

Análisis del desempeño de alumnos de ingeniería en relación a competencias científicas, durante la resolución grupal de un problema de física básica



Gabriela Schenoni¹ y María Silvia Stipcich²

¹Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

²Facultad de Ciencias Exactas Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

E-mail: gschenoni@doc.frba.utn.edu.ar

(Recibido el 8 de Febrero de 2013, aceptado el 25 de Junio de 2013)

Resumen

Este trabajo presenta un análisis de las competencias de estudiantes que cursan primer año de Ingeniería cuando resuelven problemas de Física básica. Esta comunicación es parte de un estudio exploratorio sobre las capacidades de los estudiantes para analizar, razonar y comunicarse mientras interpretan y resuelven en forma grupal un problema presentado en forma cualitativa en las primeras clases del curso de la asignatura Física I para ingenieros. Con el objetivo establecer indicadores para evaluar el nivel de desarrollo de estas capacidades desplegadas por los alumnos, se han recolectado informes finales escritos y se han registrado grabaciones de video de algunas discusiones grupales. A partir de estos registros se han elaborado un conjunto de indicadores que tienen en cuenta aspectos relacionados con el tipo de discurso, su presentación y organización, el nivel de análisis y resolución del problema planteado y la capacidad para explicar y justificar las conclusiones presentadas. Se advierten dificultades de los estudiantes para la expresión oral y escrita, para elaborar explicaciones y justificar afirmaciones en base al conocimiento científico, así como para distinguir entre conceptos intuitivos y conceptos científicos y para evaluar evidencias en favor o en contra sus conjeturas.

Palabras clave: Resolución de problemas, física, competencias del ingeniero, argumentación.

Abstract

This paper presents an exploratory study about the abilities of students groups to analyze, reasoning and communicate, while they interpret and solve in a qualitative problem in the first classes of Physics I course for engineers. Grounded on their written reports and the record of their group discussions and with the purpose of establishing indicators to assess the level of these skills deployed by the students, a set of indicators have been developed. These indicators taking into account aspects related to the discourse type, presentation and organization, the level of analysis and resolution of the problem and the ability to explain and justify the conclusions. It were observed difficulties of the students for expressing both orally and in writing, for developing explanations and justifying statements based on scientific knowledge, to distinguish between intuitive concepts and scientific concepts and to evaluate evidence for or against their ideas.

Keywords: Problems solving, physics, skills for engineers, argumentation.

PACS: 01.40.Fk, 01.30.Ib, 01.40.gb

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo comunica el avance de una investigación que tiene como fin explorar los alcances de la implementación de entornos y actividades que favorezcan el desarrollo de competencias argumentativas durante la resolución de situaciones problemáticas poco estructuradas en un curso de Física Básica para ingenieros. Algunas preguntas que guían la mencionada investigación son:

¿Cómo son los procesos comunicativos que tienen lugar durante la resolución grupal de problemas?

¿Qué esquemas argumentativos se desarrollan?

¿Qué estrategias son utilizadas durante el discurso argumentativo de los alumnos?

¿Cuáles son los factores que promueven el desarrollo de esquemas argumentativos?

En esta primera instancia quisimos explorar la habilidad de los estudiantes para analizar, razonar y comunicarse efectivamente mientras interpretan y resuelven un problema

tradicional presentado en forma cualitativa en las primeras clases del curso de la asignatura Física I.

Con el objetivo establecer indicadores para evaluar el nivel de estas capacidades que despliegan los alumnos, se han considerado los siguientes registros:

Registros de video del intercambio entre los alumnos durante la resolución grupal de un problema

Informes escritos grupales basados en un cuestionario breve que fue respondido al finalizar la actividad.

Observación participante de la docente del curso.

II. ENCUADRE TEÓRICO

En la formación del ingeniero se consideran competencias básicas la comprensión y el pensamiento crítico aplicados a situaciones diversas y la posibilidad de definir, caracterizar y resolver en forma creativa problemas nuevos y complejos a través de actividades que involucren el tratamiento de datos, la modelización de sistemas o situaciones, el planteo y análisis de alternativas y la justificación adecuada de planteos, conclusiones y soluciones.

