

Desarrollo de competencias genéricas y específicas en estudiantes de ingeniería en el marco del laboratorio de física

S. Vega-Royero

Grupo SiSCO, Universidad Católica Luis Amigó,
Medellín, Colombia

Received 15 October 2019; accepted 19 December 2019

El objetivo de este artículo es describir el desarrollo de competencias específicas y genéricas a través de la implementación de experiencias de laboratorio en el marco del curso de física básica de estudiantes de ingeniería de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Católica Luis Amigó en Medellín, Colombia. En el texto se describen las actividades y se presenta un análisis estadístico comparativo del rendimiento académico de los estudiantes cuando no se implementaron y cuando sí se implementaron estas actividades en el período lectivo. Nos permitimos concluir que la inclusión de las experiencias de laboratorio y su complementación con ayudas multimedias afianzan el aprendizaje de los contenidos del curso y ayuda en el desarrollo del pensamiento científico del estudiante.

Descriptores: Enseñanza de la ciencia; educación por competencias; enseñanza en ingenierías.

The purpose of this article is to describe the development of generic and specific competences through the implementation of laboratory experiences in the framework of general physics course at the Faculty of Engineering and Architecture in Luis Amigó Catholic University in Medellín, Colombia. The activities are shown in the manuscript and a comparative statistical analysis of the academic performance of the students is made with and without the implementations of such activities. We can conclude that the inclusion of laboratory experiences and their complementation with videos improves the learning process of the course content and help the development of the scientific thinking.

Keywords: Science teaching; education by competences; teaching in engineering.

PACS: 01.40 Fk; 01.40 gb; 01.30 Tt; 01.30 lb

DOI: <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.17.104>

1. Introducción

De acuerdo al Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), las competencias son las habilidades necesarias para aplicar de manera flexible los conocimientos en diferentes contextos [1] y en consecuencia, como principio organizador del currículo, debe ser desarrollada a través de situaciones donde el educando sea capaz de resolver y desenvolverse ante problemas que se presenten en su vida cotidiana [2]. El Ministerio de Educación Nacional de Colombia ha establecido dos tipos de competencias: genéricas y específicas, las cuales son evaluadas a través de las Pruebas Saber Pro que se aplican a todos los estudiantes universitarios del país. En este trabajo se presentan cuatro experiencias de laboratorio que pretenden reforzar competencias genéricas como: lectura crítica, razonamiento cuantitativo, comunicación escrita y pensamiento científico -la competencia principal a desarrollar-, entendida como la capacidad del individuo para comprender, analizar y afrontar situaciones reales o abstractas con rigor científico. [1]. Según el último informe emitido por el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), donde se muestra la comparación de los resultados obtenidos por los estudiantes entre el 2016 y 2017, se evidencia que el promedio general de las Pruebas Saber Pro disminuyó 3 puntos, pasando de 150 en el 2016 a 147 puntos en el 2017. Para el caso particular de las competencias en lectura crítica, el puntaje se mantuvo igual (150 puntos), comunicación escrita subió 1 punto, pasando de 150 a 151, mientras que el razonamiento cuantitativo pasó de 150 a 148 puntos. En la competencia relacionada con el pensamiento científico, los resultados no

son muy alentadores. Se encontró una disminución significativa en las ramas de las ciencias de la tierra y química (175 puntos a 150 puntos), en ciencias físicas decreció de 159 a 150 puntos, mientras que en ciencias biológicas aumentó de 148 puntos a 150 puntos y en matemáticas y estadística de 142 puntos a 150 puntos [3].

Para contribuir al desarrollo del pensamiento científico, se han planteado experiencias de laboratorio que buscan ayudar a los estudiantes a apropiarse de conceptos básicos de la física general a través del modelamiento matemático. En el desarrollo de las actividades de laboratorio, los estudiantes tuvieron la oportunidad de manipular materiales y equipos que les permitieron tomar datos cuantitativos que debían representarse por medio de gráficos y a partir de ellos extraer información para fundamentar el objeto o fenómeno de estudio. Las competencias genéricas se desarrollan con la elaboración de informes escritos y videos ilustrativos que documentan el desarrollo de cada una de ellas. Los informes y videos constituyen las evidencias materiales de la adquisición y desarrollo de las competencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje que permiten en este caso la reflexión académica y por ende, el mejoramiento de la relación docente-estudiante [4]. Justamente la carencia del desarrollo del pensamiento científico es altamente notable cuando los estudiantes deben relacionar la teoría matemática para cuantificar los fenómenos naturales. Estas experiencias de laboratorio pretenden combatir la apatía, deserción y mortalidad académica en los cursos del ciclo de ciencias básicas, común denominador en los estudiantes de programas de ingenierías en las instituciones de educación superior del país [5].

Cabe anotar que el profesor, más que la práctica estandarizada de un laboratorio ha querido implementar experiencias de laboratorio, donde prime el desempeño en equipo, la creatividad, argumentación, la capacidad investigativa y la adquisición en la destreza de la toma, análisis y modelamiento de datos para describir un fenómeno o situación, que desemboquen en la adquisición de conceptos específicos del curso, competencias genéricas y específicas de todo estudiante de ingeniería [6]. Por esta razón, se debe diferenciar una práctica de laboratorio de una experiencia de laboratorio. En la primera los estudiantes siguen un protocolo y deben responder lo esperado, mientras que la segunda involucra el uso de todos los tipos del pensamiento del individuo [7].

2. Planteamiento del problema

En este trabajo establecemos la dificultad de los estudiantes al usar el pensamiento científico ante situaciones-problemas donde deben relacionar los conceptos principales de los cursos básicos de matemática (álgebra y cálculo) a los conceptos fundamentales del curso de física mecánica básica. Esta condición se debe (en parte) a factores como:

- La tendencia de los estudiantes por mecanizar procedimientos o algoritmos en la resolución de problemas teóricos sin interiorizar el concepto a enseñar. Por ejemplo es común encontrar estudiantes que saben aplicar las reglas de derivación, pero no entienden su aplicación en el aprendizaje de conceptos físicos como el de velocidad.
- La enseñanza de la física a través del método obsoleto ‘tiza-tablero’ donde la ausencia de estrategias didácticas que promuevan la interdisciplinariedad del conocimiento no despierta los intereses propios de la juventud actual. Por ejemplo, la dificultad de interpretación de gráficos donde se relacionan variables cinemáticas como distancia vs tiempo, velocidad vs tiempo y aceleración vs tiempo, son las primeras situaciones de conflicto conceptual a las que se ven enfrentados los estudiantes, debido a la falta de comprensión de significados geométricos de la derivada [8].

