

PROBLEMAS ABIERTOS, INNOVACION EN LA ENSEÑANZA DE LA TERMODINÁMICA EN LAS CARRERAS DE INGENIERIA

Natali, Osvaldo, FCEfyN-UNC, *nataliosvaldo@hotmail.com*

Alaniz Andrada, Horacio, FCEfyN-UNC, *horacioalanizandrada@gmail.com*

Duran, Gabriela, FCEfyN-UNC, *gduran@unc.edu.ar*

Resumen-El propósito de este trabajo es considerar la inclusión de *problemas abiertos* para la enseñanza de la termodinámica, a fin de superar prácticas tradicionales y posibilitar el desarrollo de otras capacidades en los estudiantes, como creatividad, trabajo en equipo, etc. Se entiende por problemas abiertos a las situaciones conflictivas que presentan características tales como: no brindar en el enunciado todos los datos o en casos extremos no contener ninguno, pues quien resuelve es el que define los mismos y por lo tanto no tener una única solución. Esta forma de trabajo es la que se le presentará en el futuro en su vida profesional como ingeniero y es necesario que adquiera dichas capacidades desde los primeros años de su carrera.

La metodología implementada se basó en la aplicación de herramientas etnográficas, de naturaleza cuantitativa y cualitativa. En base a los datos relevados se infiere que esta propuesta resultó más motivadora que trabajar con problemas cerrados; además evidenció que los estudiantes debieron abordar con creatividad la situación problemática, proponiendo hipótesis y discutiendo los diversos caminos para alcanzar la solución. Por otra parte, quedó explícita la importancia del trabajo colaborativo entre ellos, como integrantes de equipos de trabajo, lo cual contribuye a su formación como futuros ingenieros que deberán enfrentar desafíos propios de la actividad profesional en escenarios inciertos y cambiantes.

Palabras clave---- problemas abiertos, enseñanza, trabajo colaborativo

1. Introducción

El concepto de energía, que es un concepto muy importante en las carreras de ingeniería, se aborda principalmente desde la asignatura Termodinámica. Esta se dicta en las carreras de Ingeniería Mecánica, Electromecánica, Aeronáutica y Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. La Termodinámica tiene un alcance muy amplio que permite abordar problemas relacionados con instalaciones frigoríficas, turbinas de vapor y gas para la generación de corriente eléctrica e instalaciones de acondicionamiento de aire entre otras cosas. Es en estos ámbitos en donde el ingeniero tiene una amplia participación en lo relacionado con el diseño, desarrollo y en los procesos de mantenimiento y control. Esto implica que el profesional debe tener competencias que le permitan situaciones inherentes a aquellas. Es por eso que desde esta asignatura el estudiante vaya adquiriendo herramientas que le permitan desenvolverse con solvencia en aquellos ámbitos.

Problemas Abiertos, una Innovación en la Enseñanza de la Termodinámica en las carreras de Ingeniería.

En este trabajo se presenta la propuesta de trabajar con *problemas abiertos*. A diferencia de los problemas cerrados, que tienen la característica de tener todos los datos, en aquellos es el resolutor el que tiene que buscar los datos iniciales para comenzar la resolución de los mismos. Según Palacios y Zambrano [1], los problemas abiertos son tareas “*que implican la existencia de una o varias etapas en su resolución que deben ser aportadas por el solucionador mediante la acción del pensamiento productivo*”. Por otro lado, Bertoglia [2], afirma que, en los problemas abiertos, “*el resolutor necesita ir más allá de la información recibida utilizándola de manera adecuada y/o modificando los significados atribuidos a los elementos del problema*”. Por lo general durante el desarrollo de las clases, el docente suele dar una lista de ejercicios para que los estudiantes resuelvan aplicando las expresiones matemáticas vistas durante las clases teóricas, sin hacer una reflexión profunda de la situación planteada. El trabajar solo con problemas cerrados, desencadenan conductas en el docente y en los estudiantes que se vuelven rutinarias y muchas veces descontextualizadas.

Los problemas que se presentan en la actividad diaria del ingeniero son por lo general abiertos o semi abiertos; esta trata de enmarcarlos utilizando, entre otras competencias, su creatividad para alcanzar una solución adecuada entre varias posibles. Entonces, ¿porqué no incluir desde los primeros años en las carreras de ingeniería durante el proceso de enseñanza los problemas abiertos que son coherentes con la futura actividad del estudiante? El trabajar en el aula con este tipo de problemas permite al estudiante aproximarse a su accionar como ingeniero. La utilización de este tipo de problemas facilita la inclusión de aspectos de interés teórico-práctico; favorece el pensamiento divergente y el trabajo colaborativo. Esta forma de trabajar se enmarca dentro del paradigma constructivista: tiene en cuenta las ideas previas de los estudiantes.

