

# Percepción del aprendizaje de la Física en diferentes programas de ingeniería

T. Rada Crespo<sup>a,\*</sup>, O. Hernández<sup>b</sup>, D. Rueda-Delgado<sup>c</sup>, H. Robles<sup>d</sup>, and J. C. Miranda<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Física, Universidad Del Norte,

\*email: trada@uinorte.edu.co

<sup>b</sup>Departamento de Biología y Química, Universidad Del Norte,

<sup>c</sup>Departamento de Lenguas Extranjeras, Universidad Del Norte,  
Km 5 vía Puerto Colombia, Barranquilla, Colombia.

Received 27 July 2021; accepted 27 November 2021

Este trabajo se diseñó para caracterizar y estudiar las creencias que manejan los estudiantes de diferentes programas de ingeniería con respecto al aprendizaje de la Física empleando la encuesta CLASS. Las creencias y actitudes que muestran los estudiantes hacia el aprendizaje de esta asignatura representan un buen predictor del desempeño de los estudiantes que toman los primeros cursos de ciencias y cuyos contenidos son válidos en un mundo cada vez más globalizado. Además, el conocimiento de estas creencias por parte del profesor le permitirá tener una idea más clara de lo que piensan los estudiantes sobre como aprenden esta asignatura. Por tanto, aquí se plantean ambientes de aprendizaje que potencialicen las creencias favorables y modifiquen las desfavorables, lo que representará para el profesor una alta posibilidad de mejorar los resultados en el aprendizaje de la Física. En este estudio encontramos diferencias significativas acerca de cómo el estudiante percibe la importancia de aprender Física en su formación como ingeniero dependiendo del programa de ingeniería que cursan. Es necesario entonces, que el docente establezca una línea de acción pedagógica que acerque más al estudiante a un aprendizaje efectivo y donde se orienten las competencias desarrolladas en el aprendizaje de la Física al desarrollo de su formación profesional.

*Descriptor:* Actitudes y creencias; aprendizaje de la Física; predictor de desempeño; encuesta CLASS.

This work was designed to characterize and study the beliefs held by students of different engineering programs regarding the learning of Physics using the CLASS survey. The beliefs and attitudes shown by students towards the learning of this subject represent a good predictor of the performance of students taking the first science courses and whose contents are valid in an increasingly globalized world. In addition, the teacher's knowledge of these beliefs will allow him/her to have a clearer idea of what the students think regarding the way in which they learn this subject. Therefore, we propose learning environments that potentiate favorable beliefs and modify unfavorable ones, and will represent for the teacher a high possibility of improving the results in the learning of Physics. In this study, we found significant differences in how students perceive the importance of learning Physics in their training as engineers, depending on the engineering program they are enrolled in. It is necessary then, that the teacher establishes a pedagogical line of action that brings the student closer to an effective learning and where the competences developed in the learning of Physics are oriented to the development of their professional training.

*Keywords:* Attitudes and beliefs; learning of physics; predictor of performance; CLASS survey.

DOI: <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.19.020202>

## 1. Introducción

Dentro del alto número de investigaciones realizadas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales, se han estudiado con mucha frecuencia las dificultades y errores conceptuales que presentan los estudiantes durante el aprendizaje de la Física [1, 2]. Debido a esto, recibir retroalimentación efectiva de la manera en la que los estudiantes aprenden los conceptos estudiados en el aula o en el laboratorio es muy valioso para los docentes. Durante los años noventa, se iniciaron una serie de estudios, en Norteamérica principalmente, enfocados a las epistemologías, creencias y aptitudes de los estudiantes y su comprensión de la naturaleza del conocimiento y cómo se obtiene éste [3]. Estudios posteriores han mostrado que las expectativas que tienen los estudiantes sobre las ciencias son mejores predictores del rendimiento en ciencias durante la universidad, que la cantidad de ciencias y matemáticas que recibieron en la escuela secundaria [4–7]. Estudios relacionados con las expectativas señalan su interrelación con la elección de la universidad o del programa universitario, incluso con sus personalidades [8]. Más reciente-

mente, Docktor y Mestre afirmaron que los estudiantes manifiestan actitudes y creencias sobre el aprendizaje de la Física que afectan significativamente su desempeño académico en un curso de Física [9]. Por su parte, Perkins *et al.* [10], afirma que los estudiantes que entran en un curso con creencias más favorables hacia las ciencias tienen una mayor probabilidad de lograr altos resultados de aprendizaje [10]. X. Hu *et al.* [11], destaca que otros elementos como la escuela, la familia y factores relacionados con la actitud hacia las ciencias de estudiantes de 4to grado en Hong Kong, tienen efectos importantes en sus actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias. Así mismo, en J. Osborne *et al.* [12] se señala que el argumento del continuo declive del número de estudiantes que se inclinan por las ciencias requiere investigación enfocada a las actitudes hacia las ciencias para así ser entendido y remediado. Por lo tanto, consideramos de vital importancia realizar un estudio sobre el estado de las epistemologías de los estudiantes de ingeniería hacia la Física y a su vez proponer acciones que permitan alcanzar valores más favorables de estas creencias y actitudes.

En este trabajo se indagó sobre el estado de las epistemologías de los estudiantes de ingeniería hacia la Física mediante la aplicación de la encuesta CLASS (Colorado Learning Attitudes about Science Survey [13]); posteriormente, se entrevistó un grupo reducido de estudiantes con cinco preguntas específicas de la encuesta, permitiéndoles la expresión escrita de sus opiniones. Finalmente, en este trabajo se proponen alternativas pedagógicas para confrontar creencias erradas y cambiar las creencias y actitudes desfavorables de los estudiantes.