El uso apropiado de las cantidades cinemáticas, seguido de la identificación de las fuerzas (método dinámico) para describir el movimiento de un cuerpo, son los primeros obstáculos a los que se enfrentan los estudiantes para poder posteriormente finalizar el curso de física básica con éxito. Es necesario entonces que los profesores de física subsanen estos vacíos conceptuales para alcanzar los objetivos propuestos desde el principio del curso.

3. Hipótesis

La realización de las experiencias de laboratorio tituladas Modelado del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA), Modelado del Movimiento en Caída Libre

y Modelado del Movimiento Rectilíneo Uniforme con Fricción benefician la apropiación de los conceptos básicos de física mecánica, y en el mismo proceso de aprendizaje, se desarrollan competencias genéricas y específicas en estudiantes de ingeniería de la Universidad Católica Luis Amigó (Sede Medellín, Colombia).

4. Aspectos teóricos

Los currículos basados en competencias son una tendencia que viene implementándose desde comienzos del siglo XXI y su principal objetivo es entregar al mercado laboral egresados con un alto nivel formativo [9]. El estudiante debe adquirir un conjunto de competencias que incluyen conocimientos, comprensión y habilidades que se espera que domine, comprenda y demuestre después de completar un proceso corto o largo de aprendizaje [10]. La enseñanza de contenidos por competencias requiere una transformación radical en el paradigma educativo; este enfoque obliga al docente a abandonar metodologías tradicionales y plantear actividades pedagógicas basadas en acciones donde el estudiante sea el eje del proceso educativo [11]. Para propósitos de nuestro trabajo, definimos competencias específicas de curso como las habilidades necesarias para aplicar un concepto específico del curso en un contexto determinado. La competencia que exponemos en este trabajo es la descripción del movimiento traslacional por el método cinemático y dinámico. La mayoría de los trabajos de investigación de esta índole constatan la adquisición de las competencias mediante la entrega de trabajos escritos o exposiciones orales por parte de los estudiantes, en nuestro caso adicionamos la entrega de un video donde ellos muestran su quehacer investigativo durante y después de la experiencia de laboratorio, exponiendo sus hallazgos y resultados. La implementación de las ayudas audiovisuales promueve el uso creativo de recursos tecnológicos en pro de la comunicación del proceso de resolución de situaciones-problema y el desarrollo de ambientes de estudio-trabajo saludables en pro de la consecución de objetivos comunes como la suma de responsabilidades individuales. De esta manera logramos reforzar la adquisición de las competencias específicas del curso y las competencias específicas y genéricas establecidas por el Ministerio de Educación Nacional a través del ICFES y evaluadas en las Pruebas Saber Pro para estudiantes universitarios.

5. Metodología

Esta investigación es de tipo mixta: cualitativa y cuantitativa. Durante el semestre académico se hicieron cuatro experiencias de laboratorio las cuales proponen un objetivo desglosados en la Tabla I. Para realizar las experiencias se les pidió a los estudiantes desde el comienzo del curso formar grupos de cinco personas como máximo. En cada experiencia, los estudiantes debían entregar su respectivo informe escrito y un video donde evidenciaran su trabajo durante y post práctica. El informe y el video

TABLA I. Experiencias de laboratorio en pro de la apropiación de conceptos básicos de la física básica y la adquisición y desarrollo de competencias genéricas y específicas en estudiantes de ingeniería.

Título de la Experiencia	Objetivos	Conceptos
Fundamentos de medición	Establecer la exactitud de diferentes instrumentos de medida	Longitud y exactitud
Modelamiento del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado	Establecer los fundamentos del Movimiento Rectilíneo Uniforme	Velocidad media, velocidad instantánea y aceleración
Modelamiento del Movimiento en Caída Libre	Utilizar las gráficas de variables cinemáticas para establecer el valor de la aceleración de la gravedad en su localidad	Aceleración de la gravedad
Cálculo del coeficiente de fricción de una superficie	Aplicar el concepto de fuerza y las leyes del movimiento para calcular la aceleración que experimenta un cuerpo que se desliza sobre un plano inclinado	Leyes del movimiento de Newton

video debían entregarse al profesor una semana después de realizada la actividad. El video no debía exceder cinco minutos de duración. Esta investigación se llevó a cabo con 27 estudiantes matriculados en el curso de física I que todos cursaban por primera vez; es decir, no había estudiante repitente del curso en ese período académico.

Las tres primeras experiencias iban acompañadas por una guía donde a partir de instrucciones y explicaciones dadas por el profesor al principio de la sesión los estudiantes podían ensamblar los equipos a utilizar en cada una de ellas. La guía de la primera actividad es el ejercicio clásico donde los estudiantes con diferentes instrumentos de medida calculan la densidad de diversos objetos regulares de materiales conocidos como madera, aluminio, hierro y vidrio. Las guías de las experiencias de Modelado del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (la cual es mostrada en anexos) y Caída Libre fueron adaptadas de las proporcionadas en inglés por la empresa PHYWE [12, 13]. Es imprescindible para el proceso de enseñanza-aprendizaje dar suma importancia a la resolución de las preguntas planteadas en las guías puesto que con ellas el profesor busca orientar a los estudiantes al entendimiento del MRUA a través del modelado matemático desde el concepto de pendiente de una recta, es decir, el patrón de cambio uniforme de la velocidad en el tiempo en una gráfica v vs t . La cuarta experiencia no poseía guía, solamente enunciaba la situación-problema a resolver y por tanto obligó al estudiante a usar los conocimientos adquiridos previamente en pro de la consecución del objetivo. Las guías están organizadas por secciones, empiezan enunciando los objetivos y los conceptos tanto matemáticos como físicos que necesita para alcanzar el objetivo y resolver la situación-problema propuesta, un pequeño marco conceptual, materiales y equipo a utilizar en la experiencia, tablas para organizar los datos y resultados numéricos, y finalmente una serie de preguntas que pretenden (desde un punto de vista constructivista) forzar al estudiante a autoexaminarse para establecer el afianzamiento de los conceptos mediante el ejercicio

académico establecido. Los marcos teóricos fueron contruidos a partir de la teoría que encontramos en libros básicos de física universitaria [14, 15]. Los conceptos que se deseaban enseñar y/o afianzar con cada experiencia se encuentran anotados en la Tabla I.

