

Methodological innovation applied in Fluid Mechanics laboratories

Estela Assureira, Mg.¹, Marco Assureira, Ing.²

¹Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, eassure@pucp.edu.pe

²Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, assureira.ma@pucp.edu.pe

Abstract -- The results of the new teaching system that has been implemented in Fluid Mechanics laboratories are presented, which is based on the pedagogical method of Flipped Learning and, in formative evaluations, taking advantage of the potential of ICT tools. Theoretical foundations related to the laboratory tests, instruments, laboratory test modules, test instructions and the procedures to be followed are presented through a set of video clips. Hot Potatoes resource is used for self-evaluation and, Socratic and Case Analysis for hetero-evaluation. These resources are located in the Moodle Paideia PUCP platform. After five semesters of the new teaching system implementation it was observed that the performance of the students with significant learning (note higher than 15) has been increased by 43%; 90% of the students consider the innovation as something good, 96% think that the use of online materials help them to a better understanding of the topic and 93% consider the use of software for evaluations appropriate.

Keywords-- Flipped Learning, Video clips, Formative evaluations, Improvement in learning, Self-learning.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.264>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Innovación metodológica aplicada en los laboratorios de Mecánica de Fluidos

Estela Assureira, Mg.¹, Marco Assureira, Ing.²

¹Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, eassure@pucp.edu.pe

²Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, assureira.ma@pucp.edu.pe

Abstract- Se presentan los resultados del nuevo sistema de enseñanza que se ha implementado en los laboratorios de Mecánica de Fluidos, basado en el método pedagógico de Aprendizaje Invertido y, en evaluaciones formativas aprovechando la potencialidad de las herramientas TIC's. Los fundamentos teóricos vinculados a los ensayos, los instrumentos, el banco de trabajo, las instrucciones detalladas de los ensayos y los procedimientos a seguir son presentados mediante un conjunto de videoclips. El recurso Hot Potatoes es usado para la autoevaluación y, Socrative y Análisis de Casos para la heteroevaluación. Los recursos se hallan en la plataforma Moodle Paideia PUCP. Después de cinco semestres de su implementación se observa que el desempeño de los estudiantes con aprendizaje significativo (nota superior a 15) se ha incrementado en un 43% con la implementación de la innovación; el 90% de los estudiantes consideran buena la innovación, mientras que el 96% opina que los materiales puestos en línea ayudan a comprender mejor el tema y el 93% califica adecuado el uso de softwares para las evaluaciones.

Palabras clave- Aprendizaje Invertido; Videoclips; Evaluaciones formativas; Mejora en el aprendizaje; Autoaprendizaje.

I. INTRODUCCIÓN

La formación en competencias prácticas constituye una parte relevante de la formación en las distintas carreras universitarias pues facilita la vinculación permanente entre la teoría y la práctica y, el desarrollo de procesos de investigación-acción, considerados pilares básicos para que los estudiantes adquieran competencias profesionales de calidad [1].

Actualmente, las instituciones de educación superior se están viendo sometidas a presiones para que preparen mejor a los ciudadanos hacia el mundo del trabajo y, en esa preparación, ocupa un lugar de privilegio la fase práctica [1].

En el caso particular de los estudiantes de ingeniería, su formación debe contemplar el desarrollo de cuatro grandes cualidades: "Aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir y aprender a ser" [2]. Los estudiantes deben de estar preparados para enfrentar situaciones y problemas que ahora no existen pero que ocurrirán en el futuro. En este contexto el desarrollo de habilidades prácticas, como parte de su formación académica, permitirá que las soluciones que presenten en la vida profesional sean además de ser funcionales, viables, novedosas y económicas.

El programa formativo de la especialidad de Ingeniería Mecánica de la Pontificia Universidad Católica del Perú tiene asignaturas en las cuales, las clases teóricas se complementan con sesiones de prácticas de laboratorio entre las cuales se halla el curso de Mecánica de Fluidos.

Mecánica de Fluidos curso obligatorio ubicado en el séptimo ciclo de la especialidad, tiene 56 horas de clases magistrales a cargo de un docente y, 5 sesiones de laboratorio de 3 horas de duración cada sesión en las que se trabaja en grupos conformados por 5 estudiantes de un promedio de 50 alumnos matriculados en el curso.