Existen muchos estudios en los que se ha indagado sobre las epistemologías estudiantiles en el aprendizaje de la Física; entre estos, Maryland Physics Expectation MPEX [14], Views About Science Survey VASS [15], Epistemological Beliefs Assessment about Physical Science EBAPS [16], Colorado Learning Attitudes about Science Survey CLASS [13]. En cada uno de estos estudios la investigación se centró en determinar las diferentes expectativas, creencias y actitudes de los estudiantes que toman cursos de Física. Dichos estudios consisten principalmente en encuestas tipo Likert con preguntas que indagan sobre la independencia en el aprendizaje, la coherencia de los temas estudiados, los conceptos en el aprendizaje de la Física, la conexión con la realidad, la conexión con las matemáticas, el esfuerzo y el sentido de lo aprendido, entre otros.

## 2. Metodología

### 2.1. Detalles de la encuesta CLASS

La encuesta CLASS (Colorado Learning Attitude about Science Survey) es una encuesta tipo Likert de 42 preguntas, 36 de ellas consideran los creadores que son válidas para este estudio. Fue diseñada para ser resuelta en un tiempo promedio de 10 minutos y para ser aplicada a una gran población de estudiantes. CLASS fue desarrollada por profesores del departamento de Física de la Universidad de Colorado en

Boulder (EUA) y hace parte de los proyectos PhET (Physics Education Technology) y el PER@C (Physics Education Research Group en Colorado). En su proceso de validación fue aplicada a más de 2400 estudiantes de Física. Es una herramienta de evaluación que apunta al estudio de las actitudes y creencias de los estudiantes y los compara con las creencias de expertos en la Física. Mediante la aplicación de un análisis de factores y otros análisis estadísticos, además de la aplicación de criterios de utilidad para los docentes, se obtuvo una clasificación de ocho categorías de creencias y actitudes relacionadas con el aprendizaje de la Física, las cuales fueron obtenidas después de cumplir con un criterio de alto grado de validez estadística [17]. Estas categorías están descritas en la Tabla I.

La encuesta CLASS se desarrolló en inglés y ha sido traducida al árabe y finlandés, por tanto nos fue necesario realizar el proceso de validación y traducción al español [18]. En este proceso participaron cuatro profesores del Departamento de Física de la Universidad del Norte en Barranquilla (Colombia), los cuales determinaron la claridad y redacción de las preguntas en español [19]. Este proceso también incluyó entrevistas a varios estudiantes seleccionados para determinar la claridad de la traducción. La encuesta se aplicó a 719 estudiantes (223 mujeres y 496 hombres) de la Universidad del Norte en la ciudad de Barranquilla, en la primera semana de clases del primer curso de Física (Física Mecánica) en los periodos 2015-I, 2015-II y 2016-I.

### 2.2. Fiabilidad de la prueba

Los autores sugieren aplicar el método test-retest para medir la fiabilidad de la encuesta, pero debido que nuestro estudio se centró en encontrar el estado inicial o diagnóstico de las creencias, elegimos medir la consistencia interna a partir de la aplicación de la prueba Alfa de Cronbach [20]. La prueba arrojó un valor de 0.814 lo cual confirmó un nivel de consistencia alto.

TABLA I. Breve descripción de las categorías de la encuesta CLASS.

Nombre de la Categoría	Descripción
Interés personal (IP)	La importancia del aprendizaje de Física en mi vida
Conexión con el mundo real (CMR)	Pertinencia de la Física para describir el mundo que me rodea
Solución de Problemas: General (SPG)	Habilidad para la solución de problemas básicos
Solución de Problemas: sofisticación (SPS)	Habilidad para la solución de problemas más complejos
Solución de Problemas: confianza (SPC)	Confianza en la solución de problemas
Dar sentido a los resultados o esfuerzo (DS/E)	Sentido físico a los resultados y valoración al esfuerzo realizado en la resolución de un problema
Conexión conceptual (CC)	Relación entre los conceptos y su conexión con el análisis de las situaciones físicas
Comprensión y aplicación conceptual (CAC)	La importancia de comprender los conceptos físicos y como aplicarlos en explicación de los fenómenos y en la solución de problemas

TABLA II. Relación de número de encuestados por programa de ingeniería y género.

Programa Ingeniería	N	Mujeres (M)	Hombres (H)
Ing. Civil (ICV)	183	69	114
Ing. Eléctrica (IET)	77	20	57
Ing. Industrial (IIN)	176	88	88
Ing. Electrónica (IEL)	56	13	43
Ing. Mecánica (IMC)	150	24	126
Ing. Sistema (IST)	77	9	68
Total	719	223	496

### 2.3. Aplicación de la encuesta

Con el previo consentimiento de los estudiantes, la encuesta fue aplicada a través de un formulario en línea utilizando la aplicación Google Forms tomando, junto a la encuesta, otros datos pertinentes como: el nombre, la edad, sexo y programa de ingeniería que cursan. La Tabla II muestra la discriminación del número de estudiantes (N) por ingeniería y el sexo (H y M).

Una hoja de cálculo suministrada por los autores de la encuesta permite realizar los análisis estadísticos descriptivos de los datos obtenidos, que incluye: ordenamiento de los datos, cálculos de los promedios y porcentajes de favorabilidad y desfavorabilidad en cada una de las ocho categorías de creencias en Física, además del análisis del comportamiento general del estudiante en la encuesta. El porcentaje de favorabilidad se mide como el porcentaje promedio de las declaraciones a las que los estudiantes responden como un físico experto lo haría.

### 2.4. Descripción del estudio

El estudio se dividió en cuatro partes: inicialmente se realizó un análisis del desempeño general de 719 estudiantes (223 mujeres y 496 hombres, Tabla II) enmarcados en cada uno de los programas de ingeniería en la encuesta. Este análisis nos permitió tener una visión general de las creencias y actitudes de los estudiantes según su programa de formación en comparación con la expresada por los expertos. Asimismo hemos comparado este resultado con los obtenidos en otras universidades en los diferentes países donde se ha aplicado CLASS. Con esta comparación determinamos el estado de los estudiantes encuestados de los distintos programas de ingeniería de la universidad con relación a una referencia más universal.