De acuerdo a Pozo [1] “Ser competente supone ser capaz de movilizar conocimientos para responder a problemas reales o, dicho de otro modo, poseer conocimiento funcional, no inerte, utilizable y reutilizable”

Tomando como referencia las competencias enumeradas en el Documento Final sobre Competencias Genéricas para la Enseñanza de la Ingeniería [2] aprobado por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería en el XL Plenario desarrollado en Bahía Blanca en octubre de 2006, nos interesa, en este caso, evaluar el desempeño de los alumnos, en relación con algunas de las competencias básicas allí mencionadas.

Por ejemplo, consideramos la “Competencia para comunicarse con efectividad” que, el documento citado, desagrega en las siguientes capacidades, entre otras:

- Capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas.
- Capacidad para de identificar coincidencias y discrepancias, y de producir síntesis y acuerdos.
- Capacidad para expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita.
- Capacidad para producir textos técnicos (descriptivos, argumentativos y explicativos), rigurosos y convincentes.
- Capacidad para utilizar y articular de manera eficaz distintos lenguajes (formal, gráfico y natural).
- Capacidad para analizar la validez y la coherencia de la información.

También tomamos en cuenta la “Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería”, que se desagrega, de acuerdo al documento citado, entre otras, en las siguientes capacidades:

- Capacidad para identificar y organizar los datos pertinentes al problema.
- Capacidad para delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa
- Capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas.

Observamos que en ambas competencias, confluyen, por un lado, capacidades relacionadas con aspectos formales, asociados al tipo y organización del discurso, y por otro, capacidades relacionadas con los procesos cognitivos que se infieren a partir del discurso, vinculados con capacidades argumentativas necesarias para la resolución de problemas desde una perspectiva científica.

Consideramos de importancia que, durante el análisis y resolución de problemas, los alumnos elaboren respuestas razonadas a cuestiones, apoyando su opinión en pruebas y razones científicamente válidas [3]. Sin embargo, como sabemos, los estudiantes tienen fuertes concepciones previas sobre el mundo físico que, en algunos casos, entran en contradicción con las teorías enseñadas. En el desarrollo de asignaturas científicas, esperamos que los estudiantes pasen de emitir suposiciones espontáneas a explicitar respuestas consistentes con el encuadre teórico y que sean acordes con las evidencias disponibles. Los estudiantes deben desarrollar, para esto, individualmente y/o grupalmente, un proceso argumentativo de refutación de sus propias concepciones erróneas [4].

Según Castells, podemos entender como argumentación al proceso tanto individual como social necesario para resolver un problema o avanzar en el conocimiento [5]. Las capacidades argumentativas están relacionadas con la capacidad de elaborar discursos orales o escritos que incluyan pruebas y razones a favor de una conclusión entre diferentes posibles [6]. Es necesario, además, no solamente la coherencia de las justificaciones en relación a los datos y conclusiones sino también su aceptabilidad a partir del conocimiento de dominio específico [3].

Un ámbito propicio para poner en juego estas capacidades argumentativas es durante la resolución colaborativa de problemas donde a través de la interacción grupal se discuten y defienden diferentes interpretaciones o alternativas de solución presentadas.

De acuerdo con una recopilación realizada por García de Cajén y otros autores [7] en base a bibliografía disponible sobre el tema, algunas de las habilidades relacionadas con capacidades argumentativas, son, entre otras:

- Identificar y elaborar razones.
- Elaborar explicaciones.
- Identificar pruebas y datos.
- Justificar respuestas.
- Analizar críticamente.

Comparar modelos teóricos con una situación física real
Elaborar, modificar y justificar hipótesis sobre fenómenos naturales.

Es importante tener en cuenta que la forma en la cual habitualmente se presentan los problemas en clase o en las guías de problemas, como meros ejercicios de aplicación,

conduce frecuentemente a una resolución mecánica por parte de los estudiantes, sin requerir razonamientos ni profundización en el contenido de los mismos¹.