Los trabajos de laboratorio se llevan a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Energía del Departamento de Ingeniería de la PUCP, donde se desarrollan las experiencias en bancos de ensayo los que poseen equipos de características industriales y están equipados con instrumental moderno.

Los ensayos tienen como finalidad afianzar los fundamentos teóricos, desarrollar la capacidad de observación, el aprendizaje de procedimientos que puedan ser aplicados en otras situaciones y sobretodo, la aplicación del conocimiento adquirido en el desarrollo de soluciones nuevas. Los alumnos al término del ensayo y en forma grupal deben de realizar el cálculo de diversos parámetros aplicando los principios teóricos, efectuar la comparación de los resultados experimentales con los resultados esperados e identificar los motivos de lo observado.

Se aspira la activa participación del estudiante en el manejo de los equipos e instrumentos, por ello los grupos de trabajo por banco de ensayo están integrados por 5 estudiantes a cargo de un asistente de docencia, además bajo esta modalidad de trabajo se busca fomentar el trabajo en equipo.

Con anterioridad a la implementación de la propuesta, se disponía de una Guía de Ensayo que presentaba el proceso a seguir y los requerimientos del informe final. La sesión de trabajo en el laboratorio se iniciaba con una breve explicación del tema y del funcionamiento del equipo, luego se realizaba el ensayo, culminando con la elaboración del informe técnico y la sustentación del mismo. Sin embargo, esta modalidad de trabajo y en número de bancos de ensayo disponibles en el Laboratorio de Energía no permite programar los ensayos secuenciados con la programación de las clases teóricas, por lo que siempre los alumnos realizarán ensayos de temas que aún no fueron tratados en el aula, lo que demanda a los estudiantes un proceso de autoaprendizaje.

El escenario descrito creaba antes de implementar la innovación, desmotivación en los estudiantes lo cual repercutía en su aprendizaje. Los jóvenes llegaban al laboratorio sin una idea clara de qué deben hacer, observándose durante el ensayo falta de interés, informes eran de baja calidad y e incremento de las inasistencias a lo largo del semestre. Además, el tiempo asignado para el desarrollo del ensayo y análisis de resultados era insuficiente debido a que parte del tiempo el docente encargado debía emplearlo explicando los conceptos teóricos en lugar de clarificar las dudas y a brindar una adecuada retroalimentación.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.264>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Situaciones como la presentada, demandan soluciones innovadoras, con metodologías que fomenten el auto-aprendizaje y el deseo de seguir aprendiendo y, evaluaciones que lo garanticen; y que consideren las características del alumno (generación Z) y que hagan uso de las diversas herramientas que la tecnología de hoy ofrece.

Entre las diversas metodologías de trabajo la metodología denominada Aprendizaje Invertido, resulta adecuada para enfrentar situaciones como la descrita pues, la instrucción directa se desplaza de la dimensión del aprendizaje grupal a la dimensión del aprendizaje individual, transformándose el espacio grupal restante en un ambiente dinámico e interactivo en el que el facilitador guía a los estudiantes en la aplicación de los conceptos y en su involucramiento creativo con el contenido del curso [3].

La innovación desarrollada para los laboratorios de la asignatura Mecánica de Fluidos ha aplicado la Metodología de Aprendizaje Invertido para la presentación de los conceptos teóricos, la presentación del banco de ensayo y los procedimientos de trabajo durante el ensayo.

Para lograr el éxito en entornos de aprendizaje virtuales se requiere: comenzar con buenos objetivos de aprendizaje; promover evaluaciones que sean cortas, frecuentes e informativas; utilizar evaluaciones mientras los estudiantes están aprendiendo en forma independiente y actuar sobre la información que se recopile [4].