Posteriormente, se realizó un análisis detallado de los resultados en cada una de las ocho categorías del estudio. En la tercera parte se examinaron los resultados por programas de ingeniería, destacando los porcentajes más altos y los más bajos en cada categoría. Para ello, se seleccionó un grupo focal de 16 estudiantes de IIN e IST, programas con los más bajos porcentaje de favorabilidad en la encuesta CLASS

ejecutada en 5 de 8 categorías. Este grupo se escogió para contestar preguntas seleccionadas y así analizar directamente las razones que ellos manifiestan para su respuesta. Esto evidencia la diferencia observada con respecto a los estudiantes de IMC, que tienen alta favorabilidad en estas categorías. Así mismo, el reducido número de estudiantes para el grupo focal facilita aplicar una prueba escrita de respuesta abierta y el procesamiento de la información.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Análisis del resultado general

La encuesta CLASS incluye una categoría adicional a las ocho descritas anteriormente. Esta categoría es llamada General y se obtiene a partir del promedio de los resultados obtenidos por los estudiantes en las 36 preguntas válidas de la encuesta (42 en total). Esta categoría ofrece una descripción bastante completa de las creencias de los estudiantes y nos permite clasificar su estado en: (1) más cercana (favorable) o (2) más alejada (desfavorable) de la opinión de los expertos, entendiendo la clasificación más cercana al experto como aquella donde el desempeño del estudiante en la encuesta se aproxima más a los resultados expresados por los expertos consultados por la Universidad de Colorado. En la Tabla III podemos observar los resultados en porcentajes de la favorabilidad y la desviación estándar de la categoría general en cada una de los programas de ingeniería de la universidad escogida.

Se observa un desempeño favorable mayor en los estudiantes de ingeniería mecánica (62.5 %) y un desempeño más bajo para los programas de ingeniería civil e ingeniería industrial (53.9 %). Un análisis de varianza indica diferencias estadísticamente significativas entre el promedio de respuestas favorables en la categoría general para estos grupos,  $F = 6.354$ ,  $p < 0.001$ . La prueba de homogeneidad de varianzas de Levene indica que los grupos de estudio tienen varianzas iguales ( $p > 0.05$ ). Las pruebas post-hoc de Tukey, resumidas en la Tabla IV, muestran que los estudiantes de ingeniería mecánica son estadísticamente diferentes a los

TABLA III. Resultados de la favorabilidad en porcentaje, error, y desviación estándar en la categoría general por programas.

Programa Ingeniería	Favorabilidad general (%)	Desviación estándar
Ing. Mecánica (IMC)	62.5±1	17.1
Ing. Electrónica (IEL)	55.8±2	16.0
Ing. Eléctrica (IET)	60.2±2	17.8
Ing. Sistema (IST)	55.7±2	17.2
Ing. Civil (ICV)	53.9±1	16.9
Ing. Industrial (IIN)	53.9±1	14.7
Todos los programas	56.5±1	16.8

TABLA IV. Diferencia en porcentaje (%) del promedio favorable en la Categoría General del grupo de ingeniería mecánica respecto de los otros programas. Resultados obtenidos con la prueba post-hoc de Tukey (el asterisco indica significación estadística en un nivel  $p < 0.05$ ).

Grupo i	Grupo j	Diferencia de medias (i-j)	Sig.
IMC	ICV	8.5534*	0.000
	IEL	6.6785*	0.046
	IET	2.3313	0.946
	IIN	8.6332*	0.000
	IST	6.8001*	0.040

estudiantes de ingeniería civil, ingeniería electrónica, ingeniería industrial e ingeniería de sistemas, señalados con un asterisco (\*), pero no tienen diferencias estadísticamente significativas con los estudiantes de ingeniería eléctrica. Los estudiantes de ingeniería civil, ingeniería eléctrica, ingeniería industrial y de sistemas no mostraron diferencias estadísticas significativas entre sí en esta categoría.

El promedio total de la categoría general obtenido por todas las ingenierías fue de 56.5 % con una desviación estándar de 16.8. Este resultado presenta una gran similitud con los resultados obtenidos en otros estudios realizados con CLASS en universidades de otros países a los estudiantes de ingeniería antes de iniciar el primer curso de Física (estudio preuniversitario): en la Universidad de Colorado en Boulder, EUA, la encuesta se aplicó a 864 estudiantes y el promedio obtenido fue 64 % [10]; en la Universidad de California en San Diego, EUA, la encuesta se aplicó a 533 estudiantes y el promedio obtenido fue 53.9 % [21]; y en la Universidad King Saud en Riyadh, Arabia Saudita se aplicó a 305 estudiantes y el promedio obtenido fue 55 % [22].

### 3.2. Análisis descriptivo de resultados por categorías

En la Fig. 1 se muestran los resultados de las ocho categorías de CLASS, en la cual aparecen los porcentajes favorables y desfavorables obtenidos por los estudiantes con respecto a los resultados de los expertos. Se observa inmediatamente un porcentaje alto de favorabilidad en las categorías CMR e IP con porcentajes favorables de  $74.2 \pm 1$  % y  $72 \pm 1$  % respectivamente. Estos resultados están relacionados de manera importante con la creencia de los estudiantes de ingeniería que la Física debe ser de interés para ellos, ya que esta ciencia los formará y les entregará adiestramiento del manejo conceptual, de la comprensión de principios, del estudio analítico y la solución de problemas de situaciones físicas comunes y/o de alto grado de dificultad acordes con su formación como ingenieros. Estos hallazgos también guardan bastante similitud con los resultados obtenidos para las mismas categorías en otros estudios realizados con CLASS de otros países.

