícita, tanto en cátedra como en ayudantía.

Por el contrario, los indicadores 10 ($M=2.69$; $DS=2.98$) y 11 ($M=2.56$; $DS=2.98$) tuvieron los resultados más bajos, sólo un 44% y 43% de los estudiantes logró el puntaje máximo. Esto se debe a que los estudiantes que tuvieron puntaje 0 en estos indicadores, no especificaron las tensiones en términos de las variables del problema. No obstante, este indicador oscurece la

posibilidad de que un estudiante haya sido capaz de integrar las ecuaciones, pero sólo no expresó las magnitudes en términos de las variables dadas por el planteamiento del ejercicio. En esa línea, estos indicadores podrían ser disgregados en logros de aprendizaje más específicos. En definitiva, con estos resultados no es posible desplegar indicadores de aprendizaje que permita a los docentes identificar problemas de enseñanza.

Dominio asociado a la habilidad habilidades de comunicación (5, 9 y 13)

Los indicadores 5 ($M=1.59$, $DS=0.79$) y 9 ($M=2.48$, $SD=1.14$) presentaron mejores resultados de aprendizaje en comparación con el indicador 13 ($M=2.34$; $SD=2.51$). En particular, un 80% y 83% de los estudiantes obtuvo el puntaje máximo en los indicadores 5 y 9 y solamente un 47% lo obtuvo en el indicador 13, observándose que un 53% tuvo puntaje 0 en este último indicador. Tomando las voces de los estudiantes, este último indicador tiende a generar confusión debido a que se concibe como uno en el que sólo se deben utilizar conectores entre las ecuaciones matemáticas que se plantean. Sin embargo, requiere que los estudiantes sean capaces de dar coherencia y cohesión a su resolución de manera verbal y matemática. Esto indica que se requiere explicitar este tipo de competencias dentro de la enseñanza de Física.

A modo de resumen, de este análisis se releva la importancia de promover prácticas docentes de andamiaje en la tarea de resolución de problemas/ ejercicios, el pensamiento crítico que permita a los estudiantes explicar y comunicar científicamente y que los ayude a integrar diversas fuentes de conocimiento. En ese sentido, surge una reflexión en lo que concierne a las habilidades que se promueven en las actividades de cátedra, que pueden ser complementadas con las actividades de ayudantía y laboratorio, que a su vez también persiguen propósitos determinados.

DISCUSIÓN

El análisis de los indicadores de logros de aprendizaje de los estudiantes de primer año en el curso de Física 1 del Programa de Bachillerato, es relevante pues permite comprender las estrategias, supuestos y conceptualización de lo evaluado en la asignatura. Si bien este estudio es de interés particular para la comunidad educativa, es pertinente en cuanto a las evaluaciones estandarizadas, ver en qué medida estos indicadores, que se basan en una evaluación normalizada de los aprendizajes, miden lo que aprenden los estudiantes.

Es importante entender la relación entre aprendizaje e inteligencia. Si se toma el puntaje total obtenido en la resolución de un problema/ejercicio, es probable que se asocie un puntaje bajo a una baja inteligencia y viceversa. Esto puede dar cuenta de que la estandarización de las evaluaciones podría generar un línea de pensamiento factual, que relacione los indicadores de logro con la inteligencia. Un cuestionamiento sustancial que deriva de esto es ¿se promueve que los estudiantes de primer año aprendan Física y que estos aprendizajes sean medidos y "certificados" por medio de una evaluación estandarizada? ¿Es posible relevar niveles de la inteligencia de los estudiantes, de sus capacidades, habilidades y conocimientos?

Diferentes estudios resaltan que la inteligencia no es un fenómeno observable directamente (como tampoco lo sería el aprendizaje) y que ésta resulta de la historia de las interacciones entre los sujetos. Por lo tanto, no es una propiedad atribuible a una persona como característica inherente. Más bien, según Maturana (2006), de lo que se debería dar cuenta es sobre **los comportamientos inteligentes en un determinado contexto**.