En el trabajo desarrollado, para garantizar lo aprendido, se ha diseñado un Portafolio de Evaluaciones para el Aprendizaje que comprende auto-evaluaciones en línea previa a la sesión de trabajo, evaluaciones con analítica para el inicio de la sesión presencial, rúbricas para la observación del desempeño durante la sesión y el análisis de los resultados del ensayo al final de la sesión. Para elaborar las evaluaciones se ha empleado los programas Hot Potatoes, Socrative, Google Format, además del Análisis de Casos y las Rúbricas.

El empleo de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC's) resulta indispensable para metodologías como el Aprendizaje Invertido.

El proceso de innovación ha hecho uso con intensidad de las TIC's, todo el material didáctico de apoyo se puede acceder en el espacio virtual correspondiente en Moodle Paideia, lo que permite al alumno consultarlo cuando quiera, cuantas veces desee y desde el lugar que se encuentre. También se ha favorecido la retroalimentación y compartir experiencias a través de foros.

La metodología implementada en los Laboratorios de Mecánica de Fluidos promueve el aprendizaje autónomo abarcando todas las fases del ciclo de aprendizaje: recordar, entender, aplicar, analizar y evaluar; y desarrolla en el estudiante la capacidad de comunicación oral y escrita y, fortalece la capacidad de trabajar en equipo.

II. METODOLOGÍA

El trabajo de innovación se inició con la planificación de las acciones a realizar, la definición de los productos entregables de cada etapa y el involucramiento de los diversos actores del proceso.

Seguidamente, se analizó la situación y se identificó el problema existente, sus causas y las oportunidades no aprovechadas. Luego, se procedió a buscar alternativas de solución, para lo cual se revisó información y se estableció

contacto con colegas de experiencias similares, este paso permitió definir la metodología a emplear, eligiéndose "Aprendizaje Invertido" y "Evaluaciones Formativas".

A continuación, se realizó la definición de los objetivos o capacidades de cada una de las sesiones de laboratorio, los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Con estos insumos se procedió al diseño de la Sesión Presencial donde se plasma el resultado del aprendizaje, las actividades a realizar y el tiempo asignado para cada una de ellas, las acciones del docente y de los estudiantes.

Luego, se llevó a cabo el diseño de las herramientas educativas y el Portafolio de Evaluación, así como las acciones de retroalimentación sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Posteriormente, se llevó a cabo la selección y capacitación del equipo de asistentes de docencia en el nuevo enfoque, en el manejo de las herramientas de evaluación y en los mecanismos de retroalimentación con los alumnos y con el docente del curso o profesor de aula.

Finalmente, se diseñaron las encuestas y los procedimientos para su aplicación para recoger la opinión de los estudiantes y, se establecieron los procedimientos para medir los resultados de la innovación.

Puesta en marcha la innovación se ha efectuado el monitoreo continuo e introducido las mejoras requeridas durante 5 semestres.

A. Aspectos considerados en la propuesta

Es importante mencionar que en el diseño de la nueva propuesta metodológica se consideraron los siguientes aspectos:

Las características de los estudiantes (edad promedio 21 años), altamente dependientes de la tecnología, nativos digitales, competitivos, altamente proactivos, multitareas que esperan respuestas inmediatas y prefieren experiencias de aprendizaje interactivo y experimental.

El enfoque por competencias y el logro de los objetivos educacionales (a), (b), (e) y (g) de los once propuestos por Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) de los Estados Unidos [5].

La enseñanza centrada en el estudiante, en el aprendizaje significativo y orientado a niveles de aprendizajes superiores según la taxonomía de Bloom.

La evaluación como parte integral del proceso de enseñanza aprendizaje, con carácter formativo y no sumativo, que fomente el deseo de seguir aprendiendo, que se evidencie en distintos momentos, que aplique diversas metodologías e incorpore procesos de retroalimentación efectivos.

El aprendizaje enriquecido por tecnología de modo que la experiencia de aprender resulte motivante y desafiante para el estudiante.

La opinión de todos los actores involucrados en el proceso: alumnos, profesor del curso y asistentes de laboratorio.

B. Herramientas educativas desarrolladas

Se han desarrollado módulos de trabajo para cada una de las sesiones de laboratorio: Módulo 1 Tipos de Flujo, Módulo 2 Calibración de instrumentos medidores de caudal, Módulo 3 Proceso de transferencia de energía en un ventilador centrífugo, Módulo 4 Pérdidas en tuberías y

accesorios y Módulo 5 Flujo externo alrededor de un cilindro circular.