6. Resultados/discusión

Las experiencias de laboratorios lograron familiarizar a los estudiantes con el manejo de equipos, los videos sirvieron de ayuda audiovisual y bibliografica. En algunos momentos los estudiantes olvidaban el funcionamiento de los equipos, repasaban procedimientos y conceptos necesarios para encontrar la variable objeto de estudio recurriendo a los videos tomados en sesiones anteriores.

La experiencia de laboratorio 1 correspondiente al tema de unidades y cantidades físicas fundamentales de la mecánica aportó habilidades en la manipulación de instrumentos de medidas y el docente recurre en parte a la sensorialidad para construir el concepto de densidad. La importancia de la experiencia radica en que la mayoría de los estudiantes han recibido la enseñanza de manera verbal presentada a través del algoritmo matemático mediante la resolución de ejercicios numéricos, sin detenerse en la construcción y distinción de conceptos de masa, peso, longitud y diferentes sistemas de medidas [16]. Esta experiencia desarrolla la racionalidad al obtener resultados numéricos afianza la noción de orden en los números reales.

Desde la experiencia de laboratorio Modelamiento del MRUA, los estudiantes logran diferenciar los conceptos de velocidad media, velocidad instantánea, aceleración y marcos de referencias. Los estudiantes antes de esta experiencia no tienen claridad entre los conceptos de posición, desplazamiento, trayectoria y distancia [17]; aunque todos tienen implícitos la condición espacial, no son equivalentes; las preconcepciones de velocidad instantánea están más asociadas al desplazamiento (razón por la cual los estudiantes la con-

funden con la velocidad media) que al cambio instantáneo de la posición en el tiempo. Los estudiantes logran entender este concepto cuando manipulan el equipo y visualizan el tiempo que mide el fotosensor (el tiempo que demora en pasar la lámina que está colocada en el carro) observando que es muy pequeño. Los alumnos consiguen a diferenciar el desplazamiento hecho en un intervalo de tiempo (velocidad media) del cambio de la posición en la unidad de tiempo. El alcance del concepto de aceleración se logra a través del modelamiento matemático (los estudiantes tienden a confundir este concepto con el de velocidad instantánea), según manifiestan los educandos es debido a que al graficar la velocidad como función del tiempo deben manipular la velocidad instantánea para obtener el valor de una aceleración lo cual genera confusión. El docente les pide a los estudiantes durante la realización de la experiencia que realicen los gráficos, primero a mano, para observar si los estudiantes poseen ciertas habilidades como planteamiento de escalas en el plano cartesiano, ordenamiento de números reales, el concepto de pendiente, funciones lineales y cuadráticas. A través de esta experiencia se logra derrumbar preconcepciones como que los gráficos de posición vs tiempo, velocidad vs tiempo representan lo mismo o que dichas curvas representan la trayectoria del objeto. Es importante resaltar que a partir de esta sesión los estudiantes experimentan la sensorialidad en los valores numéricos de la velocidad, lo cual les permite plantear situaciones como por ejemplo, cuánto tiempo le toma al carro recorrer cierta distancia o alcanzar un valor dado de la velocidad, razón por la cual algunas preguntas de la guía de orientación se dejan abiertas para que sean ellos quienes establezcan los datos del problema. De esta manera se genera un incremento significativo en el aprendizaje de los estudiantes [18].

En la experiencia 3, los estudiantes repitieron el algoritmo usado en la experiencia anterior, para encontrar el valor de la gravedad en su localidad. Primero deben graficar la altura vs tiempo (y vs t), luego la altura vs tiempo al cuadrado (h vs t^2) para realizar una linealización. En esta grafica deben encontrar la pendiente, multiplicar su resultado por dos y éste será el valor experimental de la aceleración de la gravedad. El debate central fue encontrar las razones y el asombro que generó que el valor obtenido fuese diferente de 9.81 m/s^2 . Para encontrar razones a este resultado se halla la incertidumbre de la pendiente (cuando se hace primero el ejercicio manual) a través de la expresión

$$\delta m = \left| \frac{\partial m}{\partial y} \right| \delta y + \left| \frac{\partial m}{\partial t} \right| \delta t = \frac{1}{t^2} \delta y + \frac{2y}{t^3} \delta t,$$

donde (t, y) puede ser cualquier par ordenado de los datos que se graficaron, $\delta y = 0.001/2 \text{ m}$ puesto que la altura se midió con una regla y $\delta t = 0.001/2\sqrt{3} \text{ s}$ debido a que el tiempo fue medido con el sensor equipo del laboratorio. Luego, la incertidumbre de la gravedad será dos veces la incertidumbre de la pendiente, es decir $\delta g = 2\delta m$. De esta manera podemos encontrar errores de forma manual. Cuando los estudiantes entregan el informe de manera formal usan el método de estimación lineal ofrecido por el software Excel de Micro-

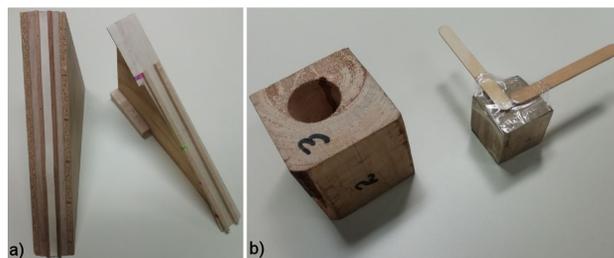


FIGURA 1. Material utilizado para calcular el coeficiente de fricción cinética. (a) Rampa de madera (b) Cubo de madera que deslizaba por la rampa hacia abajo.

soft Office para obtener una incertidumbre más exacta. Se agrega a la discusión que factores como la altura a la que se encuentra la ciudad de Medellín y el hecho de que se está cerca del Ecuador, los cuales dan lugar a un valor más pequeño de la gravedad.