Luego, ¿en qué medida los indicadores de evaluación, que presuponen una estandarización en las puntuaciones de los logros de aprendizaje, responden a la heterogeneidad de Bachillerato? ¿Se hace cargo de relevar y medir aprendizajes en estudiantes que tienen diferentes preferencias? ¿En qué medida se hace cargo de reconocer las diferencias de los estudiantes, si existe una directa relación entre los resultados de pruebas basadas

en la norma (o estandarizadas) y el nivel socioeconómico de éstos? (Chmielewski, 2019). Según Maturana, la cultura corresponde a una red de dominios consensuados socialmente en el que un ser humano existe como un organismo social. Por lo tanto, cualquier intento de medición fallará debido a que sólo se estima la frecuencia del comportamiento inteligente en un dominio cultural particular. Entonces, se requiere de procesos de enseñanza y aprendizaje que permitan reconocer este contexto y que permitan hacer frente a los perfiles de egreso que necesitan los estudiantes. Es decir, cómo la enseñanza de la Física y su cultura estaría alineada con estos logros de aprendizaje. Por lo tanto, la importancia en la inclusión de Física 1 como curso transversal dentro del primer año en el Programa es relevante porque no sólo tiene como objetivo promover habilidades propias de la disciplina, sino también competencias transversales.

El análisis sobre los indicadores de logros evaluados en una resolución de problemas, también tiene relación con los objetivos generales declarados por el Departamento de Física 1 en su programa. Una de estas competencias alude a la comunicación, la capacidad de expresar e interpretar conceptos, pensamientos, sentimientos, hechos y opiniones tanto en forma oral como escrita (Greczyło & Dębowska, 2017). En los estudiantes se fomenta el desarrollo del lenguaje, que se encuentra alineado con los objetivos generales 3 y 4 declarados en el programa de Física 1.

La capacidad de desarrollar y aplicar el pensamiento matemático para obtener la resolución de una variedad de problemas en situaciones cotidianas, se conoce como la **Competencia Matemática** (Greczyło & Dębowska, 2017). El dominio, uso y aplicación de conocimientos y metodologías que permiten dar explicaciones del mundo natural se conoce como **Competencias Básicas en Ciencia y Tecnología** (Greczyło & Dębowska, 2017). Ambas se relacionan con la capacidad de organizar y perseguir el aprendizaje propio (aprendiendo a aprender), con el comportamiento que prepara a los sujetos para participar en la vida social y laboral, y el conocimiento sobre conceptos, estructuras sociales y

políticas para participar de una manera activa y democrática (**Competencias Sociales y Cívicas**) (Greczyło & Dębowska, 2017). Estas competencias permiten que el estudiante pueda trabajar en distintos entornos, lo que concuerda con el objetivo 4 declarado por el Programa Académico de Bachillerato en su perfil de egreso.

Bajo la perspectiva de la **Teoría Constructivista**, la creación del conocimiento se comprende como un proceso donde los sujetos -estudiantes de primer año en este caso- tienen un aprendizaje basado en conocimientos previos (Greczyło & Dębowska, 2017).

CONCLUSIONES

Analizar el problema de Mecánica en la evaluación de Física 1, permitió dar cuenta de lo que aprenden los estudiantes de primer año por medio de indicadores de logros de aprendizajes.

Entre los indicadores de aprendizaje más logrados por los estudiantes están la habilidad de representar sistemas de referencia y diagramas de cuerpo libre en la resolución de problemas/ ejercicios físicos, y la habilidad para establecer relaciones, conexiones y expresiones en otras más complejas. No obstante, la evidencia cuantitativa supone que los estudiantes tienen dificultades para integrar de manera lógica y coherente ecuaciones de proceso y para comunicar la resolución del problema/ejercicio planteado.

Se estudiaron los logros de aprendizaje propuestos por el área de Física del Programa Académico de Bachillerato de la Universidad de Chile, que comparte lo propuesto por PISA en 2018. En otras palabras, se promueven las competencias para que los estudiantes puedan explicar fenómenos de manera científica, evaluar y diseñar investigaciones, interpretar datos y evidencia, y desarrollar habilidades clave para la formación integral de los estudiantes.

Es relevante mencionar que la pauta de evaluación analizada corresponde a una evaluación basada en la norma, lo que podría pasar por alto la diversidad de contextos presentes en Bachillerato. Esto implicaría que la evaluación no haya considerado el contexto personal,