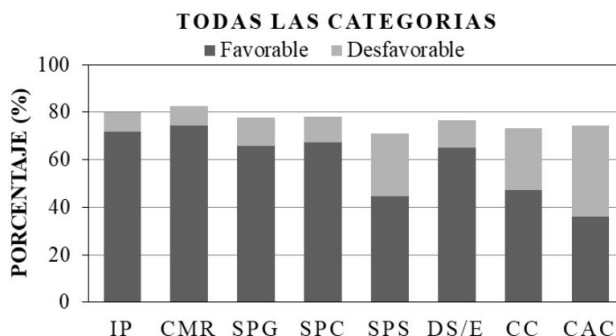


FIGURA 1. Porcentajes de favorabilidad y desfavorabilidad en las ocho categorías.

Otras categorías que muestran valores altos de favorabilidad son las relacionadas con la conexión matemática-física las cuales, en el estudio CLASS se relacionan con la solución de problemas. Se obtuvieron porcentajes de  $65.9 \pm 1$  % para SPG y  $67.2 \pm 1$  % para SPC. Este resultado muestra una fuerte creencia de los estudiantes en el sentido de que la habilidad de solucionar problemas en ingeniería es un aspecto importante para su formación profesional.

Los estudiantes de todas las ingenierías valoran la capacidad de manejar las fórmulas matemáticas y las ecuaciones físicas e interpretar los resultados en la solución de los problemas de Física y darle sentido al mismo, lo que se puede apreciar en el resultado de  $67.3 \pm 1$  % en la categoría DS/E. Sin embargo, el hecho que en la categoría SPS se obtuvo un valor significativamente bajo de 44.6 1 %, sugiere una inclinación de los estudiantes a depender demasiado de la disposición de la totalidad de la información para solucionar el problema. Por ejemplo, si no disponen de una ecuación en particular para solucionar un problema o si ésta no es suministrada por los profesores, los estudiantes creen que éste no se puede solucionar como lo muestra el resultado de la pregunta 21 (35.4 %) en la Fig. 2. El estudio muestra también poca disposición para esforzarse a encontrar un camino diferente e independiente para resolver el problema si no es similar a los problemas resueltos en clase por el profesor (pregunta 22, 16.5 %).

Esta falta de independencia en el aprendizaje también se muestra de forma significativa en los resultados obtenidos en

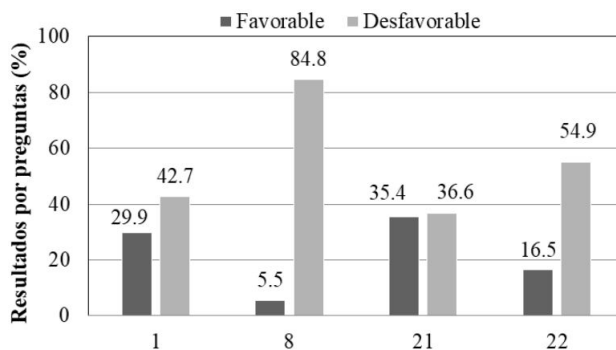


FIGURA 2. Resultados porcentuales de favorabilidad para las preguntas 1, 8, 21 y 22.

TABLA V. Porcentajes de favorabilidad en cada una de las categorías por programa de ingeniería y su error estándar promedio. Los valores más altos están escritos en negrita y los valores más bajos están escritos en cursiva.

Programa	N	IP (%)	CMR (%)	SPG (%)	SPC (%)	SPS (%)	DS/E (%)	CC (%)	CAC (%)
ICV	183	70.6±2	73.1±2	62.2±2	63.0±2	41.3±2	61.9±2	44.6±2	34.0±2
IET	77	74.1±4	<b>79.5±1</b>	70.8±3	71.9±3	49.4±3	68.4±3	52.1±3	41.3±3
IIN	176	65.6±2	71.7±2	62.4±2	63.5±2	39.3±2	63.4±2	44.5±2	33.0±2
IEL	56	72.7±3	73.4±4	62.7±3	62.3±3	43.7±3	65.2±3	45.2±3	34.1±3
IMC	150	<b>81.8±2</b>	78.8±2	<b>74.3±2</b>	<b>76.5±2</b>	<b>53.8±2</b>	<b>71.2±2</b>	<b>54.0±2</b>	<b>42.4±2</b>
IST	77	68.6±3	71.1±3	67.0±3	69.8±3	46.1±3	65.1±3	44.3±3	34.5±3

las categorías CC y CAC con porcentajes de favorabilidad de  $47.1 \pm 1\%$  y  $36 \pm 1\%$  respectivamente. La afirmación “*la memorización de toda la información que se necesita saber para solucionar un problema (formulas, constantes y ecuaciones) es significativa para el aprendizaje de la Física*” (pregunta 1) obtuvo un porcentaje de favorabilidad de solo el 29.9%. Este resultado indica que la mayoría de estudiantes que participaron del estudio difieren en gran medida en esta creencia con lo que piensan los expertos, en el sentido que no es necesario memorizar la totalidad de ecuaciones y fórmulas para enfrentar la solución de un problema en Física, ya que la relación entre las variables de un problema no están necesariamente relacionada en una única ecuación (pregunta 8), sino que en ocasiones es necesario hacer uso de diversos desarrollos alternativos para encontrar la solución pedida. Esto se observa en el resultado de la pregunta 8, la cual muestra un porcentaje desfavorable del 84.8%.

Para buscar una explicación a este resultado y conociendo que los estudiantes encuestados están tomando el primer curso de Física, debemos estudiar la forma cómo enfrentan su estudio en una etapa anterior. La forma más común de presentar los cursos de Física en secundaria induce a los estudiantes a memorizar un grupo de fórmulas y a aprenderse una receta o mecanismo para aplicarlas a la solución de problemas sin el análisis de la situación física planteada en el problema. Esta es una de las principales quejas expresadas por los profesores que imparten los primeros cursos de Física y de los mismos alumnos que así lo manifiestan.