La experiencia de laboratorio 4 propone calcular el coeficiente de fricción cinético de una rampa de madera para alcanzar la competencia básica del curso, la cual es describir el movimiento translacional de un cuerpo usando el método dinámico. Para llevar a cabo esta experiencia, cada grupo construyó su propia rampa de madera (Fig. 1). Cabe destacar que a medida que se acercaba el día de tomar los datos, los estudiantes adicionaron un riel para asegurarse que el objeto (cubo de madera) no se saliera de la plataforma. Mientras realizaban la experiencia los estudiantes reconocieron la heterogeneidad de las superficies de las seis caras del cubo, que para disminuir el error debían siempre hacer deslizar el cubo por la misma cara razón por lo cual fueron enumeradas. También se idearon la forma de adaptar al cubo una pestaña (también de madera) de manera que cuando pasara por el fotopuerto pudiese medir el tiempo, el cual necesitaban para calcular la velocidad instantánea y posteriormente la aceleración. La parte más interesante de la experiencia fue observar a los estudiantes plantear y discutir la forma de resolver el problema, asociar la teoría (plantear sumatorias de fuerzas, plano cartesiano para hacer la respectiva descomposición) y recordar las habilidades adquiridas en los laboratorios anteriores para modelar la aceleración y usar sus habilidades algebraicas al despejar el coeficiente de fricción. Es necesario enseñar habilidades a nuestros estudiantes a partir de experiencias de laboratorios que pueden tener guías abiertas donde se estimule el pensamiento científico, se potencie la creatividad y espíritu crítico. El docente debe proponer un conjunto articulado de actividades de aprendizaje y actividades evaluativas-formativas enfocándose en el alcance de una competencia, tales actividades se denominan secuencias didácticas [19]. Los estudiantes al principio de la actividad se mostraron confundidos y escépticos debido a que esta actividad rompía con los paradigmas existentes de aprendizaje. El profesor mostró su apoyo recordando que ellos poseían las herramientas (aunque no fuesen conscientes de ello) para encontrar el valor del coeficiente de fricción lo cual generó autoconfianza y entusiasmo en el transcurrir de

la actividad analizamos el promedio general de los puntajes de los videos de cada actividad obtenido por los grupos.

Para apoyar el desarrollo de los componentes de la competencia genérica, se les pidió a los estudiantes que presentarán un video por cada experiencia. Para la evaluación del video se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Usó creativo de la tecnología más cercana posible para la creación del video.
- Aparición de todos los miembros del grupo de trabajo en el video.
- Se evidencian los roles de cada uno de los miembros del grupo en el desarrollo de la experiencia del laboratorio en el video.
- Los estudiantes expresan de manera clara el desarrollo del laboratorio, el uso de los equipos y los resultados obtenidos.
- Los estudiantes explican cómo toman los datos y cómo éstos les van a ayudar a encontrar la variable objeto de estudio en la experiencia de laboratorio.

Por cada actividad, los estudiantes debían entregar un informe escrito y un video asociado, los cuales en conjunto sumaban 5 puntos. El informe otorgaba 4.5 puntos mientras el video 0.5 punto para visualizar mejor el desempeño de los estudiantes y la adquisición de competencias genéricas relacionadas con la comunicación de hallazgos y el rol de los estudiantes dentro de su grupo de trabajo.

Según se aprecia en la Fig. 2, el promedio de la primera experiencia es muy bajo con sólo 0.3 puntos. Las causas pueden ser atribuidas a la inexperiencia de los estudiantes en la implementación de esta nueva evidencia audiovisual. El promedio en la segunda experiencia subió de manera considerable. Dicho incremento se atribuye a que los estudiantes habían aprendido de los errores cometidos logrando generar autoconfianza, además, los integrantes de cada grupo se conocían mejor entre sí, potenciando sus habilidades individuales. En la experiencia de MRUA los educandos redactaron su informe de manera clara, implementando el lenguaje correcto para describir cada uno de los conceptos involucrados. Además el haber hecho los gráficos previamente en la sesión

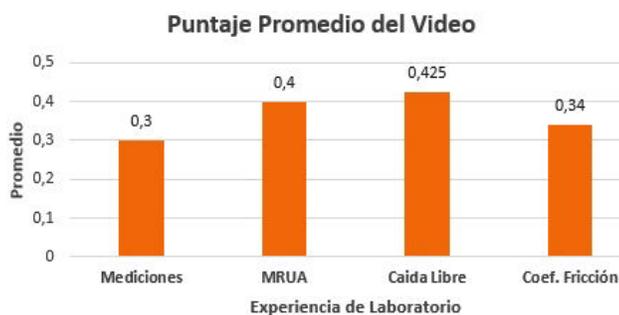


FIGURA 2. Promedio general de los puntajes de los videos de cada actividad obtenido por los grupos.

de laboratorio les ayudó a dilucidar qué hacer con los datos tomados y la interpretación de los resultados obtenidos a partir del modelado matemático. En la tercera experiencia el promedio sube un poco más, la razón principal es que en esta experiencia los estudiantes ya estaban más familiarizados con el modelado de datos y adquisición de la variable cinemática (aceleración) a partir de gráficos de variables como h vs t . El conocimiento del método de modelamiento causó en los estudiantes una visualización a priori del resultado, logrando una explicación precisa del experimento y sus hallazgos. En este laboratorio debían conseguir el valor de la aceleración de la gravedad en la localidad usando parte del equipo de la experiencia anterior (MRUA) y con su respectivo video como ayuda audiovisual. El resultado de esta sinergia se reflejó en el aumento del promedio general del puntaje del video (0.425) insinuando adquisición y desarrollo de competencias genéricas y entendimiento de los conceptos a aprender. En la cuarta experiencia el promedio bajó y se atribuye a que en esta experiencia solamente se les planteó la situación-problema a los estudiantes, no se les dio instrucciones escritas en el formato guía como en las experiencias anteriores, lo cual causó un conflicto en el que se confrontaron esquemas tradicionales de enseñanza-aprendizaje y los obligó a unir las habilidades ya adquiridas en la toma de datos, modelado de los mismos, manejo de equipos y teoría revisada en clase para encontrar el coeficiente de fricción de la superficie de un plano inclinado construido anteriormente por ellos. A pesar que el promedio general bajó, hubieron grupos que hicieron un excelente trabajo y se logró apreciar competencias como el mejoramiento en la comunicación, empleo del lenguaje técnico preciso y especificación de roles en el experimento. Algunos de los estudiantes del grupo se aprecian en el video tomando los datos y explicando lo que están haciendo, mientras otros se aprecian modelado los datos y otros explicando los resultados obtenidos. En esta última experiencia se propició un aprendizaje basado en problemas (ABP), puesto que se utilizó una situación real para incentivar el aprendizaje en grupo mientras se desarrollaban habilidades para su solución y se adquirían conocimientos específicos [20]. En la cuarta experiencia, una estrategia de mucha ayuda fue escribir en la pizarra del salón los datos de cada

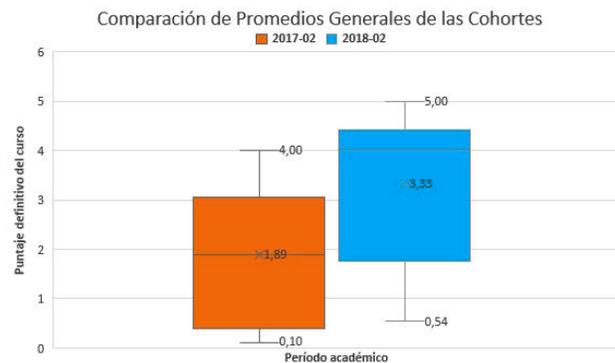


FIGURE 3. Promedio general de la nota definitiva del grupo control y grupo de estudio.