Consideramos que, el planteo y resolución grupal de situaciones problemáticas cualitativas y poco estructuradas es un ámbito propicio para interpretar, discutir, razonar críticamente, justificar ideas y dar explicaciones. La resolución de este tipo de situaciones permite, por ejemplo, realizar descripciones verbales o gráficas de la situación planteada, emitir hipótesis sobre los factores relevantes y los parámetros a tener en cuenta para la resolución, analizar diferentes comportamientos de un sistema o vías de solución y evaluar los casos límites.

Por otra parte, de acuerdo a resultados de investigaciones recientes [10, 11, 12, 13, 14], podemos asumir que cuando los estudiantes analizan, discuten y acuerdan encuadres y estrategias de solución de un problema llevan a cabo procesos mentales que contribuyen al desarrollo de capacidades básicas relacionadas con el pensamiento crítico, el razonamiento, la comprensión, la expresión y la comunicación, y también con habilidades meta-cognitivas relacionadas con la reflexión y regulación del propio conocimiento, todas ellas alineadas con las competencias básicas ingenieriles antes nombradas.

III. ENCUADRE METODOLÓGICO

Esta actividad se desarrolló durante el año 2011 con alumnos de dos cursos de la asignatura Física I de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional donde la autora se desempeña como profesora.

Esta materia corresponde al primer año de todas las carreras de Ingeniería. El contenido de la asignatura consiste, fundamentalmente, en temas de Mecánica Clásica. La resolución de problemas es el eje sobre el que se centra la evaluación final de la asignatura.

Durante la actividad propuesta los alumnos trabajaron en grupos de cuatro o cinco alumnos, organizados libremente. Tuvieron un tiempo de aproximadamente cuarenta minutos para desarrollar la actividad (discusión grupal y redacción del informe). En la discusión grupal, salvo en pocas oportunidades, aclaradas en el análisis posterior, no hubo participación de la docente.

¹ Debemos distinguir aquí los llamados “ejercicios” de los “verdaderos problemas”. La solución de ejercicios implica el reconocimiento de un tipo de situación y la reproducción de una forma de resolución conocida. En cambio, el planteo de verdaderos problemas presenta una oportunidad para que los alumnos pongan en juego sus esquemas de conocimiento ya que exige una solución que aun no se tiene y para lo cual se deben hallar interrelaciones entre factores o variables que pueden no estar expresadas. En este caso, el proceso de solución implica la reflexión cualitativa, el cuestionamiento de las propias ideas, la construcción de nuevas relaciones y la discusión y fundamentación de estrategias de solución. [8, 9].

Cada grupo entregó un informe final escrito y se obtuvieron registros de video de los intercambios correspondientes a dos grupos elegidos al azar.

IV. ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD

La actividad que se presenta fue propuesta a los estudiantes con posterioridad al tratamiento teórico y práctico del tema fuerzas de rozamiento.

Se presenta un sistema constituido por dos cuerpos superpuestos apoyados sobre una superficie cuando una fuerza se aplica a uno de ellos, tal como se muestra en la Figura 1 correspondiente a la guía entregada a los estudiantes. Se requiere a los alumnos la descripción de los posibles comportamientos del sistema y la identificación de las magnitudes involucradas. Se solicita también la justificación de todo aquello que se afirme.

Si bien la situación planteada es un problema típico de fuerzas de rozamiento, en este caso fue planteado en forma cualitativa, sin proporcionarse datos numéricos ni hacerse mención de las magnitudes involucradas, con el fin de que sean los alumnos los que discutan e identifiquen cuáles eran los parámetros y las variables del problema, realicen conjeturas acerca de los comportamientos posibles y elaboren argumentos para justificarlos. Al ser planteado de esta forma, además, el problema permite el análisis de diferentes alternativas de comportamiento, de acuerdo a la relación entre los parámetros involucrados.