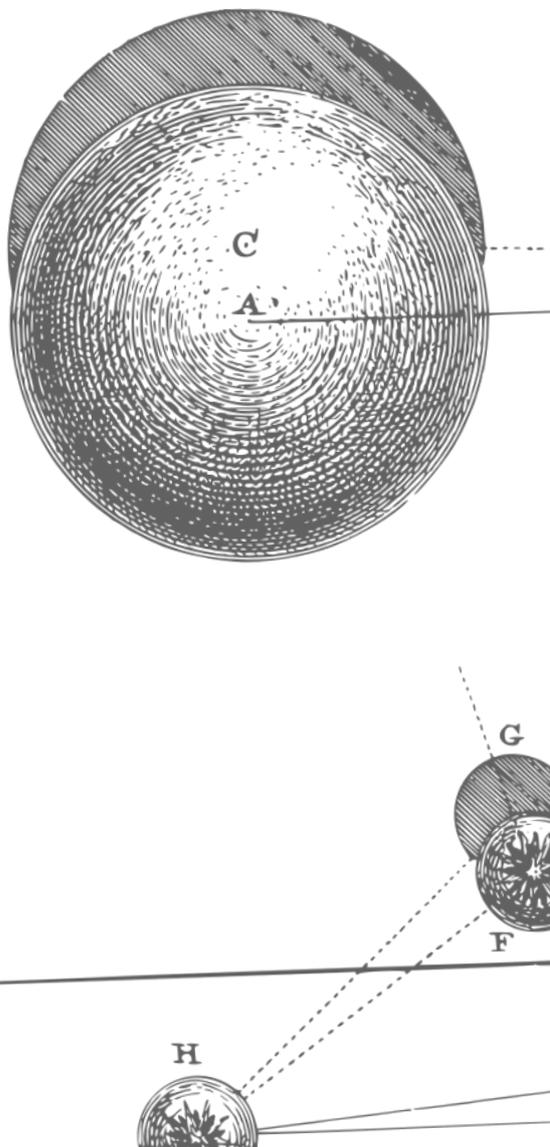
El conocimiento y la adquisición de habilidades tienen una conexión importante, el desarrollo de habilidades tiene una relación estrecha con los contenidos propuestos en la asignatura de Física 1. El desarrollo de actitudes tiene sus orígenes en la naturaleza de la Física, es importante mencionar que este proceso comienza con la reducción de alienación física como sujeto y mostrando una estrecha relación de esta asignatura con el desarrollo social.

Lo expuesto concuerda con lo declarado en la conferencia de *International Research Group on Physics Teaching and European Physical Society*

local/nacional y global donde está inserto un estudiante. En esa línea, se hace hincapié en atender que cualquier intento por medir el aprendizaje y/o inteligencia fallará, debido a que se está estimando la frecuencia de un comportamiento inteligente en un dominio cultural particular. Por eso es importante comprender que ya no se debería hablar de inteligencia como un fenómeno observable y como una característica inherente y atribuible a cada individuo, sino dar cuenta de los contextos en el que ocurren los comportamientos inteligentes.

Este artículo invita a todo agente participante del Programa Académico de Bachillerato a abrir espacios para que los estudiantes y docentes expresen su identidad, para fomentar un entorno apropiado para el desarrollo de actitudes y habilidades transversales. Además, el apoyo a los profesores es sustancial para lograrlo. Futuras investigaciones y estudios serán cruciales para avanzar en esta propuesta.

realizada en la Universidad de Wrocław en Polonia, en 2015. Allí se destacó la importancia de las **Competencias Claves** (KC por sus siglas en inglés) en el proceso de formación de conocimiento, habilidades y actitudes como fundamentales para cada individuo dentro de una sociedad y contexto (Greczyło & Dębowska, 2017). En ese sentido, se hace necesario que los Programas Académicos de Bachillerato se alineen con estas competencias, cruciales para enfrentar los nuevos retos que enfrentan las universidades.