### 3.3. Resultados por programas de ingeniería: comparación estadística

La Tabla V muestra los resultados de los porcentajes de favorabilidad hallados con CLASS en cada uno de los programas de ingeniería para las ocho categorías de la encuesta. En la mayoría de los casos no se observan mayores diferencias en las creencias en cada uno de los grupos diferenciados de estudiantes. Sin embargo, hay una tendencia que resalta en los resultados: el grupo de ingeniería mecánica mostró los mayores porcentajes de favorabilidad en siete de las ocho categorías, mientras que el grupo de estudiantes de ingeniería de sistemas mostró los más bajos resultados de favorabilidad en tres de las ocho categorías. Además, el valor más bajo de

TABLA VI. Resultados de prueba post-hoc HSD Tukey ordenada por subconjuntos homogéneos para la categoría IP.

Programa	Grupo 1	Grupo 2
IIN	65.625	–
IST	68.615	–
ICV	70.583	70.583
IEL	72.727	72.727
IET	74.107	74.107
IMC	–	81.778
p	0.262	0.053

favorabilidad se obtuvo en la categoría comprensión y aplicación conceptual (CAC) con un valor de 33.0%.

Al aplicar el análisis post-hoc de Tukey en la categoría IP utilizando el software SPSS, nos arroja la Tabla 6, donde se visualizan las medias de los valores de favorabilidad de la categoría IP para todas las ingenierías en los subconjuntos homogéneos para  $\alpha = 0.05$ . Los espacios en blanco, representados por dos guiones (–), indican que existe una diferencia significativa entre los estudiantes de IMC (en el grupo 1) con los estudiantes de IIN e IST en el grupo 2. Sin embargo, no se encontraron diferencias en esta misma categoría para los estudiantes de IET e IEL, evidenciado por la presencia de valores en ambos grupos.

La Tabla VII muestra los resultados de la prueba post-hoc de Tukey por programas en las cuatro categorías restantes, donde se aprecia que en las categorías de solución de problemas- general (SPG), solución de problemas-confianza (SPC) y solución de problemas-sofisticación (SPS) se evidenciaron diferencias entre los estudiantes de IMC y los estudiantes de ICV, IIN e IEL, pero no se encontraron diferencias con los estudiantes de IET e IST.

En la categoría de Dar Sentido a los resultados/Esfuerzo (DS/E) no se hallaron diferencias significativas entre los estudiantes. En la categoría de Comprensión/Aplicación Conceptual (CAC) se encontraron diferencias significativas entre los estudiantes de IMC con los estudiantes de IIN. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la categoría Conexión con el Mundo Real (CMR).

TABLA VII. Resultados de prueba post-hoc HSD Tukey ordenada por subconjuntos homogéneos (grupo 1 y grupo 2). No se muestran las medias en los grupos.

SPG		SPC		SPS		CAC	
1	2	1	2	1	2	1	2
–	ICV	–	IEL	IIN	–	IIN	–
–	IIN	–	ICV	ICV	–	ICV	ICV
–	IEL	–	IIN	IEL	IEL	IEL	IEL
IST	IST	IST	IST	IST	IST	IST	IST
IET	IET	IET	IET	IET	IET	IET	IET
IMC	–	IMC	–	–	IMC	–	IMC
.317	.143	.589	.195	.053	.055	.070	.067

### 3.4. Análisis de las preguntas abiertas

Estos resultados reincidentes en las diferencias significativas de los estudiantes de IIN e IST con respecto a los estudiantes de IMC, nos condujeron a buscar algunas luces de esas diferencias. Por ello, con el fin de explorar razones que llevaban a los estudiantes a responder de cierta forma (favorable o desfavorable) se eligieron 5 preguntas específicas (8, 13, 14, 21, 34) de la encuesta que representan las categorías CCA, SPG, IP, SPS y SPC. Para ello se seleccionó una muestra a conveniencia de 16 estudiantes de IIN e IST (programas que tienen muy bajos niveles de favorabilidad) para observar directamente las razones que ellos manifiestan, y lo que marca diferencias con respecto a los estudiantes de IMC que tienen alta favorabilidad en esas categorías.

Estas 5 preguntas escogidas tenían la misma estructura tipo Likert de la encuesta y además se les solicitó a los estudiantes que expresaran sus razones agregando la frase “*Explique brevemente su respuesta*”. Cuando se revisaron las respuestas escritas y se hizo su análisis se encontraron los aspectos que se describen a continuación, parafraseando las preguntas para facilitar la redacción de este artículo:

**P8. Cuando resuelvo un problema de Física, busco una ecuación que utilice las variables dadas en el problema y las relaciono con los valores dados.**

De los estudiantes consultados, sólo uno concuerda con los expertos. Además en las explicaciones dadas, se deduce que para la resolución de problemas la tendencia es relacionar datos con fórmulas y no con conceptos o análisis de situaciones planteadas.

Ello evidencia las enormes dificultades al plantear situaciones conceptuales o teóricas como ha sido expresado y vivenciado por Eric Mazur, quien basado en esas experiencias implementó de manera consistente lo que hoy se conoce como instrucción por pares [23]. Adicionalmente, varias investigaciones han documentado cuidadosamente la comprensión en estudiantes universitarios de una variedad de tópicos en Física y han llegado a la conclusión que los cursos que se enseñan de una manera tradicional contribuyen muy po-

co en los conceptos centrales en Física aún si los estudiantes tienen buenos desempeños en la resolución de problemas [15, 24, 25].

**P13. No espero que las ecuaciones en Física me ayuden a la comprensión de las ideas; ellas son sólo para realizar cálculos.**

Los términos comprender, comprensión o entender se destacan en las respuestas dadas. Sin embargo, los contextos de esos términos varían en ello, ya que las respuestas en su elección están repartidas casi que en igualdad de condiciones (31 % favorable, 31 % desfavorable y 37 % neutro).