Una primera apreciación de la experiencia es que resultó altamente motivadora ya que se detectó una importante participación de los alumnos en la actividad. Se pudo observar, en los registros de video obtenidos, que durante el tiempo que dispusieron para la discusión grupal, las conversaciones se centraron fundamentalmente sobre el tema a resolver. Además los alumnos tuvieron una actitud muy comprometida, consultaron sus apuntes de clase y solicitaron en varias oportunidades la asistencia de la docente para resolver sus diferencias de opinión sobre las cuestiones a tratar. También pudimos observar que la mayoría de los grupos realizaban “comprobaciones prácticas” de la situación planteada empleando los útiles disponibles sobre la mesa de trabajo².

No obstante, fue evidente la falta de hábito de los alumnos con la forma en que fue planteada la actividad³. Varios grupos solicitaron, al comienzo, en forma reiterada, asistencia a la profesora pidiendo aclaración sobre “qué era lo que tenían que hacer exactamente” o buscando confirmación a sus respuestas.

A partir de las producciones de los alumnos y teniendo

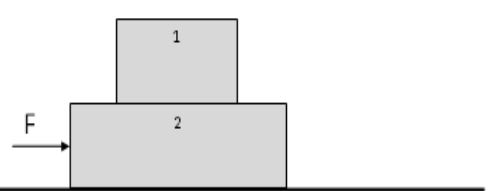
² En general, como se observa en el intercambio transcripto más adelante, el objetivo de estas “pruebas” era verificar o refutar alguna afirmación planteada en el grupo.

³ Hay que tener en cuenta aquí que la forma habitual de trabajo en el ingreso y en las asignaturas básicas es la resolución de problemas cuantitativos.

en cuenta los objetivos de la actividad, nos interesó analizar el desempeño de los grupos en relación con las capacidades destacadas anteriormente.

Trabajo Práctico: Análisis del movimiento de cuerpos superpuestos

Problema:
Sobre una superficie plana se apoyan dos cuerpos como se muestra en la figura, el sistema está inicialmente en reposo:



Al cuerpo inferior se le aplica una fuerza horizontal.

Analizar grupalmente:

- Cuáles son los comportamientos posibles del sistema (Estado de movimiento de cada cuerpo, tipo de movimiento de cada cuerpo, movimiento relativo entre los cuerpos)
- Cuáles son las magnitudes involucradas.
- Como se relacionan los comportamientos posibles con las magnitudes del sistema.

Informe del Trabajo Práctico:
Preparar grupalmente un informe respondiendo estas preguntas y justificando las respuestas.

FIGURA 1. Guía de la actividad.

Para esto, luego de varias revisiones de las respuestas escritas y los registros de video obtenidos, se han elaborado un conjunto de indicadores que tienen en cuenta por un lado, aspectos relacionados con el tipo de discurso, su presentación y organización, el nivel de análisis y resolución del problema planteado y por otra parte, la capacidad para explicar y justificar las conclusiones presentadas; enumerados a continuación:

Indicadores relacionados con capacidades comunicativas formales

- Analiza cada una de las cuestiones planteadas en forma independiente y la responde en forma ordenada
- Expresa las respuestas en forma clara y precisa.
- Incluye, además del discurso escrito en lenguaje cotidiano, otro tipo de representación para comunicar sus conclusiones. Por ejemplo incluye diagramas, ecuaciones o inecuaciones, esquemas o tablas, etc.

Indicadores relacionados con la capacidad para el análisis y resolución del problema planteado

- Distingue los posibles comportamientos del sistema.
- Distingue los parámetros y variables involucrados en la situación planteada.
- Realiza un análisis explícito de la situación a partir

de las herramientas estudiadas (diagrama de cuerpo libre, planteo de ecuaciones).

- Relaciona los comportamientos posibles del sistema con las magnitudes involucradas.

Indicadores relacionados con capacidades argumentativas

- Realiza una justificación explícita de las respuestas a partir de conocimientos adquiridos.
- Utiliza los conocimientos adquiridos para el análisis pero no realiza una justificación explícita.
- Utiliza reglas intuitivas no fundamentadas para justificar los diferentes comportamientos.