Se tienen antecedentes de esta forma de trabajo en el área de las ciencias especialmente en física y química. Furió [3] cita trabajos de Martínez Torregrosa de 1987, Ramírez de 1990, Reyes y Furió de 1990. Este autor además cita un trabajo de investigación de Gil y Torregrosa en el cual se ha evaluado a estudiantes del nivel medio con problemas abiertos y se han comparado con los resultados que alcanzaron estudiantes que trabajaron con problemas cerrados. Los resultados de dicha investigación permitieron concluir que en la utilización de problemas abiertos los estudiantes mostraron mayor creatividad al momento de enfrentarse con ellos, logrando mejores resultados en las instancias de evaluación. Considerar la inclusión de problemas abiertos en la enseñanza de la termodinámica con la finalidad de superar las prácticas tradicionales y posibilitar el desarrollo de diversas capacidades de los estudiantes, es el propósito de este trabajo.

2. Metodología y métodos

La metodología implementada implicó la utilización de herramientas etnográficas de naturaleza cuantitativa y cualitativa que, si bien tienen perfiles diferentes, se complementan en tanto permiten indagar sobre distintos aspectos de una misma realidad. Se eligió para desarrollar la propuesta el tema Aire Húmedo y sus Aplicaciones. Se eligió este tema ya que el estudiante está familiarizado con algunos conceptos como humedad absoluta, humedad relativa, temperatura y punto de rocío, que por lo general escucha en los informes del tiempo meteorológico. La propuesta se implementó en dos clases de 3 horas cada una. En la primera se presentó a los estudiantes un *problema cerrado* (ver Tabla 1). Se les permitió utilizar todo el material que fuese necesario para arribar a la solución. En la segunda clase se les presentó un *problema abierto* sobre el mismo tema (ver Tabla 1). Para esta instancia también utilizaron el material que fuese necesario.

Tabla 1. Problema Cerrado y Abierto

Problema Cerrado	Aire a 30 °C y con 60% de grado de saturación, sale de un conducto con un caudal de 6 kg/s. Por otro conducto sale aire a 6 °C, con un grado de saturación del 90% a razón de 3 kg/s. Determinar el estado final (temperatura, grado de saturación y temperatura de punto de rocío) de la mezcla para 760 mm de mercurio. Resolver analíticamente y verificar gráficamente
Problema abierto	Se desea acondicionar un ambiente para una sala de metrología partiendo de una mezcla de dos caudales de aire previamente seleccionados. Los dos caudales iniciales se seleccionan de manera tal que en la sala de metrología la humedad relativa no supere el valor estándar. Establecer las características del caudal resultante indicando los criterios utilizados para la elección de las características de los dos caudales antes de ser mezclados.

El trabajo se realizó sobre una comisión de Ingeniería Mecánica. La cantidad de estudiantes fue de 40 divididos en 8 grupos de 5 alumnos. El docente tuvo un rol de *Observador Participante*, ya que podía intervenir para aclarar dudas, pero no ayudar durante el proceso de resolución de las situaciones problemáticas propuestas. La observación estuvo dirigida al desenvolvimiento de los estudiantes frente a ambos problemas. Al finalizar la actividad, se instrumentó una encuesta a los

Problemas Abiertos, una Innovación en la Enseñanza de la Termodinámica en las carreras de Ingeniería.

estudiantes (ver Tabla 2) con la intención de ver el impacto producido por la intervención didáctica de introducir problemas abiertos.

Tabla 2- Encuesta

1. Indique el estado en que se encuentra con las materias correlativas

Materia	Regular	Aprobada/ indicar la nota
Física I		
Análisis matemático II		

2. Es recursante

Si

No

3. Con cuál de los dos problemas se vio más motivado para resolver

Problema Cerrado

Problema Abierto

4. Indique aspectos positivos en relación a su proceso de aprendizaje al abordar la resolución de los problemas.

Problema Cerrado	Problema Abierto

5. Indique aspectos negativos en relación a su proceso de aprendizaje al abordar la resolución de los problemas

Problema Cerrado	Problema Abierto

6. Ha resuelto problema abiertos (en donde usted define los datos necesarios para su resolución), durante el cursado de su carrera.