Para mejorar la experiencia de aprendizaje se han desarrollado las siguientes herramientas interactivas: “Lo que necesitas saber”, material didáctico que contiene los conceptos teóricos con ilustraciones; “Presentando el ensayo”, videoclips en los cuales se muestran los equipos e instrumentos que se usaran en el ensayo así como los procedimientos a seguir; “Tu Guía de Ensayo” documento que indican los registros a realizar durante el ensayo, los cálculos y los gráficos que deberían ser ejecutados en base a los resultados obtenidos y el esquema a seguir para la elaboración del Informe técnico.

Para los docentes se ha elaborado: “Guía de la sesión presencial”, documento el cual se detallan las actividades a desarrollar y el tiempo asignado para cada una de ellas. “Guía de Trabajo Docente”, elaborada con la finalidad de apoyar al docente en el proceso de retroalimentación. Contiene resultados de ensayos similares, preguntas frecuentes y sugerencias sobre los aspectos teóricos más importantes.

Las herramientas educativas creadas fueron alojadas en la Plataforma Moodle Paideia. La Fig. 1 muestra la presentación del laboratorio, la Fig. 2 presenta los equipos e instrumentos y la Fig. 3 el procedimiento de ensayo.

C. Portafolio de evaluaciones

Como parte de la innovación desarrollada, se ha creado un Portafolio de Evaluaciones para el Aprendizaje que comprende auto-evaluaciones en línea previa a la sesión de trabajo, evaluaciones con analítica para el inicio de la sesión presencial, rúbricas para la observación del desempeño durante la sesión y el análisis de los resultados del ensayo al final de la sesión.

La aplicación de evaluaciones a lo largo del proceso permite apreciar el avance de los estudiantes identificando lo que han aprendido y lo que les falta por aprender. Evaluaciones aplicadas al final del proceso cumplen la función sumativa al permitir hacer el recuento de las competencias alcanzadas por los estudiantes. Las evaluaciones cumplen así su función diagnóstica, sumativa y formativa.

“¿Qué has aprendido?” Son autoevaluaciones para ser ejecutadas antes de la sesión grupal, están referidas a los contenidos presentados en el recurso virtual y en la guía de ensayo cuyo aprendizaje se realiza en forma independiente por los estudiantes. Su diseño es de carácter lúdico, para lo cual se usó el recurso Hot Potatoes, que es una herramienta de software con la cual se han creado ejercicios educativos interactivos que se pueden resolver vía web a través de la Plataforma Paideia. La Fig. 4 muestra un ejemplo de preguntas de opciones múltiples y la Fig. 5 un crucigrama.

¿Estás listo para comenzar?, se denominan así a las evaluaciones con las que se inicia la sesión presencial para ello se ha empleado el recurso Socrative que lanza cuestionarios o pruebas para que sean respondidas por web ya sea haciendo uso de dispositivos móviles, smartphones o mediante computadora. El profesor puede tener en tiempo real el resultado de las evaluaciones, lo que le permite identificar los puntos débiles y clarificar las dudas, convirtiendo los datos en información y comunicando esta

información a los estudiantes [4]. La Fig. 5 y la Fig. 6 muestran ejemplos de prueba.

Los resultados de esta experiencia son presentados por los estudiantes a modo de Informe Técnico grupal, el cual es alojados en la Plataforma Moodle Paideia. Al término del semestre se aplica una evaluación denominada Prueba de Salida que abarca todos los temas trabajados así como sobre los resultados obtenidos.