En las tablas incluidas se presenta un detalle que toma en cuenta estos indicadores para analizar las capacidades desplegadas por cada grupo en la elaboración de los informes entregados.

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En forma general podemos decir, a partir de las respuestas escritas obtenidas, que los alumnos tienen dificultades para expresarse en forma clara y ordenada. Se observa que la mayoría de los grupos no contestan en forma independiente las diferentes cuestiones. Sólo en cuatro de los doce informes analizados encontramos respuestas acotadas a cada una de las preguntas en forma independiente. Varios grupos realizan relatos donde combinan las respuestas a diferentes preguntas.

Por ejemplo, a la consigna a. (“Cuáles son los comportamientos posibles del sistema: Estado de movimiento de cada cuerpo, tipo de movimiento de cada cuerpo, movimiento relativo entre los cuerpos”), el grupo 8 responde:

“a. *Unos de los posibles comportamientos del sistema es que se muevan los dos juntos, si la fuerza aplicada es mayor a la de rozamiento (cuerpo 2 y el piso).*

Otro posible comportamiento es que el sentido de la fuerza de roce, entre el cuerpo 1 y el 2 sea igual a la fuerza aplicada, en cambio la fuerza de roce entre el cuerpo 2 y el piso sea contrario a la fuerza aplicada.

Y por último que el sistema no se mueva y queden estáticos al ser la fuerza aplicada menor que la fuerza de roce.”

A partir del análisis de los registros de video obtenidos podemos observar, también, las dificultades que tienen los alumnos cuando intentan explicar sus opiniones al resto del grupo. Estas dificultades comunicativas básicas impiden la expresión de una idea o la presentación de una prueba a favor o en contra de un argumento. Por ejemplo en este episodio, que fue transcrito a partir del registro grabado de una discusión grupal, un alumno (Alumno 2) plantea como posibilidad el movimiento de ambos cuerpos con diferentes aceleraciones pero no logra expresar con claridad su idea ni encuentra argumentos suficientes para convencer a sus compañeros y termina aceptando finalmente la opinión errónea del resto del grupo, aunque no sabemos si termina creyendo realmente en ella:

“Alumno 1: -Bueno, a ver... lo que puede pasar, los estados de movimiento del sistema pueden ser que se muevan los dos juntos, que se mueva solo el segundo...”

Alumno 2: - Que se mueva... que se vaya deslizando el uno sobre el dos...

Alumno 3: - Bueno eso, que se muevan los dos juntos...

Alumno 1: - No, no se puede deslizar nunca el uno sobre el dos...

Alumno 3: - El dos siempre se va a mover...

Alumno 1: - ...si vos le aplicás la fuerza al dos... (El alumno prueba con un cuaderno y una cartuchera arriba empujando suavemente el de abajo)

Alumno 4: - Si no hubiera rozamiento, no se...

Alumno 2: -Y...ahí se movió el uno...mirá, si yo te hago esto... (El alumno prepara los útiles superpuestos)... pará, si te hago esto (prueba nuevamente con los útiles aplicando un fuerza impulsiva grande al cuerpo de abajo hacia uno y otro lado)...Se movió un poco de lugar, o sea...

Alumno 1: -Pero igual hiciste dos fuerzas así, vos. Una sola fuerza tenés que aplicar...porque si no hacés así (prueba) y... se mueve.

Alumno 2: Bueno... ¿entonces son dos?

Alumno 3: -Sí, son dos, que se mueva como cuerpo entero o que se mueva solo la base...

Alumno 1: -Y que quede el primero...

Alumno 3: - Y que quede el primero, ah, o que quede el primero...o que...está bien... tiene razón...que se mueva un poco junto...

Alumno 2: - O sea, yo digo, una fuerza tal que no sea tan fuerte como para dejarlo en reposo, que también lo lleve...

Alumno 3: - Ah, sí, puede ser...que haya ambas, que haya ambas... que también se deslice para ese lado...