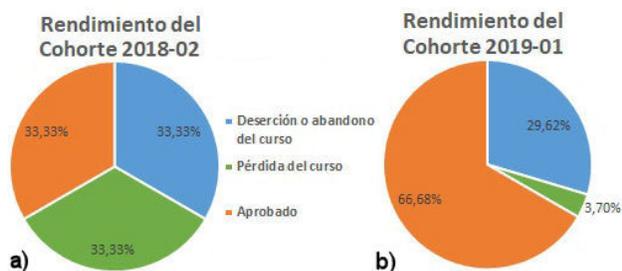


FIGURE 4. Porcentajes de los resultados finales de los resultados académicos de las cohortes.

grupo, esto despertó el interés, la auto-crítica y la ayuda intergrupala. Una vez obtenidos los coeficientes de fricción cinética de las rampas de madera, los estudiantes recurrieron una vez más a la sensorialidad y empezaron a observar y deslizar sus manos por las rampas de los otros grupos para percatarse de los materiales con que fueron hechas. La comparación de resultados con otros grupos motivó a los estudiantes a hacer conclusiones sobre los materiales y los diferentes tipos de madera utilizados para realizar la experiencia, esto los ayudó a concluir que el conocimiento y dudas científicas deben ser compartidas y así generar un consenso en la comunidad académica acerca de los hallazgos encontrados. Los videos se filmaron con los teléfonos celulares de los estudiantes, en algunos grupos hubo un buen proceso de edición y es curioso saber que en las últimas experiencias ya traían libretos preparados dando cuenta de que leían las guías y la teoría referente para la actividad con anticipación.

Para validar la utilidad de las experiencias de laboratorio como actividades potenciadoras de la adquisición y desarrollo de competencias específicas del curso se hace la comparación de los promedios definitivos de los estudiantes en dos cohortes distintas. Se toma como grupo de control el cohorte del semestre 2018-02, período en el cual no se realizaron este tipo de actividades. Este promedio es comparado con el cohorte 2019-01 donde se implementaron las actividades en el laboratorio. Cabe anotar que ambos grupos tuvieron el mismo profesor y estuvieron conformados por estudiantes distintos, es decir en el grupo del 2019-01 no hubo estudiantes repitentes de la cohorte anterior. En la Fig. 4 se muestran las definitivas promedios alcanzada por ambas cohortes. Nótese que la definitiva en el semestre donde no se hicieron laboratorios fue de 1.89 con una desviación estándar (s) de 1.33 mientras en el semestre 2019-01 fue de 4.23 con $s = 0.5$. Analizando a fondo la desviación estándar de la nota definitiva promedio del grupo en el período 2018-02 se revela una gran fluctuación de las notas definitivas de los estudiantes, mostrando la desigualdad en el nivel de apropiación de los conceptos básicos del curso. Caso contrario en el 2019-01 donde se realizaron las experiencias de laboratorio, la desviación estándar muestra más homogeneidad en la consecución de los objetivos básicos del curso, los estudiantes debieron realizar un rango más amplio de tareas significativas que evidenciaron el desarrollo de la competencia. La comparación muestra cómo la implementación de estas ex-

periencias de laboratorio ayudan a los estudiantes a terminar exitosamente el curso y las evidencias resultado de ellas contribuyen como elementos de validación del aprendizaje del educando. En el 2018-02 se evidencia una alta tasa de deserción y mortalidad académica, en parte debido a la falta de integración de métodos evaluativos adecuados ya que en períodos anteriores solo se hicieron evaluaciones escritas como evidencias del alcance de competencias específicas del curso (Fig. 4). Al insertar estas experiencias en el desarrollo del curso se logra estimular el interés, se adquieren habilidades en el manejo de equipos, se introduce al individuo en el método científico intensificando el aprendizaje de los conceptos y/o fenómenos, se consigue el desarrollo de las ideas y consideración de sugerencias emitidas por otros miembros del grupo para el alcance de un objetivo común [21].

Las evidencias recolectadas (informe escrito y el video) muestran el proceso de adquisición de las competencias, a través de ellas el profesor puede apreciar todas las etapas de implementación, desarrollo y alcance de la misma. La ayuda de la tecnología en la creación de videos por parte de los estudiantes, y el uso del video como instrumento evaluativo es algo novedoso que debe implementarse con mayor frecuencia en experiencias de laboratorios, más aún porque son ellos quienes están participando de forma tácita en la creación de su instrumento de evaluación siguiendo las pautas dadas por el profesor y por ende refleja el esmero y responsabilidad por demostrar el desarrollo y la adquisición de la competencia específica. Establecer las múltiples relaciones que se trenzan entre los contenidos de enseñanza, los asuntos del mundo y los intereses de los educandos, se constituye en uno de los más importantes tópicos de la reflexión pedagógica; siempre en procura del desarrollo de competencias genéricas y específicas [22].

7. Conclusión

El sentido de competencia en educación hace necesario acercar al estudiante a la realidad a través del desarrollo y planteamiento de estrategias donde debe aplicar el conocimiento adquirido y construir nuevos para darle solución a situaciones-problemas [23], como también a plantear nuevas estrategias de evaluación. Las eventuales evidencias que demuestren el desarrollo de la competencia específica de un curso deben ir más allá del examen escrito, sin abandonar la formalidad de la misma. Las evidencias deben mostrar el desarrollo y posterior adquisición del contenido a aprender por parte de los estudiantes. De manera que la transición entre el saber memorístico al saber que se co-construye y se valora, permita advertir el complejo tránsito entre la evaluación tradicional y la valoración por competencias [24].