Si No

7. Identifique qué procedimiento/s mental/es pone más en juego en la resolución de cada uno (marque lo que considere)

Procedimientos mentales	Problema Cerrado	Problema Abierto
Recuerda o reconoce información		
Comprende o interpreta información		
Selecciona o transfiere datos		
Diferencia o relaciona conjeturas, hipótesis o modelos		
Genera, integra o combina ideas en un plan de acción		
Valora o critica los resultados		

3. Resultados y discusión

El análisis de los resultados se hizo en base a la encuesta realizada. Se analizaron los tópicos 3,4, 5,6 y 7.

a- Con cuál de los dos problemas se vio más motivado para resolver (tópico 3)

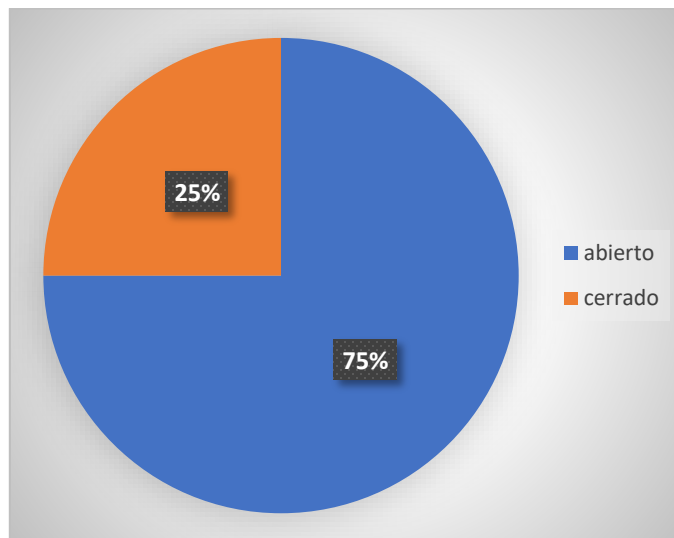


Gráfico 1-Motivación en la resolución.

b- Indique los aspectos positivos del problema cerrado y del problema abierto. (tópico 4)

Problemas Abiertos, una Innovación en la Enseñanza de la Termodinámica en las carreras de Ingeniería.