Alumno 2: - ¡Es otra!...O sea, no que yo le aplique así (muestra en el aire, con los útiles deslizando el cuerpo de abajo y dejando el de arriba) y yo lo saco...sino, ponele que en vez de aplicarle así de una...

Alumno 1: -Eso, eso depende... así... de la fuerza... Así que...

Alumno 2: - Y... por eso...

Alumno 1: -...los dos posibles movimientos son que se mueva como cuerpo entero... Dale, ¿Empezamos?

Alumno 2: - ¿Cómo lo pongo? Le tiro...

Alumno 4: - Hay dos tipos de comportamientos posibles...

Alumno 3: - Hay dos posibilidades. Ambos cuerpos pueden moverse como uno solo...como un conjunto...

Alumno 4: - Uno es que se mueva el dos quedando el uno quieto y el otro que se mueva el uno más dos...

Alumno 2: - Lo pongo así, ¿son dos entonces, quedamos de acuerdo en que son dos?

Alumno 3: - Sí”

Si bien la mayoría de los grupos distingue las variables involucradas en el análisis de la situación planteada, en algunos casos utilizan conceptos intuitivos en lugar de conceptos científicos. Por ejemplo, el grupo 4 hace referencia en su intercambio oral a que una de las magnitudes involucradas es “el rozamiento” y que “la fuerza aplicada debe vencer el rozamiento” sin hablar más específicamente de “fuerza de rozamiento”, ni distinguir

fuerzas de rozamiento estática o cinemática, ni referir a coeficientes de roce.

Algunos grupos utilizan expresiones formales, tales como inecuaciones, para sintetizar sus respuestas relacionando magnitudes y comportamientos, y elaboran esquemas aclaratorios e incluyen diagramas de fuerzas.

El grupo 6 logra utilizar en forma correcta estos conocimientos para relacionar las magnitudes involucradas y los comportamientos posibles, pero no fundamenta sus conclusiones. Este grupo responde sintéticamente a la cuestión c., de la siguiente manera:

“Comportamiento 1: $F < F_{re2m\acute{a}x}$, $a = 0$.

Comportamiento 2: $F > F_{re2m\acute{a}x}$, $a > 0$, $a < F_{re1m\acute{a}x}/m_1$, $a_1 = a_2$.

Comportamiento 3: $F > F_{re2m\acute{a}x}$, $a > 0$, $a > F_{re1m\acute{a}x}/m_1$, $a_1 \neq a_2$ ”.

TABLA I. Análisis del Desempeño de los diferentes grupos de trabajo de acuerdo a los indicadores encontrados relacionados con competencias comunicativas.

Grupo	Analiza cada una de las cuestiones planteadas en forma independiente	Expresa las respuestas en forma clara.	Utiliza diferentes tipos de lenguaje para comunicar
1	si	si	no
2	no	no	no
3	si	si	si
4	no	no	no
5	si	a veces	si
6	no	si	si
7	no	no	no
8	no	no	no
9	no	si	si
10	no	no	no
11	no	no	no
12	si	si	si

Respecto a la distinción de los comportamientos posibles del sistema, cabe decir que, si bien la Tabla II indica que la mayoría de los grupos logra identificar todos los posibles comportamientos, esto surge a partir de una discusión del grupo con la docente. En un primer análisis, la mayoría de los alumnos consideraban sólo dos comportamientos posibles del sistema: que ambos cuerpos se mueven juntos o que el cuerpo de abajo se mueve y el de arriba se queda en el lugar. Esta primera idea intuitiva, generalizada, no les permitía contemplar la posibilidad de que ambos cuerpos estén en movimiento con diferentes aceleraciones, ni la posibilidad de que la fuerza de roce estática mantenga el sistema en equilibrio y, por lo tanto, que el sistema permanezca en reposo. Identificamos aquí la persistencia de ideas intuitivas acerca de la relación entre fuerza y movimiento, que también se evidencian en el fragmento de diálogo transcrito anteriormente.