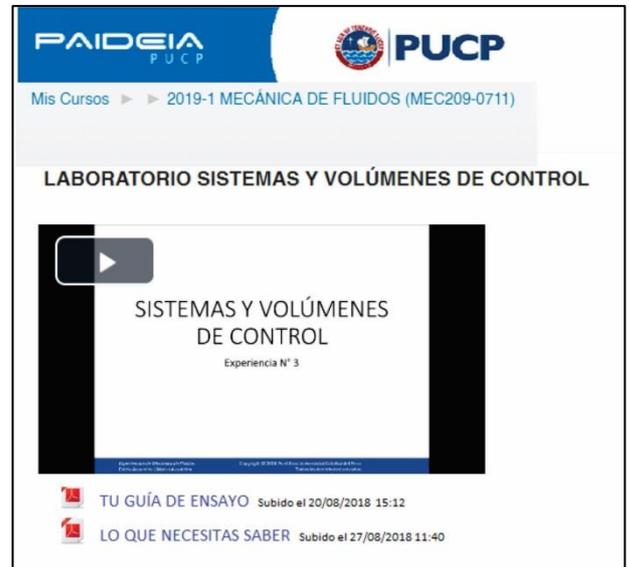


Fig. 1 Portal Paideia-PUCP Laboratorio 3

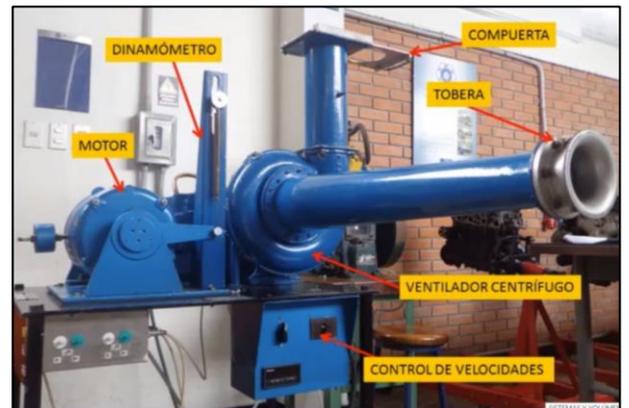


Fig. 2 Video Clip Equipos e Instrumentos Laboratorio 3



Fig. 3 Video Clip Procedimiento de Ensayo Laboratorio 3



Fig. 4 Autoevaluación Hot Potatoes Laboratorio 1



Fig. 5 Autoevaluación Hot Potatoes Laboratorio 2

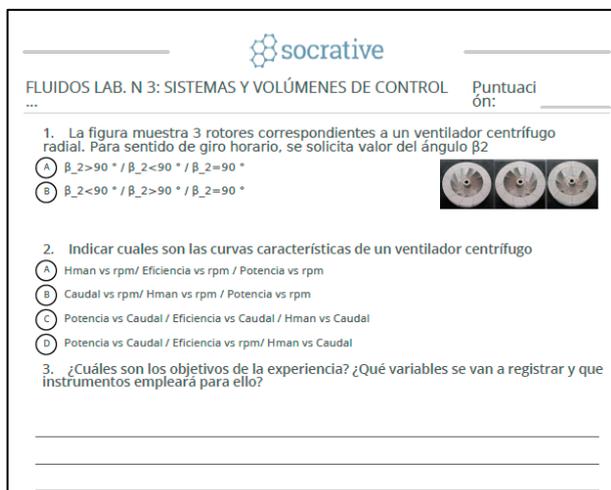


Fig. 6 Modelo de Prueba de Entrada con Socrative Laboratorio 3

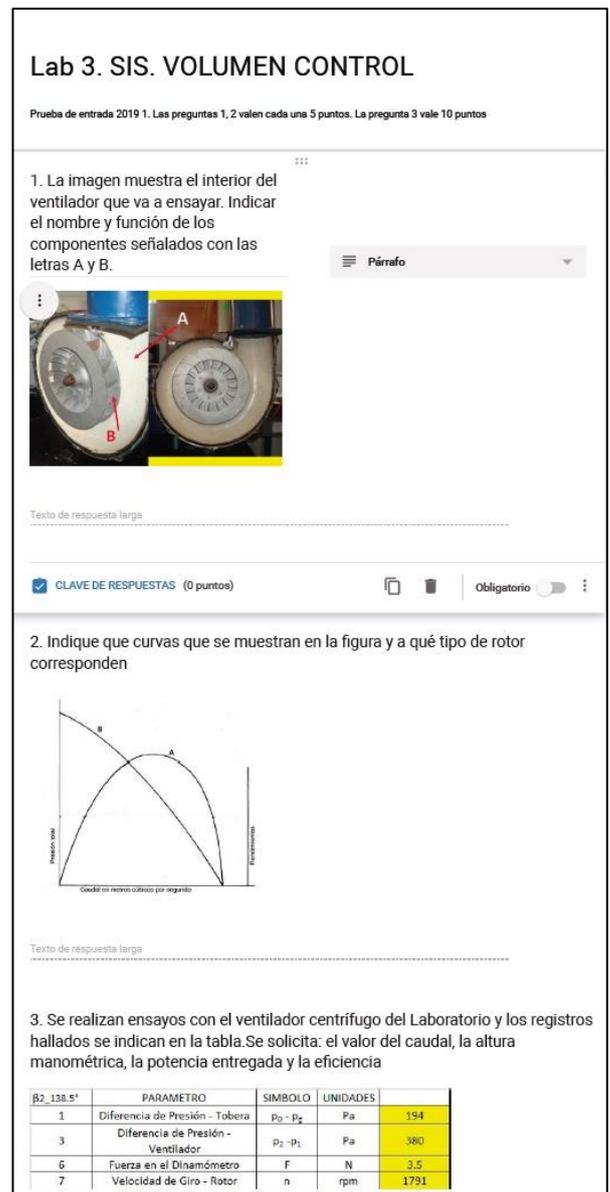


Fig. 7 Modelo de Prueba de Entrada utilizando Formularios Google Laboratorio 3

¿Cómo fue el trabajo? Son las Rúbricas creadas para evaluar el desempeño de los estudiantes a las cuales sólo tiene acceso el docente. La Tabla 1 muestra los criterios de evaluación, su ponderación y los indicadores.

TABLA I
RÚBRICAS

Criterio	Ponderación	Supera	Cumple	En desarrollo	Deficiente
C1	10%				
C2	20%				
C3	30%				
C4	40%				

- C1: Uso correcto de los instrumentos
- C2: Secuencia correcta en el desarrollo del ensayo
- C3: Realización del ensayo
- C4: Análisis de la información

III.RESULTADOS

Para evaluar la innovación implementada se han considerado dos aspectos la tasa de rendimiento y la opinión de los alumnos y asistentes de docencia.

A. Resultados académicos

Desde la implementación de la innovación en el 2do semestre del año 2016 se monitorea el desempeño académico de los estudiantes y también se evalúa sus actitudes a través de las rúbricas y los informes de los docentes encargados de los laboratorios.

La nota es obtenida mediante la combinación de 3 factores: la prueba aplicada al inicio de la sesión presencial (25%), el desempeño del estudiante durante la sesión práctica (40%), el informe final (10%) y la prueba de salida (25%). La calificación se realiza en una escala de cero a veinte, siendo once la nota aprobatoria.

El análisis de los resultados académicos muestra una mejora paulatina en el rendimiento, siendo más significativo a medida que los semestres transcurren. Sin embargo, es importante indicar que en el primer semestre de implementada la propuesta no ocurre mayor cambio en el rendimiento debido a que todos los actores involucrados iban asimilando el cambio y comprendiendo sus ventajas.

En la Fig. 8 se comparan los resultados antes y luego implementada la innovación, los que están expresados como rangos porcentuales de las calificaciones promedios obtenidas y del nivel de inasistencias en los semestres evaluados.