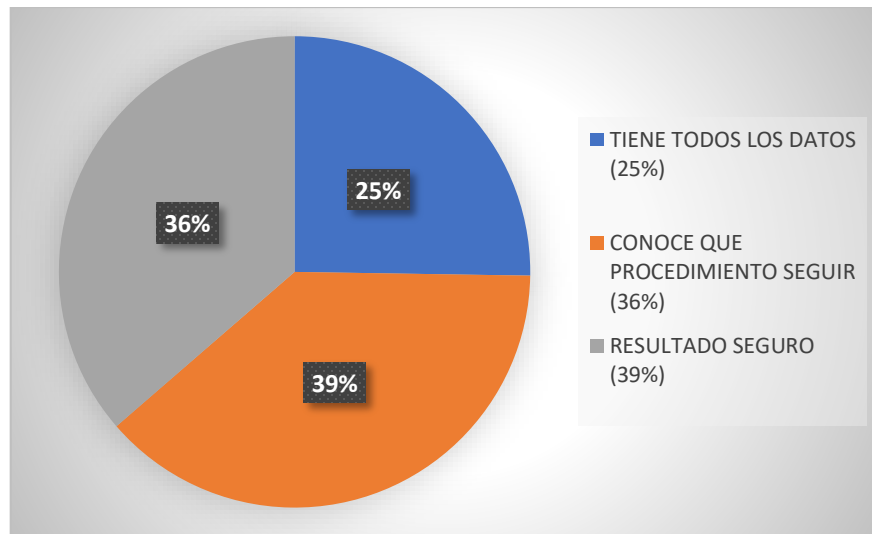


Grafico 2-Aspectos positivos del problema cerrado

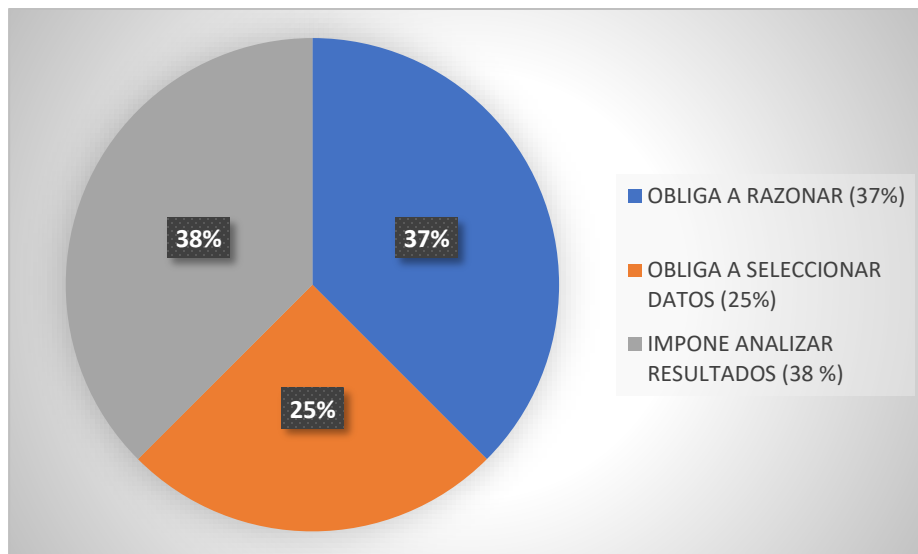


Grafico 3- Aspectos positivos del problema abierto

c- Indicar los aspectos negativos del problema cerrado y del problema abierto (tópico 5)

Problemas Abiertos, una Innovación en la Enseñanza de la Termodinámica en las carreras de Ingeniería.