Otro aspecto notado es que, varios grupos, en su discusión previa, remitían a la experiencia clásica conocida, de retirar rápidamente un mantel de una mesa con objetos apoyados sobre él. La identificación del problema con este

caso particular dio lugar a evaluaciones incorrectas e incompletas de la situación planteada. Por ejemplo, el grupo 4, en su discusión grupal grabada resalta, como un aspecto importante a tener en cuenta, la duración de la aplicación de la fuerza para determinar el comportamiento de los cuerpos, y no tiene en cuenta otros aspectos que sí resultan relevantes, tales como, por ejemplo, la intensidad de la fuerza aplicada.

TABLA II. Análisis del desempeño de los diferentes grupos de trabajo de acuerdo a los indicadores encontrados relacionados con competencias para el análisis y resolución del problema planteado.

Grupo	Distingue los comportamientos posibles del sistema.	Distingue parámetros y variables involucrados en la situación planteada.	Realiza un análisis de la situación a partir de las herramientas estudiadas.	Relaciona los comportamientos del sistema con las magnitudes involucradas.
1	no	si	no	a veces
2	no	no	no	a veces
3	si	no	si	si
4	si	no	no	no
5	si	si	si	a veces
6	no	no	si	si
7	si	si	no	no
8	no	no	no	no
9	si	si	no	no
10	si	no	no	no
11	no	no	no	a veces
12	si	si	no	a veces

Respecto a la justificación de las afirmaciones realizadas, si bien se les solicitó explícitamente una justificación de las respuestas, tanto en la guía de la actividad como, reiteradamente, en forma oral durante el desarrollo de la misma, podemos inferir, a partir de los resultados obtenidos, que los alumnos no saben cómo, o no consideran necesario, hacer este tipo de justificaciones, ya que ningún grupo fundamentó explícitamente sus conclusiones a partir de los conocimientos adquiridos. En general los grupos utilizaron sólo en forma parcial y superficial los conceptos físicos estudiados para justificar sus respuestas, y aún en esos casos, las justificaciones no fueron explicitadas. Como se puede ver en la Tabla III, en la mayoría de los casos los conocimientos científicos fueron combinados con ideas intuitivas. Esto dio lugar a explicaciones fragmentadas e incluso, a veces, contradictorias.

Por otra parte, en muchos casos, se nota una disociación entre el conocimiento científico declarado y la conclusión presentada. Por ejemplo, la totalidad de los grupos que plantea la posibilidad de que los cuerpos se deslicen con diferentes aceleraciones aseguran en sus informes escritos que este hecho se dará cuando la fuerza aplicada supere el valor de la fuerza de roce estática entre ambos cuerpos. Esta explicación intuitiva (errónea) no está justificada y se mantiene aún habiendo realizado correctamente tanto los diagramas de cuerpo libre como el planteo de ecuaciones

que no conducen a tal afirmación. Por ejemplo, el grupo 3, para explicar el caso en que “ambos cuerpos se mueven con diferentes aceleraciones” presenta el diagrama de cuerpo libre de ambos cuerpos en forma correcta y escribe la relación entre aceleraciones de ambos cuerpos también en forma correcta:

$$\frac{F - Fr_{2,piso} - F_{1,2}}{m_1} \neq \frac{F_{2,1}}{m_2}$$

TABLA III. Análisis del Desempeño de los diferentes grupos de trabajo de acuerdo a los indicadores encontrados relacionados con competencias argumentativas.

Grupo	Justifica las respuestas en forma explícita a partir de conocimientos disponibles.	Utiliza conocimientos adquiridos sin realizar una justificación explícita.	Utiliza reglas intuitivas no justificadas científicamente.
1	no	si	si
2	no	si	si
3	si	si	no
4	no	no	si
5	si	si	si
6	no	si	no
7	no	no	si
8	no	no	si
9	no	si	si
10	no	si	si
11	no	si	si
12	si	si	si

Sin embargo, al tratar de justificar este caso, explica “La fuerza aplicada es mayor a la fuerza $F_{1,2}$, por lo tanto sus aceleraciones serán diferentes” lo cual no se condice con la inequación antes expuesta.