Evidencias como ayudas audiovisuales con criterios establecidos pueden servir a los docentes para evaluar el desarrollo y alcance de una competencia de un determinado curso. La recurrencia en este tipo de actividades ayuda al estudiante a adquirir destrezas tanto comunicativas como específicas del curso ya que debe expresarse de manera correcta en el

lenguaje técnico del curso para hacer entender al profesor que ha adquirido la competencia a evaluar. La implementación de videos hechos por los estudiantes en el marco de su proceso de aprendizaje sirve como ayuda bibliográfica inédita en caso de olvidar algún concepto o el manejo de los equipos en las actividades del laboratorio a desarrollar posteriormente. Además, es una manera de obtener evidencias para que el docente pueda evaluar y que las mismas trasciendan en el tiempo. Lograr que el estudiante trascienda de la competencia específica hacia la competencia genérica en el aula de clase es un reto para el profesor debido a que debe enfrentarse a limitantes como la intensidad horaria la deserción de los estudiantes y posterior desintegración de los grupos de trabajo, limitación de equipos y recursos tecnológicos entre otros. Sin embargo, a todas estas adversidades en este trabajo se muestra un ejercicio donde se desarrollan competencias específicas y genéricas del curso de física básica. Las experiencias de laboratorio deben planearse de manera secuencial tal que el estudiante siempre tenga que utilizar las habilidades adquiridas anteriormente (manejo de equipos, toma de datos, modelamiento matemático de variables, uso del lenguaje técnico asociado al contenido del curso) en el laboratorio posterior. La secuencialidad en la forma como se abarcan el contenido del curso de física y la recurrencia con lo que se aplican los conceptos aprendidos logran un afianzamiento en la apropiación de los conceptos, afianzamiento que le permite al educando vincular lo aprendido en el aula con la cotidianidad, de manera que la acepción de competencia resulte cercana al quehacer del modelo constructivista [25].

Recordemos que la pertinente selección de contenidos y actividades que se planean en un curso de física básica para acompañar el proceso de enseñanza-aprendizaje incide tanto en los resultados cuantitativos como en las apreciaciones cualitativas de los estudiantes. Es común encontrar laboratorios en el curso de física básica donde se enseña un nuevo concepto sin hacer alusión a lo visto anteriormente en otras sesiones. Esa dispersión en la enseñanza causa en el estudiante un vacío y por tanto no logra entender la relación de un contenido con el siguiente. Los contenidos y las actividades

que se planean en un curso de física básica para acompañar el proceso de enseñanza-aprendizaje incide en los resultados cuantitativos de los estudiantes, aunque no siempre la nota final refleja el nivel de apropiación de los conceptos enseñados, es durante el lapso de duración del curso donde el estudiante adquiere, desarrolla y potencia la competencia al máximo [26]. Como resultado de esta investigación podemos decir que las actividades de laboratorio deben ser incluidas en cursos de física básica, las mismas deben ser desarrolladas de manera secuencial y planteadas de tal forma que el estudiante se desprenda en el transcurso del periodo académico de la popular guía receta. En la medida en que más abierta sea la guía, el docente puede apreciar el desarrollo y alcance de las competencias específicas del curso ya que el estudiante es retado a resolver una situación-problema aplicando el conjunto de conceptos aprendidos y habilidades adquiridas. Además, el proceso valorativo resulta fácilmente apreciable tanto desde la perspectiva del docente como desde la propia visión del estudiante, con lo cual se hace evidente la participación activa del mismo en su proceso de aprendizaje. En busca de dar cuenta del objetivo trazado durante el desarrollo de esta investigación, a saber, validar la implementación de cuatro experiencias de laboratorios en pro del desarrollo y adquisición de competencias específicas del curso de física básica y genéricas asociadas a estudiantes de ingenierías, se hace menester hacer alusión a la importancia de los cuatro laboratorios propuestos y en el desarrollo de las competencias que manera directa fueron adquiridas por los estudiantes. Así, por ejemplo, el laboratorio 1 logró hacer manifiesto en los educandos la capacidad de identificar las cantidades fundamentales de la física y las unidades para emplearlas en los diferentes sistemas de medidas, asunto que resulta vital en la formación de ingenieros. De igual forma mediante el desarrollo del laboratorio 2 y 3 los estudiantes lograron describir el movimiento de un cuerpo usando cantidades cinemáticas. Mientras que, en el laboratorio 4, los estudiantes lograron describir movimiento traslacional de un cuerpo usando el método dinámico, sin necesidad de la guía estilo receta y superando con creces el estilo tradicional de enseñanza-aprendizaje.

Anexos

MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO

1. Objetivo General

1. Establecer los fundamentos del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

2. Objetivos Específicos

1. Determinar la dependencia de la posición y la velocidad con el tiempo en un cuerpo que se mueve con movimiento rectilíneo uniforme.
2. Determinar la aceleración de un objeto que se desliza hacia abajo sobre un plano inclinado.

3. Conceptos Preliminares

Distancia, desplazamiento, velocidad media, velocidad instantánea, pendiente, función lineal, función cuadrática.

4. Marco Teórico

El movimiento rectilíneo uniforme es un tipo de movimiento donde el cuerpo se mueve en una dimensión con aceleración constante. Es decir, la velocidad del cuerpo, objeto de estudio, cambia cantidades iguales en intervalos de tiempo iguales. Bajo esta afirmación se entiende que la aceleración media y la aceleración instantánea serán iguales en el mismo intervalo de tiempo. El enunciado anterior lo podemos escribir matemáticamente como:

$$a_x = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t_f - t_i} \quad (1)$$

Haciendo $t_i = 0$ y $t_f = t$ obtenemos,

$$v_{xf}(t) = v_{xi} + a_x t \quad (2)$$

Tenemos otras ecuaciones que describen el MRUA:

$$X(t) = X_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \quad (3)$$

La Ec. (3) relaciona la posición del cuerpo en un tiempo dado $x(t)$, cuando se mueve con una velocidad inicial v_{xi} desde un punto inicial X_i con aceleración constante a_x .

También tenemos la Ec. (4) donde se parametriza el tiempo y, se relacionan la velocidad y la posición del cuerpo cuando este parte con velocidad inicial desde cierto punto X_0 .

$$v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(X - X_i) \quad (4)$$

El kit que utilizará para realizar esta experiencia es el de movimiento línea con temporizador 2-1, (*linear movement, with timer 2-1*).

5. Materiales

Los materiales se muestran en la Fig. 1.