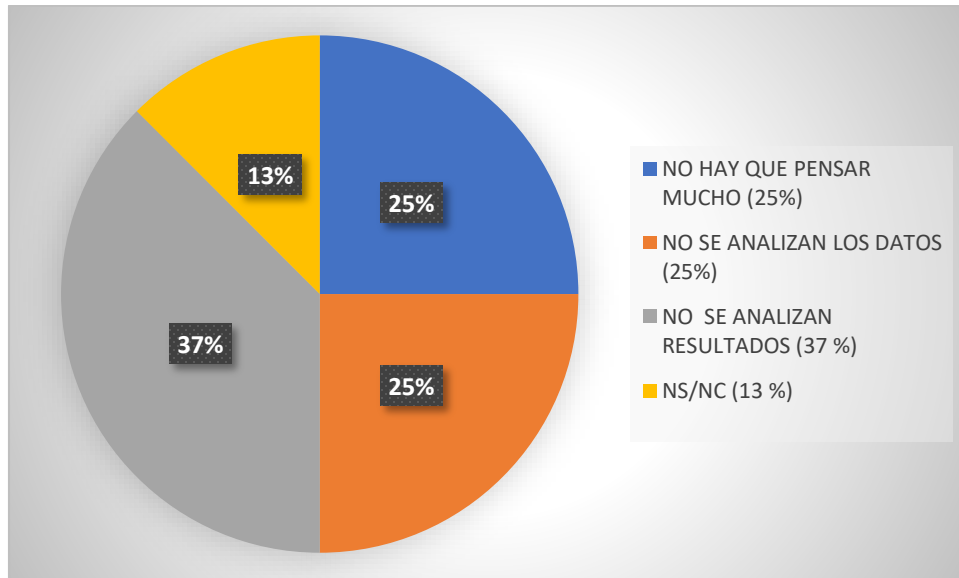


Gráfico 4- Aspectos Negativos del problema cerrado

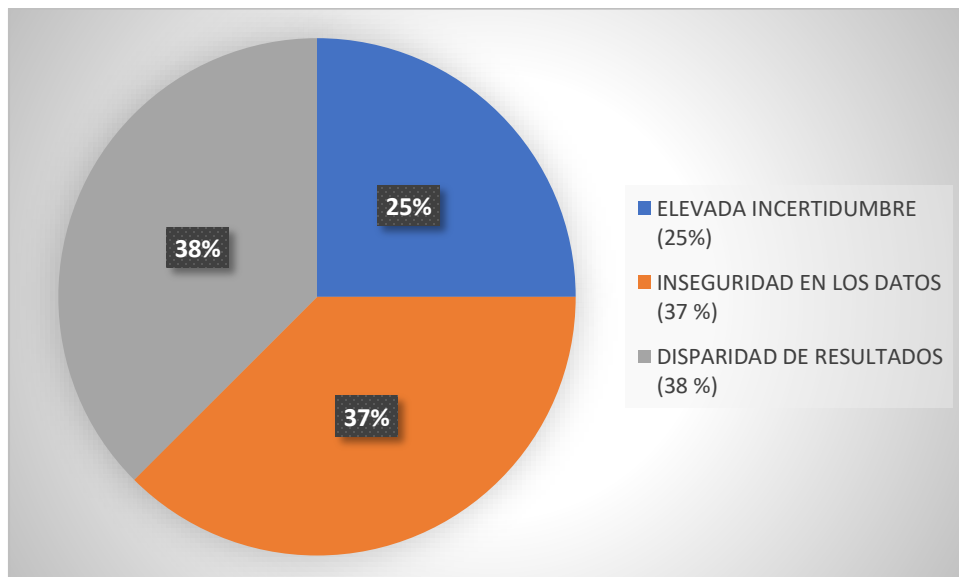


Gráfico 5- Aspectos negativos del problema abierto

d- ¿Ha resuelto problemas abiertos (en donde usted define los datos para su resolución) durante el cursado de su carrera? (tópico 6)

Problemas Abiertos, una Innovación en la Enseñanza de la Termodinámica en las carreras de Ingeniería.

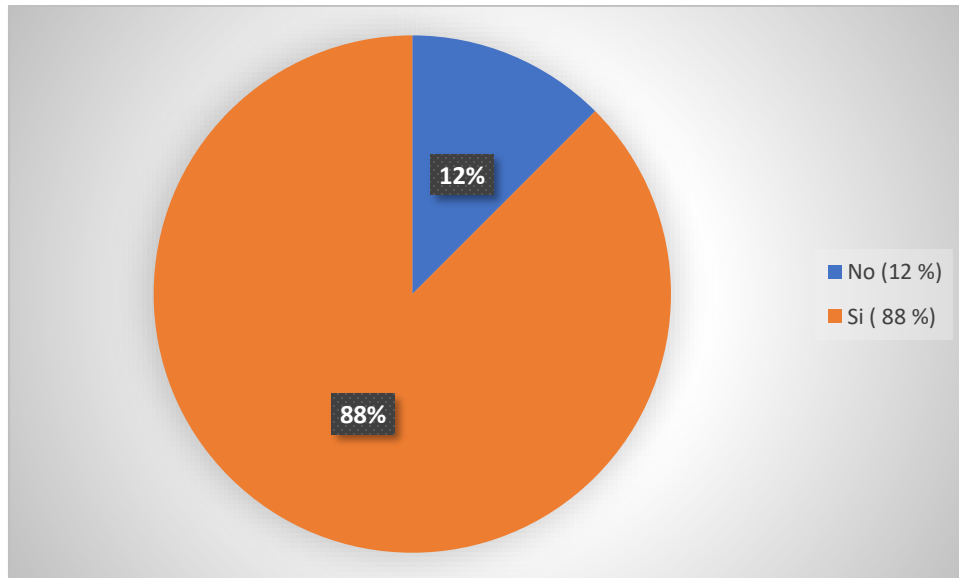


Grafico 6- Resolución de problemas abiertos

e- Identifique qué procedimiento/s mental/es pone más en juego en la resolución de cada problema.

Tabla 3- Procedimientos mentales puestos en juego

PROCEDIMIENTOS MENTALES	PROBLEMA CERRADO	PROBLEMA ABIERTO
RECUERDA O RECONOCE INFORMACION	62.5 %	2.5%
COMPRENDE O INTERPRETA INFORMACION	27.5 %	2.5%
SELECCIONA O TRANSFIERE DATOS	0%	2.5%
HACE DIFERENCIAS, HIPOTESIS, CONJETURAS, ETC	5%	50%
REALIZA UN PLAN DE ACCION	5%	37.5%
VALORA Y CRITICA RESULTADOS	0%	32%

En base a los resultados de la encuesta, podemos inferir algunas cuestiones de importancia.

1- El hecho de que los estudiantes se vieran más motivados al resolver el problema abierto se debe a que son ellos mismos los que deben construir el plan de resolución a partir de la

elección adecuada de los datos poniendo en marcha sus conocimientos previos lo cual lleva a valorar las ideas puestas en juego por todos los miembros del grupo. Hay una relación directa con lo observado en ambas clases: cuando resolvieron el problema cerrado, no hubo una discusión profunda en lo referido a como encarar la solución del problema; solamente aplicaron una técnica. En cambio, en la resolución del problema abierto las discusiones fueron mas intensas debieron negociar entre ellos una estrategia de solución antes que la técnica. Esto se relaciona con lo que afirma Pozo [4], que recomienda estas actividades, en las cuales los estudiantes tienen que aventurarse a usar sus propios conocimientos.