VI. CONCLUSIONES

En primer lugar, resultan evidentes las dificultades que poseen los alumnos en esta etapa de la asignatura para expresarse, tanto en forma oral como escrita, las que resultan habilidades básicas a la hora de elaborar explicaciones.

Observamos también, en los escritos y diálogos de los alumnos, la ausencia, en general, de justificaciones aceptables desde el punto de vista científico. Prevalecen explicaciones intuitivas y simplistas y no consistentes con los conocimientos científicos. Las respuestas dadas están más relacionadas con interpretaciones personales que con una comprensión significativa de los contenidos disciplinares estudiados. Si bien estos contenidos en ocasiones aparecen como conocimiento declarativo en los informes escritos, estos no son usados expresamente para justificar las conclusiones emitidas que incluso, a veces, entran en contradicción con aquellos.

Podemos destacar también la escasa rigurosidad científica que poseen, en general, los alumnos en el uso de evidencias o pruebas, al momento de justificar sus

opiniones o refutar las de otros compañeros. Se advierte en este caso, un sesgo de confirmación, propio de explicaciones no científicas, tales como la desestimación de evidencias en contra de la propia postura, sin una justificación adecuada y la sobrevaloración de ejemplos o pruebas particulares que, aparentemente, confirman sus ideas.

Estos resultados nos recalcan la necesidad de promover desde nuestra asignatura, la producción y el análisis de explicaciones aceptables desde el punto de vista científico. En especial, en la resolución de problemas, es necesario alentar y discutir la elaboración de respuestas razonadas a las cuestiones planteadas, tanto en forma oral como escrita.

Consecuentemente, es necesario el diseño de instancias y el planteo actividades que, a través de andamiajes adecuados, permitan el desarrollo de estas capacidades vinculadas con competencias científicas e ingenieriles básicas.

REFERENCIAS

- [1] Pozo, J. I. y Monereo, C., *Carta abierta a quien compete*, Cuadernos De Pedagogía **370**, 87-90 (2007).
- [2] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2006). Primer acuerdo sobre competencias genéricas. Documento del 3er. taller sobre desarrollo de competencias en la enseñanza de la ingeniería argentina.
- [3] Stipcich, S., *Las argumentaciones de estudiantes de polimodal sobre la interacción eléctrica*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **25**, 397-423 (2008).
- [4] Jonassen, D., *Research Issues in Problem Solving*, The 11th International Conference on Education Research New Educational Paradigm for Learning and Instruction, (2010).
- [5] Castells, M., *¿Qué podemos aprender sobre las explicaciones de los profesores partiendo de una perspectiva retórico-argumentativa-comunicativa?*, Actas del V Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências, (2005).
- [6] Solbes, J., Ruíz, J. J. y Furió, C., *Debates y argumentación en las clases de física y química*, Alambique **63**, 65-75 (2010).
- [7] García de Cajén, S., Domínguez Castiñeiras, J. M. y García-Rodejas Fernández, E., *Razonamiento y argumentación en ciencias. Diferentes puntos de vista en el currículo oficial*, Enseñanza De Las Ciencias **20**, 2, 217-228 (2002).
- [8] Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A., *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, (Morata, Madrid, 1998).
- [9] Garrett, M. R., *Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias*, Enseñanza de las Ciencias **6**, (1988).
- [10] Baker, M., *Interacciones argumentativas y aprendizaje cooperativo*, Escritos **17**, 133-167 (1998).
- [11] Jimenez Aleixandre, M. P., Bugallo Rodríguez, A. y R. Duschl, *“Doing the Lesson” or “Doing Science”:* *Argument in High School Genetics*, Science Education **84**, 757-792 (2000).
- [12] Sardá, A. y Sanmartí, N., *Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias*, Enseñanza De Las Ciencias **18**, 405-422 (2000).
- [13] Leitão, S., *Argumentação e desenvolvimento do pensamento reflexivo*, Psicologia: Reflexão e Crítica **20**, 454-462 (2007).
- [14] Henao, B. y Stipcich, S., *Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **7**, 47-62 (2008).