1. Carro para medidas y experimentos.
2. Placa interruptora para el carro de medidas.
3. Alfiler de sujeción.
4. Masa ranurada, de color negro 50 g.
5. Base soporte, variable.
6. 1 nuez doble.
7. Puerto fotoeléctrico compacto.
8. Pernos de los puertos fotoeléctricos.
9. Timer 2-1, incluido la fuente de poder.
10. Soporte para el puerto fotoeléctrico.
11. Cable conector rojo, 32 A, 1000 mm.
12. Cable conector amarillo, 32 A, 1000 mm.
13. Cable conector azul, 32 A, 1000 mm.
14. Riel o pista de aluminio.
15. Cinta adhesiva de papel (marcar las distancias sobre la pista).
16. Flexómetro.



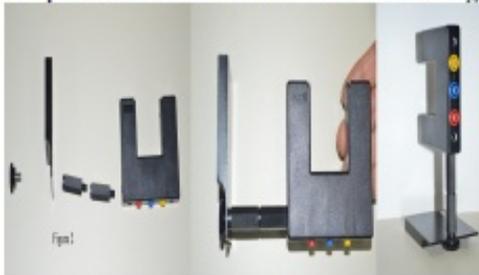
Figura 1

6. Procedimiento

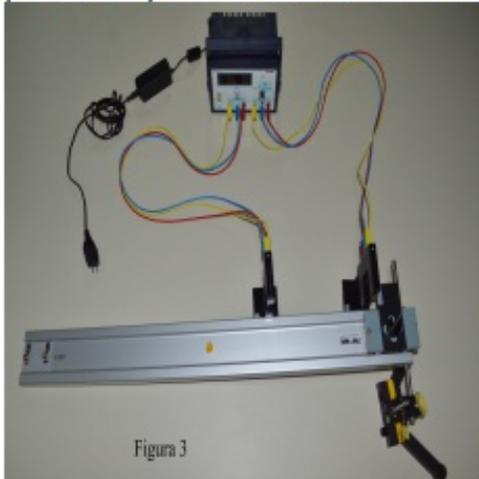
6.1. Medición del tiempo de recorrido una distancia s

1. Atornille los pernos en las placas de soporte de los puertos fotoeléctricos y realice el armado del soporte

del plano inclinado como se indica en la Fig. 2.



- Ajuste la inclinación de la pista de tal forma que la placa interruptora del carro de medidas pueda pasar a través de los puertos sin que los golpee. Conecte los puertos al temporizador como se ilustra en la Fig. 3.



- Ensamble la masa ranurada de 50g al carro como se indica en la Fig. 4



Ubique el carro siempre en el mismo punto desde el principio de la pista, de tal forma que el extremo del carro coincida con él. Permita que el carro avance hacia abajo de la pista sin empujarlo.

- Coloque el botón giratorio del temporizador en la posición , la tercera desde la izquierda a derecha o en el sentido de las manecillas del reloj. De esta manera, el temporizador muestra el tiempo de la interrupción del haz de luz entre el primer foto-puerto y el segundo foto-puerto. Este valor será el tiempo que

toma el carro en recorrer la distancia s entre los dos foto-puertos.

- Coloque el primer foto-puerto a 8.2 cm del extremo de la pista desde donde el carro se moverá hacia abajo. La placa interruptora en el carro debe interrumpir el haz de luz inmediatamente el carro comience a moverse hacia la parte baja del plano inclinado.
- Coloque el segundo foto-puerto a una distancia de $s = 10\text{cm}$ después del primer fotopuerto como se aprecia en la Fig.(2). Antes de tomar una nueva medida presione el botón de reset en el temporizador.
- Permite que el carro ruede hacia abajo hasta pasar por el segundo foto-puerto. Anota el tiempo, t , mostrado por el temporizador.
- Deja el primer foto puerto donde lo ubicaste (a 8.2 cm del extremo de la pista) e incrementa la distancia entre él y el segundo fotopuerto cada 10 cms. Ahora vas a tomar el tiempo que demora el carro en recorrer la distancia de 20 cm. Anota el tiempo t para las distancias de 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm y 80 cm en la Tabla 1.

6.2. Medición de la velocidad instantánea v , después de cubrir la distancia s

- Ahora mueve el botón giratorio posición , la segunda posición desde la izquierda hacia la derecha en el sentido de las manecillas del reloj. Aquí el temporizador muestra el tiempo de interrupción del haz de luz, es decir el tiempo durante el cual el haz de luz es interrumpido por la placa. Retira el primer foto-puerto de la orilla de la pista, tal que el haz de luz no sea interrumpido por la placa del carro.
- Mida el tiempo, Δt , el cual la placa de ancho $\Delta s = 5\text{cm}$ necesita para pasar a través del foto puerto, cuando la distancia cubierta s , tiene el mismo valor que usaste en la primera parte del experimento. Para lograr las mismas distancias debes colocar el foto-puerto en las mismas posiciones de la primera parte del laboratorio. Anota los resultados en la Tabla 1.

7. Preguntas

- Calcule los valores del cuadrado de t y complete la columna t^2 de la Tabla 1.
- Calcule la velocidad instantánea v . Consigna los datos en la Tabla 1.
- Realiza una grafica de s Vs t . ¿Qué tipo de curva describen los datos?

4. Realiza una grafica de s Vs t^2 . ¿Qué tipo de curva describen los datos? Determina su pendiente y da un significado de ella.
5. Escribe una ecuación para la curva de la grafica s Vs t .
6. A partir de la ecuación escrita en la pregunta 5, determina el tiempo que le tomaría al carro recorrer 90 cm.
7. Haga una grafica de v Vs t . ¿Qué tipo de curva describen los datos? ¿Cuál es el valor de la pendiente? ¿Qué significa el valor de la pendiente?
8. Escribe una ecuación para la curva de la grafica v Vs t .
9. A partir de la ecuación escrita en la pregunta 8, determina el tiempo que le tomaría al carro alcanzar una velocidad de.....
10. Si un vehículo está en cierto punto s diferente de cero sin moverse. Dibuja una grafica de s Vs t .
11. Un vehículo se mueve en línea recta con velocidad constante v . Dibuja las graficas de s Vs t .
12. Un vehículo se mueve en línea recta con velocidad constante v . Dibuja las graficas de v Vs t . ¿Cuáles es el valor de su aceleración, a ?
13. Un vehículo se mueve en línea recta con aceleración constante a . Dibuja la grafica de a Vs t .
14. Un vehículo se mueve en línea recta con aceleración constante a . Dibuja la grafica de v Vs t .
15. Un vehículo se mueve en línea recta con aceleración constante a . Dibuja la grafica de s Vs t .
16. Un vehículo se mueve con velocidad constante v . En un punto s a cierto tiempo t_s su velocidad comienza a disminuir de manera uniforme (desacelera uniformemente) hasta detenerse. Dibuja la grafica de v Vs t que describe esta situación. También dibuje la grafica de v Vs t . No olvide señalar en sus graficas el tiempo t_s .