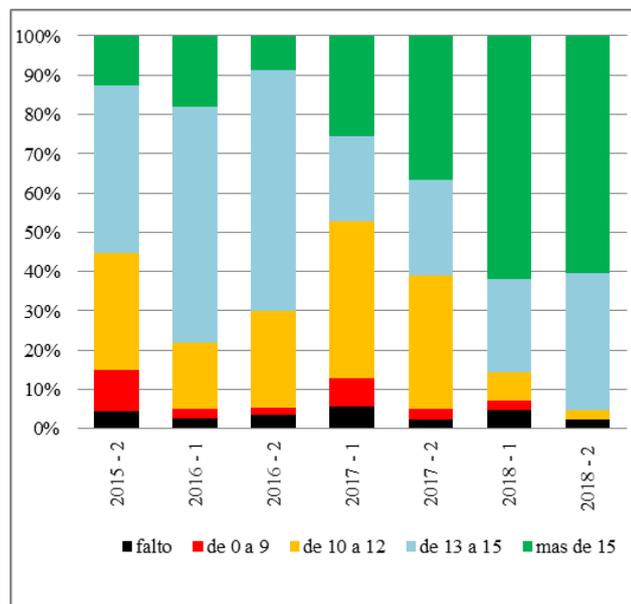


Fig. 8 Rendimiento de los estudiantes

Se observa una mejora significativa en el aprendizaje de los estudiantes, pues el porcentaje de alumnos con calificaciones superiores a 15 de nota final en el laboratorio para los dos últimos semestres con aplicación de la

innovación (2018-1 y 2018-2) alcanzó un 60%, mientras que antes de su implementación (2015-2) la cantidad de alumnos con este nivel de calificaciones sólo se hallaba en un 17% lo que implica un incremento del orden de 43%.

B. Percepción de los estudiantes

La opinión de los estudiantes fue recogida mediante una encuesta en la que participación fue de 80% de los alumnos matriculados en los ciclos en los que viene siendo aplicada la innovación. Se formularon preguntas relativas a la utilidad de las mejoras introducidas, la utilidad de los videos y sobre los métodos de evaluación como herramientas para el aprendizaje.

Se formularon 7 preguntas relacionadas con la innovación, como se describen en la Tabla 2. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

TABLA II
PREGUNTAS

Item	Pregunta
P1	¿Cómo califica la presentación del programa?
P2	¿Cómo califica la metodología de trabajo que se sigue?
P3	En su opinión, ¿la presentación del videoclip le ayudó a comprender el tema a tratar?
P4	¿Cómo califica la descripción del equipo y del procedimiento que muestra en el videoclip?
P5	¿Cómo considera el uso del software Socrative para la pruebas de entrada y salida?
P6	¿Cómo califica la retroalimentación que recibió del asistente de docencia?
P7	¿Cómo considera la vinculación de los temas tratados del laboratorio con los del aula?

TABLA III
RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Pregunta	Deficiente	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
1	0%	7%	37%	37%	19%
2	0%	11%	41%	44%	4%
3	0%	4%	41%	44%	11%
4	0%	0%	44%	44%	11%
5	0%	7%	41%	30%	22%
6	0%	15%	33%	33%	19%
7	0%	15%	26%	56%	4%

IV. CONCLUSIONES

El desempeño de los estudiantes con aprendizaje significativo (nota superior a 15) se ha incrementado en un 43% con la implementación de la innovación

En promedio el 38% de los alumnos califica como buena la innovación, el 41% como muy buena y el 13% como excelente.

El 96% de los alumnos consideran que los materiales educativos puestos en línea los ayuda a comprender mejor la experiencia realizar, mientras que el 93% opina favorablemente el empleo de software para las evaluaciones.

REFERENCES

[1] ABET, "Criteria for Accrediting Engineering Technology Programs,"

- Baltimore, USA, 2019.
- [2] J. Tourón, "Cuatro estrategias de evaluación para un entorno flipped," *Universidad Internacional de la Rioja*, La Rioja, España, pp. 1–4, Apr-2018.
- [3] J. Yarbrow, K. M. Arfstrom, K. McKnight, and P. McKnight, "Extension of a Review of Flipped Learning," 002-02/2019-DAF.ConFlipped Learning Network/ George Mason University/Pearson, USA, 2014.
- [4] A. Molina, "La Competencia Profesional en el Ingeniero del Nuevo," *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Tarapaca*, vol. 8, Arica, Chile, pp. 65–71, 2000.
- [5] P. Iranzo García, C. López López, Á. Molina Merlo, and E. Molina Ruiz, "Procedimientos de análisis, evaluación y mejora de la formación práctica," *Revista de educación*, vol. 346, Madrid, España, pp. 335 – 361, 2008.