**P14. Estudio Física para tener un aprendizaje que me será útil en mi vida fuera de la universidad**

De acuerdo con las respuestas dadas a esta pregunta encontramos que 10 de ellas pueden considerarse favorables hacia la importancia de la Física en la vida de los estudiantes fuera de la universidad, mientras que 6 estudiantes tienen una concepción desfavorable del efecto de la Física en sus vidas. Llama la atención que, a pesar que 6 estudiantes marcaron una respuesta neutral, en sus comentarios vemos que 4 se orientan hacia una respuesta desfavorable mientras que solo dos se inclinan hacia una respuesta favorable.

Teniendo en cuenta que los autores de la encuesta CLASS distinguen claramente la Física como asignatura (como un requisito más para poderse graduar) de la Física como una ciencia (que le aporte a su entendimiento de las cosas y su método), se percibe en sus escritos que muchos de estos estudiantes la ven como asignatura. Este resultado nos permite inferir que la favorabilidad del 76 % observada en el global de todas las ingenierías para esta pregunta se debe, en su mayoría, a las contribuciones de estudiantes de los otros programas con excepción de ingeniería industrial, lo cual señala las diferencias entre estudiantes de distintos programas de ingeniería. Esta posición de los estudiantes concuerda con los resultados en Nelson Laird y colegas (2008) en los que se muestra que la disciplina tiene efectos en el aprendizaje profundo de los estudiantes y por ende en la importancia que les dan a algunas asignaturas durante sus estudios [26].

**P21. Si no recuerdo una ecuación en particular, necesitaría para resolver un problema en un examen, no hay mucho que pueda hacer (legalmente) para resolverlo**

Las respuestas indican que 7 estudiantes concuerdan con los expertos (44 %), otros 7 señalan una respuesta neutral y solo dos estudiantes expresan que dependen de las fórmulas para resolver un problema. Sin embargo, en las respuestas escritas la mayoría, incluidos los neutrales, coinciden en que la recursividad en ellos es fundamental para resolver un problema, incluso algunos destacan el poder conceptual como elemento primario para ello.

**P34. Normalmente puedo encontrar una forma de resolver los problemas de Física**

La mayoría de los estudiantes de este grupo marcaron de manera favorable a esta pregunta (69 %), cuatro estudiantes marcaron la respuesta como neutra y sólo un estudiante de manera desfavorable. También señalan que, para lograrlo, son

importantes los conocimientos previos e incluso, algunos expresan una conciencia del esfuerzo que se requiere para resolver los problemas.

Del resumen de estas preguntas y lo expresados por los estudiantes, de IIN en particular, se notan unas diferencias conceptuales claras en cuanto a la posición de los expertos y la posición de los novatos, que quedan expresadas tácitamente en las respuestas a las preguntas P8, P13 y P14. De estas se deduce que los estudiantes de IIN perciben la Física como una asignatura a aprobar dentro del currículo, pero un poco descontextualizadas de sus aplicaciones o utilidad como futuros ingenieros, lo cual concuerda de cierta forma con lo hallado en Nelson Laird *et al.* (2008) [26] en las respuestas a P14.

### 3.5. Propuestas metodológicas

A la luz de los resultados obtenidos con la aplicación de la encuesta CLASS y teniendo en cuenta que un mayor valor de favorabilidad en los niveles de creencias y actitudes en Física produce un mejor resultado en el aprendizaje de la misma [13], es necesario que los profesores que tienen a su cargo enseñar los cursos de Física, además de interesarse en proponer opciones metodológicas que impacten en el mejoramiento de los procesos de enseñanza—aprendizaje, también deberían proponer acciones que resulten en el incremento de estos niveles de epistemologías de los estudiantes. Los datos han mostrado que existe una tendencia en los estudiantes a disminuir los niveles de creencias después de recibir un curso de Física, sin embargo, también se halló que si los profesores preparan el curso de tal forma que atiendan las creencias y actitudes de los estudiantes podría haber un incremento significativo en estos niveles [27]. Por tanto, una parte importante para el aprendizaje de la Física debe implicar un esfuerzo por parte de los profesores para activar los recursos epistemológicos propios de los estudiantes que favorezcan a las creencias más favorables para el aprendizaje de la Física. Hammer [27] propone que una forma efectiva para confrontar las creencias erradas de los estudiantes consiste principalmente en modificar los recursos metodológicos que los estudiantes activan en su proceso de aprendizaje.

Algunos ejemplos de prácticas relevantes para activar estos recursos y mejorar sus niveles de creencias hacia la Física son:

- Debates durante las clases.
- Diseño y construcción de montajes o artefactos que impliquen principios físicos [28].
- Juegos de modelado [29].
- Instrucción por pares [30].
- Mapas conceptuales y diagramas V de Gowin [31]. Allí se propone “desarrollar las estrategias cognitivas

(aprendizaje y creativas) adecuadas para que los alumnos logren construir significados en relación al conocimiento en Física y así obtener un alto rendimiento académico.”

Por otra parte, el uso de las metodologías activas ha resultado muy exitoso en la formación de ingenieros [32] y por supuesto, la enseñanza de la Física no es una excepción. Por tanto, existen metodologías que han demostrado ser efectivas en el desarrollo de actitudes favorables para la Física. Algunas metodologías relevantes en el desarrollo de actitudes favorables para la Física son:

- Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Barrows y Tamblyn [33] lo definen como el aprendizaje que resulta del proceso de trabajar hacia el conocimiento de la resolución de problemas. Sánchez *et al.* [1] aplican el ABP con la intención de facilitar y promover la adquisición de aprendizaje significativo de conceptos, procedimientos, actitudes, principios y leyes en la enseñanza de la cinemática.
- Aprendizaje Cooperativo (AC). Springer *et al.* [34] mostraron que varias formas de aprendizaje en grupos pequeños son eficaces para promover un mayor rendimiento académico, actitudes más favorables hacia el aprendizaje y mayor persistencia a través de los cursos y programas. El resultado del 69 % de favorabilidad en la pregunta 19 de la encuesta muestra la tendencia en los estudiantes a considerar el trabajo con sus compañeros y amigos como una buena estrategia para aprender Física. Este resultado es una buena señal para aplicar esta metodología.
- Aprendizaje orientado a proyectos (AOP). El AOP consiste en involucrar a los estudiantes en proyectos reales o multidisciplinarios que propicien la aplicación de lo que se ha aprendido en la clase [35, 36]. Así mismo, la actividad experimental en los cursos de Física es un espacio de aplicación directa de las leyes físicas y si se puede tornar en un ambiente que cause placer, como lo menciona Riveros [37], llegará a ser una herramienta poderosa.