8. Bibliografía

1. Science-Physics-Mechanics-7 Linear Motion with the timer (P1003905). 7.5 Laws of Constantly Accelerated Motion. Experiment by: Phywe. InterTESS (Version 13.06 B200, Export 2000).
2. Young H.D., Freedman, R.A., (2009). Física universitaria volumen 1. México: Decimo segunda edición Pearson Educación.
3. Serway, R.A., Jewett, J.W.Jr., (2008). Física para ciencias e ingeniería volumen 1. México: séptima edición Cengage Learning Editores S.A. de CV.

s (cm)	t (s)	Δt (s)	t^2 (s ²)	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ (cm/s)
10				
20				
30				
50				
60				
70				
80				

Table I: Datos y resultados del experimento del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

1. A. Calderón *et al.* (ICFES), Saber Pro Competencias Específicas (Instituto Colombiano para Evaluación de la Educación, Bogotá, 2019), pp. 8-10.
2. P. Jonnaert, D. Masciotra, J. Barrette, D. Morel y Y. Mane, From Competence in the Curriculum to Competence in Action, *Prospects* **37** (2007) 187, <https://doi.org/10.1007/s11125-007-9027-9>.
3. L. F. Dussan Zuloaga *et al.* (ICFES), Saber Pro Informe Nacional de Resultados 2016-2017 (Instituto Colombiano para Evaluación de la Educación, Bogotá, 2018), pp. 15-29.
4. A. Gras-Martí, C. Becerra Labra, A. F. Reyes-Lega, J. A. García-Varela, M. Forero- Shelton, Evidencias para la renovación de la enseñanza universitaria de Física. Una aplicación de la estrategia REUBE, *Perf. Educ.* **XXXVI** (2014) 81, <https://doi.org/10.22201/iissue.24486167e.2014.145.45983>.
5. C. G. Ruíz *et al.*, Deserción estudiantil en la educación superior colombiana (Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, 2009), p. 156.
6. R. Giordano Lerena *et al.* (CONFEDI), Competencias y perfil del ingeniero iberoamericano, formación de profesores y desarrollo tecnológico e innovación (ASIBEI, Bogotá, 2016), <http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2016/06/Libro-Competencias-perfil-del-ingeniero.pdf>.

7. O. L. C. Abril y D. F. V. Arévalo, La experiencia del laboratorio en la enseñanza de la física, *Rev. Educ. Ing.* **3** (2008) 68, <https://doi.org/10.26507/rei.v3n5.151>.
8. G. Zavala, P. Barniol, S. Tejeda, Evaluación del entendimiento de gráficas de cinemática utilizando un test de opción múltiple en español, *Rev. Mex. Fis. E* **65** (2019) 162. <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.65.162>.
9. G. F. M. Alonso y A. M. Pérez, Desarrollo de competencias en un curso de Física para ingenieros, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **4** (2010) 683, <http://www.lajpe.org>.
10. J. González y R. Wagenaar (eds.), *Tuning Educational Structures in Europe* (Universidad de Deusto, Bilbao, 2003).
11. M. D. Rodríguez, D. A. Mena y C. M. Rubio, *Form. Univ.* **4** (2011) 3, <https://doi.org/10.4067/S0718-50062011000400002>.
12. “7.5 Laws of Constantly Accelerated Motion” PHYWE. Octubre 31, 2013, repository.curriculab.net/files/versuchsanleitungen/p1003905/p1003905e.pdf.
13. “7.7 Free Fall” PHYWE. Octubre 31, 2013, repository.curriculab.net/files/versuchsanleitungen/p1004105/p1004105e.pdf.
14. R. A. Serway y J. W. Jewett, *Física para ciencias e ingeniería*, 9na ed., Vol. 1 (CENGAGE Learning Editores, México, 2015).
15. H. Young, R. Freedman, F. Sears y M. Zemansky, *Física universitaria*, 12va ed., Vol. 1 (Pearson, México, 2009).
16. A. Raviolo, M. Moscato y A. Schnersch, Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico, *Rev. Enseñ. Fis.* **18** (2005) 93, <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF>.
17. A. Agudelo Cárdenas, N. M. Cáceres, H. Medina Bahomón y A. R. Cuenca, Aprendizaje de los conceptos de: posición, velocidad y aceleración, mediante la resolución de problemas como estrategia didáctica (Universidad de La Salle, Bogotá, 2008),
18. J. C. Quijano Rojas y Y. P. Cárdenas Rodríguez, en *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje*, editado por R. Roig-Vila (Octaedro, Barcelona 2016), pp. 1103-1112.
19. S. Tobón Tobón, J. H. Pimienta Prieto y J. A. García Fraile, *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*, 1era ed. (Pearson Educación, México, 2010), pp. 27-57.
20. T. Moreno Olivos, La evaluación de competencias en educación, *Sinéctica* **39** (2012) 1, <https://sinectica.iteso.mx/>.
21. L. Ruiz Chaneta, Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la Física y la Química, *Publ. Didact.* **68** (2016) 112, <https://publicacionesdidacticas.com/>.
22. A. L. Guillen Estevez y Y. Cañizares Espinoza, Caracterización del proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura Física en los tecnólogos de la salud, *Rev. Educ. Méd. Cent.* **6** (2014) 129, <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/publicaciones.cgi?IDREVISTA=293>.
23. C. Galdeano-Bienzobas y A. Valiente Barderas, La enseñanza por competencias, *Educ. Quím.* **20** (2009) 369, [doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30038-7](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30038-7).
24. F. Cajiao Restrepo, *Poder y justicia en la escuela colombiana* (Fundación FES, Cali, 1994).
25. M. Pérez Ferra y S. Gonçalves, Formación del profesorado en competencias, *Profr.* **17** (2013) 3.
26. H. Castillo, R. Moscoso, J. L. Phan y J. Quiroz, Impacto de la enseñanza de conceptos de fuerza y movimiento en los cursos de Física General, *En blanco y negro* **4** (2013) 47, <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/enblancoynegro>.