- 2- Es lógico que tener los datos de un problema es lo ideal; desde este punto de vista se interpreta porque los problemas cerrados presentan su costado positivo. Esto tambien se relaciona con los datos de la tabla 4: un alto porcentaje recuerda y reconoce la información y la comprende porque ya esta dada. No tienen que hacer esfuerzo para analizarla. La toman como verdad absoluta.
- 3- Algo muy importante respecto a los aspectos positivos de los problemas abiertos: un alto porcentaje dice que los obliga a razonar y analizar resultados. Evidentemente los problemas cerrados no disparan la capacidad de análisis y razonamiento. Y si las dispara lo hace en un grado mucho menor. Por eso en la tabla 7 un alto porcentaje afirma que debe realizar hipótesis, conjeturas y realizar un plan de acción para alcanzar la solución. Por otro lado, la disparidad que se presento en los resultados obtenidos en los distintos grupos de trabajo los obligo a realizar una valoración critica de los mismos. Y esto es, en definitiva, lo que deberán hacer en su vida profesional.
- 4- Un detalle curioso: ven como algo negativo de los problemas abiertos, la disparidad de los resultados, aunque todos ellos tienen una amplia posibilidad de ser correctos. Esto se debe a que no están acostumbrados a trabajar con este tipo de actividades, como se pone de manifiesto en el grafico 6. Los estudiantes están mas familiarizados con las actividades del tipo cerrado y en cierto modo, confían más en ellas.
- 5- El aspecto negativo de los problemas abiertos, relacionado con la elevada incertidumbre que provocan se debe tambien a lo poco familiarizados que están en esta forma de trabajo, aunque reconocen que es la forma de trabajo de los profesionales. En este sentido, Pozo [4] ,afirma que el utilizar verdaderos problemas en el proceso de enseñanza, como los abiertos, es la mejor estrategia para evaluar la comprensión, al enfrentar a los estudiantes a una situación en la que deben tomar decisiones para hacer un uso competente de los conocimientos disponibles.

4. Conclusiones y recomendaciones

En función de la experiencia realizada, se puede inferir que la estrategia utilizada, resultado motivadora para los estudiantes. A partir de la observación participativa, se puede destacar la creatividad y el trabajo colaborativo entre los estudiantes para abordar la situación problemática.

Problemas Abiertos, una Innovación en la Enseñanza de la Termodinámica en las carreras de Ingeniería.

En la opinión de los estudiantes, esta actividad los obligó a plantear hipótesis, aplicar conceptos vistos en otras asignaturas, como así también profundizar la capacidad de razonamiento y discutir los diversos caminos para alcanzar la solución. Destacaron como aspecto relevante que el problema abierto no tenía una única solución, sino que se presentaron varias y todas de ellas válidas.

De la experiencia didáctica presentada, se manifiesta la necesidad de utilizar tareas abiertas, que admitan más de una solución o vía de solución posible, así como técnicas indirectas (clasificación, solución de problemas, etc.) que, como la afirma Pozo [4], hagan inútil la repetición literal y acostumbrar a los estudiantes, desde los primeros años de su carrera, a aventurarse en el uso de sus propios conocimientos para resolver problemas y conflictos, desarrollando su propio conocimiento en vez de esperar una solución explícita dada por una fuente externa, llámese libro o profesor. Con esto no se quiere desechar los ejercicios y problemas cerrados, ya que son útiles para adquirir ciertas destrezas, sino que se complementen con tareas abiertas.

Recomendamos, por lo tanto, el uso de situaciones abiertas, con el objetivo de formar estudiantes desde los primeros años de las carreras de ingeniería, con el objetivo de potenciar sus habilidades cognitivas y de esta manera acercarlos paulatinamente a la forma de trabajo de los grupos de profesionales de la ingeniería.

5. Referencias

[1] PALACIOS, C; ZAMBRANO, E. (1993). Aprender y enseñar ciencias: una relación a tener en cuenta. *Proyecto Principal de Educación en América Latina y el Caribe. Unesco/Orealc*. 31, pag.54

[2] BERTOGLIA, L. (1990). Psicología del Aprendizaje. Universidad de Antofagasta (Ed.) p.111.

[3] FURIO, C.J. (1994). Contribución de la Resolución de Problemas como Investigación al Paradigma Constructivista de Aprendizaje de las Ciencias. *Investigación en la escuela*. España. v. 24, n.3, p.89-99.

[4] POZO, J.I; PEREZ ECHEVERRIA, M DEL PUY (Coord). (2009) Psicología del Aprendizaje Universitario: La formación en competencias. Ediciones Morata, S.L (Ed.). Aprender para comprender y resolver problemas. p. 31-53