## 4. Conclusión

Las creencias y actitudes de los estudiantes representan un aspecto importante en el proceso de aprendizaje de la Física y es un factor a tener en cuenta por los profesores que imparten esta asignatura, especialmente en el primer curso de Física que toman los estudiantes en la universidad. En nuestro estudio indagamos con la encuesta CLASS, traducida al idioma español, acerca de los niveles de favorabilidad de las creencias de los estudiantes de ingeniería que toman el primer curso de Física (Física Mecánica) con el fin de obtener un diagnóstico acerca de cuáles son aquellas que más enmarcan sus expectativas. Se compararon los resultados obtenidos

para el puntaje general de la prueba y se encontró mucha similitud a los resultados obtenidos en otros lugares del mundo. Esto no es una prueba contundente de que las creencias y actitudes que tienen los estudiantes hacia la Física sean exactamente iguales en todo el mundo, pero si nos permite asegurar que las dificultades que tienen los profesores para enseñar en los primeros cursos de Física comparten en gran medida una lucha contra estas epistemologías desfavorables. Se hallaron valores relativamente altos de favorabilidad en las creencias que relacionan la importancia de la Física en la formación como ingeniero (IP), en las competencias relacionadas con la observación y descripción de fenómenos (CMR), identificación y solución de problemas (SPG, SPC), interpretación y análisis de resultados (DS/E). Sin embargo, se encontraron evidencias de la separación mental que los estudiantes hacen entre estas habilidades fundamentales y la necesidad de la comprensión del aspecto conceptual de la Física (CC, CAC), ya que los resultados obtenidos en estas categorías fueron más bajos. Se evidenció también una alta dependencia del estudiante hacia las explicaciones del profesor, debido a que consideran que su capacidad de resolver problemas está directamente relacionada con la cantidad y el tipo de ejemplos que el instructor desarrolla en las clases y la similitud que

estos ejemplos guardan con los problemas propuestos en la lista de tareas.

En nuestros resultados encontramos diferencias significativas en los niveles de creencias y actitudes entre los estudiantes de los diferentes programas de ingenierías. Los más altos niveles de favorabilidad en las epistemologías fueron obtenidos por los estudiantes de IMC y los más bajos, los estudiantes de IIN. Esto nos permite suponer que los estudiantes de IMC consideran su formación en Física mucho más necesaria e importante que los estudiantes de IST, ya que concluimos que estos últimos no relacionan de manera directa el estudio de la Física con su formación profesional. Se encontró en la encuesta una alta dependencia de los estudiantes hacia el profesor y los problemas de ejemplo que resuelve en la clase y también una tendencia a resolver los problemas basados solamente en la búsqueda de una ecuación que contenga la mayor cantidad de variables relacionada con el enunciado problema, descartando de inmediato la necesidad de un mayor esfuerzo para el análisis de la situación Física como el primer paso para la solución del mismo. En nuestro estudio proponemos crear ambientes que favorezcan el mejoramiento de los niveles de creencias de los estudiantes, a través de metodologías activas que han demostrado ser exitosas para obtener un mejor aprendizaje de la Física.

1. S. Flores-García, L.L. Alfaro-Avena, J.E. Chávez-Pierce, J. Luna-González, and M.D. González-Quezada, *Students' difficulties with tension in massless strings*, *Am J Phys* **78** (2010) 12, <https://doi.org/10.1119/1.3490008>.
2. Ruth A. Streveler, T.A. Litzinger, R.L. Miller, and P.S. Steif, *Learning Conceptual Knowledge in the Engineering Sciences: Overview and Future Research Directions*, *J.E.E.* **97** (2008) 3, <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00979.x>.
3. D. Hammer, *Epistemological beliefs in introductory physics*, *Cog. Instr.* **12** (1994) 2, <https://www.jstor.org/stable/3233679>.
4. P.M. Sadler, and R.H. Tai, *Success in introductory college physics: The role of high school preparation*, *Sci. Ed.* **85** (2001) 2, [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200103\)85:2\(111::AID-SCE20\)3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200103)85:2(111::AID-SCE20)3.0.CO;2-O).
5. J. House, *Student Motivation and Achievement in College Chemistry*, *I.J.I.M.* **21** (1994) 1.
6. J. House, *Student Motivation, Previous Instructional Experience, and Prior Achievement as Predictors of Performance in College Mathematics*, *I.J.I.M.* **22** (1995) 2.
7. M. Marušić, and Z. Hadžibegović, *Student attitudes towards astronomy: A bi-country questionnaire results*, *Rev. Mex. Fis. E.* **64** (2018) 1, [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-35422018000100061](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35422018000100061).
8. G.R. Pike, *Students' Personality Types, Intended Majors, and College Expectations: Further Evidence concerning Psychological and Sociological Interpretations of Holland's Theory*, *Res High Educ* **47** (2006) 7, <https://doi.org/10.1007/s11162-006-9016-5>.
9. J.L. Docktor, and J.P. Mestre, *Synthesis of discipline-based education research in physics*, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* **10** (2008) 020119, <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTPER.10.020119>.
10. K.K. Perkins, W.K. Adams, S.J. Pollock, N.D. Finkelstein, N. D. and C.E. Wieman, *Correlating Student Beliefs With Student Learning Using The Colorado Learning Attitudes about Science Survey*, *AIP Conference Proceedings* **790** (2005) 1, <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.2084701>.
11. X. Hu, Frederick K.S. Leung, and G. Chen, *School, family, and student factors behind student attitudes towards science: The case of Hong Kong fourth-graders*, *Int J Educ Res* **92** (2018) 12, <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2018.09.014>.
12. J. Osborne, S. Simon, and S. Collins, *Attitudes towards science: A review of the literature and its implications*, *Int J Educ Res* **25** (2003) 9, <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>.
13. W.K. Adams, et. al., *New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey*, *Am Phys Soc.* **2** (2006) 1, <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTPER.2.010101>.
14. E.F. Redish, J.M. Saul, and R.N. Steinberg, *Student expectations in introductory physics*, *Am J Phys* **66** (1998) 3, <https://doi.org/10.1119/1.18847>.