REFERENCIAS

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001).** A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.
- Armanet, L. (2016).** El desafío de la permanencia universitaria: estudiar la deserción y enfocar esfuerzos en factores de contexto/ Entrevistada por Ester Huerta. Noticias Universidad de Chile. Recuperado de: <https://www.uchile.cl/noticias/129246/depto-de-pregrado-presenta-al-cu-estudio-sobre-desercion-estudiantil>
- Brookhart, S. & A. Nitko (2011).** "Strategies for constructing assessments of higher order thinking skills", Assessment of Higher Order Thinking Skills, pp. 327-359.
- Chmielewski, A. K. (2019).** The Global Increase in the Socioeconomic Achievement Gap, 1964 to 2015. American Sociological Review, 84(3), 517–544. <https://doi.org/10.1177/0003122419847165>
- Consejo Nacional de Educación (CNEJ) (2020).** Índices Educación Superior: Retención Primer Año. Recuperado de: <https://www.cned.cl/indices/retencion-primer-ano>
- Davis, S. & C. Buckendahl (2011).** "Incorporating cognitive demand in credentialing examinations", Assessment of Higher Order Thinking Skills, pp. 327-359.
- De Hosson, C., Kermen, I., & Parizot, E. (2010).** Exploring students understanding of reference frames and time in Galilean and special relativity. European Journal of Physics, 31(6), 1527–1538. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/31/6/017>
- Departamento de Física 1 (2019).** Programa de asignatura Física 1. Ed. 2do semestre 2019. Programa Académico de Bachillerato, Universidad de Chile.
- Doran, Y. (2018).** The Discourse of Physics. New York: Routledge.
- Duque-Osorio, J. F (2014).** Crítica a la Tesis de la "Tabula Rasa" ya la Negación de la Naturaleza Humana: Una Opinión. Innovación y Ciencia. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/266390500_Critica_a_la_Tesis_de_la_Tabula_Rasa_y_a_la_Negacion_de_la_Naturaleza_Humana_Una_Opinion
- Duschl, R. (2008).** "Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals", Review of Research in Education, Vol. 32/1, pp. 268- 291, <http://dx.doi.org/10.3102/0091732x07309371>.
- Greczylo, T., & Dębowska, E. (2017).** Key Competences in Physics Teaching and Learning: Role of Key Competences in Physics Teaching and Learning. Recuperado de: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-44887-9>
- Hestenes D. (1986).** A Unified Language for Mathematics and Physics. In: Chisholm J.S.R., Common A.K. (eds) Clifford Algebras and Their Applications in Mathematical Physics. NATO ASI Series (Series C: Mathematical and Physical Sciences), vol 183. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-4728-3_1
- Hohenstein, J. & Manning, A. (2010).** Chapter 4: Thinking about learning. Good practice in science teaching: What research has to say. McGraw-Hill Education (UK). Recuperado de https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=W-bGU6dqGRs-C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Good+Practice+in+Science+Teaching+What+research+has+to+say&ots=A2hfXyLncf&sig=19Ib2ZLa2nE2ittFjz2Ag3eYMYQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Good%20Practice%2in%20Science%20Teaching%20What%20research%20has%20to%20say&f=false
- Huerta, E. (2016).** El desafío de la permanencia universitaria: estudiar la deserción y enfocar esfuerzos en factores de contexto Recuperado de <https://www.uchile.cl/noticias/129246/depto-de-pregrado-presenta-al-cu-estudio-sobre-desercion-estudiantil>
- Maturana, H. R. (2006).** Desde la biología a la psicología. Editorial Universitaria.
- Mourtos, N. J., Okamoto, N. D., & Rhee, J. (2004, February).** Defining, teaching, and assessing problem solving skills. In 7th UICEE Annual Conference on Engineering Education (pp. 1-5).
- Nahum, M. (s.f.)** Etapa sensoriomotora: qué es y cómo se expresa según Piaget. Recuperado de: <https://psicologiaymente.com/desarrollo/etapa-sensoriomotora>
- OCDE. (2019).** PISA 2018 assessment and analytical framework: Science Framework. OECD publishing. Recuperado de: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/f30da688-en/index.html?itemId=/content/component/f30da688-en>
- Parodi, G. (2010).** Multisemiosis and lingüística de corpus: Artefactos (multi)semióticos en los textos de seis disciplinas en el corpus PUCV-2010. RLA. Revista de Lingüística Teórica y Aplicada, 48(2).
- Programa Académico de Bachillerato (2020).** Guía para estudiantes del Programa Académico de Bachillerato de la Universidad de Chile.
- Reif y J. I. Heller. (1982).** Estructuras de conocimiento y problema resolución en físicos, Educ. Psychol. 17, 102 - 127.
- Rychen, D. & Salganik, L. (2001).** The Definition and Selection of Key Competencies, OECD. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>.
- Skinner, B. F. (1974).** About Behaviorism. New York: Alfred A. Knopf
- Servicio de Información de Educación Superior (SIES) (2020).** Informe 2020 Matrícula en Educación Superior Julio 2020. Recuperado de: https://www.mifuturo.cl/wp-content/uploads/2020/07/Informe-matricula_2020_SIES.pdf
- Servicio de Información de Educación Superior (SIES) (2020).** Informe retención de 1er año de pregrado. Recuperado de https://www.mifuturo.cl/wp-content/uploads/2019/10/Informe-de-Retencion_SIES_2019-octubre.pdf
- The Physics Teacher**, 41(7), 404–408. <https://doi.org/10.1119/1.1616480>
- Volkwyn, T. S., Gregorcic, B., Airey, J., & Linder, C. (2020).** Learning to use Cartesian coordinate systems to solve physics problems: the case of 'movability'. European Journal of Physics, 41(4), 45701. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab8b54>
- Webb, N. (1997).** Criteria for Alignment of Expectations and Assessments in Mathematics and Science Education, National Institute for Science Education, Washington, D.C.
- Woei Hung & David H. Jonassen, (2006).** Conceptual Understanding of Causal Reasoning in Physics, International Journal of Science Education, 28:13, 1601-1621, DOI: 10.1080/09500690600560902