15. I.A. Halloun, and D. Hestenes, *The initial knowledge state of college physics students*, Am J Phys. **53** (1985) 11, <https://doi.org/10.1119/1.14030>.
16. A. Elby, J. Frederiksen, C. Schwarz, and B. White, *Epistemological Beliefs Assessment for Physical Science*, (2019), <http://www.physics.umd.edu/~elby/EBAPS/home.html>.
17. C.E. Wieman, and W.K. Adams, *On the Proper Use of Statistical Analyses; a Comment on "Evaluation of Colorado Learning Attitudes about Science Survey" by Douglas et al*, **2019** (2015) 12, <https://arxiv.org/abs/1501.03257>
18. Science Education Initiative at University of Colorado Boulder, *CLASS (Colorado Learning Attitudes about Science Survey)*, (2003), <http://www.colorado.edu/sei/class/>.
19. J.C. Miranda, and T. Rada, *An examination of the beliefs about physics and learning physics among engineering students*, Int. J. Eng. Educ. **34** (2018) 1, <https://www.ijee.ie/latestissues/Vol34-4/26.ijee3645.pdf>
20. L.J. Cronbach, *Coefficient alpha and the internal structure of tests*, Psychometrika **16** (1951) 3, <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
21. E. Gire, E. Price, and B. Jones, *Characterizing the Epistemological Development of Physics Majors*, Physics Education Research Conference 2006 **883** (2006) July 26-27, <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.2508692>.
22. H. Alhadlaq et al., *Measuring Students' Beliefs about Physics in Saudi Arabia*, AIP Conference Proceedings **1179** (2009) 1, <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.3266756>.
23. E. Mazur, *Peer Instruction: A User's Manual*, Series in Educational Innovation (1997), <https://mazur.harvard.edu/publications/peer-instruction-users-manual>.
24. L.C. McDermott, *Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap*, Am J Phys. **59** (1991) 4, <https://doi.org/10.1119/1.16539>.
25. R.R. Hake, *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, Am. J. Phys. **66** (1998) 1, <https://doi.org/10.1119/1.18809>.
26. T.F. Nelson Laird, R. Shoup, G.D. Kuh, and M.J. Schwarz, *The Effects of Discipline on Deep Approaches to Student Learning and College Outcomes*, Res. Hig. Ed. **49** (2008) 6, <https://doi.org/10.1007/s11162-008-9088-5>.
27. D. Hammer, *Student resources for learning introductory physics*, Am. J. Phys. **68**, (2000) S1, <https://doi.org/10.1119/1.19520>.
28. I. Harel, and S. Papert, *Constructionism: research reports and essays, 1985-1990*, (1991) <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00692031>.
29. D. Hestenes, *Modeling games in the Newtonian World*, Am J Phys. **60** (1992) 8, <https://doi.org/10.1119/1.17080>.
30. J. Watkins, and E. Mazur, *Just in Time Teaching and Peer Instruction, Just in Time Teaching Across the Disciplines, Across the Academy* (2009).
31. J.A. Pulgar, I.R. Sánchez, *Impacto de un programa de renovación metodológica en las estrategias cognitivas y el rendimiento académico en cursos de Física Universitaria*, Formación universitaria **7** (2014), [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50062014000500002&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062014000500002&nrm=iso).
32. K.P. Rodríguez Serrano, M.A. Maya Restrepo, and J.S. Jaén Posada, *Educación superior en Ingenierías: de las clases magistrales a la pedagogía del aprendizaje activo*, Ingeniería y Desarrollo **30** (2012) 06, [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-34612012000100008&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612012000100008&nrm=iso).
33. H. Barrows and R. Tamblyn, *Problem-based learning: an approach to medical education*, Springer Publishing Company, (1980).
34. L. Springer, M.E. Stanne, and S.S. Donovan, *Effects of Small-Group Learning on Undergraduates in Science, Mathematics, Engineering, and Technology: A Meta-Analysis*, Rev. Educ. Res. **69** (1999) 1, <https://doi.org/10.3102/00346543069001021>.
35. M. Lehmann and P. Christensen, X. Du and M. Thrane, *Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education*, Eur. J. Eng. Educ. **33**, (2008) 3, <https://doi.org/10.1080/03043790802088566>.
36. S.M. Coello Pisco, Y.A. González Cañizalez, J.A. Hidalgo Crespo, J.J. Barzola Montesés, and L.M. Alonso Aguila, *Desarrollo de habilidades STEM en estudiantes universitarios de Física mediante proyectos I+D+i. Caso: estimación de la demanda de la energía eléctrica en zonas rurales y urbanomarginales*, Rev. Mex. Fis. E **65** (2019) 1, <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.65.4>.
37. H.G. Riveros, *Investigación en enseñanza de la física experimental en el siglo XXI*, Rev. Mex. Fis. E **63** (2017) 1, [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-35422017000100068](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35422017000100068)