

Proyecto de Innovación Docente (PID) 2020/2021

-MEMORIA DE PROYECTO -

DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:
Adaptación de la asignatura de ingeniería de fabricación a un modelo semipresencial basado en la metodología b-learning (ID2020/151)

COORDINADOR DEL PROYECTO:			
NIF	Nombre y apellidos	E-mail	Teléfono
07982653c	Roberto Guzmán de Villoria	roberto.guzman@usal.es	677569339

ACCIÓN (indicar solo una):
<ul style="list-style-type: none">- <i>x 1. Innovación en metodologías docentes para desarrollo de competencias generales o específicas</i>- <i>Proyectos dirigidos a la innovación en: las clases magistrales, estudios de casos prácticos, resolución de ejercicios y problemas, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje por proyectos, aprendizaje cooperativo y clases prácticas</i>

NIF/NIE/Pasap.	Nombre y apellidos	E-mail
07982653c	Roberto Guzmán de Villoria (RGV)	roberto.guzman@usal.es
70820374q	Manuel Rodríguez Martín (MRM)	ingmanuel@usal.es
07959809S	Roberto García Martín (RGM)	toles@usal.es
78491649D	Noela Rodríguez Losada (NRL)	noela@uma.es
11894292A	Leticia Aguado Ferreira (LAF)	laguado@usal.es

RESUMEN

Se propuso a los estudiantes del grado en Ingeniería Mecánica se propusieron llevar a cabo un proyecto para diseñar el proceso de fabricación de una válvula de respirador mecánico para uso médico. Esta actividad se llevó a cabo durante el periodo de confinamiento debido a la pandemia de COVID-19 y el componente se eligió debido a la alta demanda de respiradores como consecuencia de la pandemia en ese momento. Una vez aplicada la actividad, se pasó un cuestionario a los alumnos para conocer la aceptación y percepción de la actividad. Los resultados muestran una aceptación adecuada en términos de aprendizaje, utilidad y escalabilidad.

1 INTRODUCCIÓN

En el ámbito educativo, durante el periodo de la pandemia de COVID-19, se suspendió el aula presencial en todos los niveles educativos. La metodología tradicional presencial aplicada en la mayoría de las universidades fue reemplazada repentinamente por metodologías de aprendizaje electrónico basadas en el aprendizaje electrónico. Todas las directrices para la continuidad del curso académico en España se emitieron en [1] mientras que en otros países se dictaron leyes y resoluciones similares. Este problema requirió la adaptación repentina de las metodologías de enseñanza y los materiales de aprendizaje al nuevo escenario de capacitación, permitiendo preservar las competencias de aprendizaje. Esta situación excepcional requirió un enorme esfuerzo de toda la Comunidad Educativa para adaptarse a la modalidad online [2]. Además, se requirió que los profesores tuvieran una visión amplia de la enseñanza que incluya la autoevaluación y la coevaluación para evaluar el aprendizaje del estudiante a través de datos cualitativos y cuantitativos [1]. La falta de experiencia con respecto a la modalidad de aprendizaje electrónico en la mayoría de las universidades era una desventaja. Este desafío fue aún mayor para las licenciaturas en ingeniería, ya que se necesitan actividades de laboratorio y técnicas para la adecuada adquisición de competencias.

En el caso específico del curso de Ingeniería de Fabricación, no fue posible acceder al Laboratorio de Fabricación. En esos lugares, los estudiantes realizan actividades prácticas y experimentales que les sirven para adquirir competencias y habilidades prácticas específicas. Este inconveniente fue abordado por la estrategia presentada en este artículo. Se diseñó una actividad no solo para abordar la situación causada por la pandemia, sino también como una propuesta de investigación para evaluar el alcance de la capacitación on-line en el campo de la ingeniería de fabricación. Este enfoque es atractivo desde el punto de vista económico ya que enseñar conceptos de ingeniería en un laboratorio requiere de equipos experimentales, dispositivos e instrumentos sofisticados [3]. Sin embargo, el aprendizaje práctico es un tema importante para la educación en ingeniería. Es

importante tener en cuenta el alto costo del equipo de laboratorio; el tiempo empleado preparando y haciendo los experimentos, y las limitaciones operativas (por ejemplo: grandes grupos de estudiantes, limitaciones de los materiales consumibles, limitaciones de tiempo, etc.). Todos estos aspectos justifican la creación de laboratorios virtuales de recursos para apoyar la actividad docente [4].

Las herramientas de simulación y el entorno virtual se pueden aplicar en el contexto de las licenciaturas en ingeniería mecánica [5]. En concreto, en los procesos de fabricación de aprendizaje se han aplicado enfoques aplicados basados en laboratorios remotos [6] o incluso combinarlos con MOOSs [7]. Además, durante los últimos 40 años se ha producido un aumento significativo de la metodología project based learning (PBL) en la enseñanza de ingeniería debido a su eficacia esperada en el desarrollo del conocimiento profesional de los estudiantes y las competencias transferibles [8]. Se han abordado diferentes estudios sobre el aprendizaje basado en proyectos en ingeniería [9-10], algunos relacionados con el aprendizaje de fabricación [11].

Debido a que los grados de ingeniería son estudios muy orientados a la resolución de problemas, los PBL han ganado protagonismo a la vez que han generado resultados positivos en los procesos de enseñanza y aprendizaje, tanto a nivel de grado como de posgrado [12].

La metodología propuesta se basa en una visión integradora y multidisciplinar: A diferencia del aprendizaje basado en problemas [13], el estudio de caso utilizado en la PBL abarca diferentes áreas del conocimiento y requiere ciertas competencias multidisciplinares para su resolución, no limitándose a los contenidos de la asignatura. Además, los proyectos a veces requieren trabajo en equipo y trabajo cooperativo, tal como se haría en la vida profesional de los futuros ingenieros. Además, el PBL sirve para motivar la iniciativa de investigación del estudiante, que debe hacer un esfuerzo para buscar y asimilar contenidos que no necesariamente se han enseñado en el aula.

En este trabajo, los autores proponen una iniciativa de lectura basada en proyectos (PBL) apoyada en una metodología de e-learning que se plantea en el contexto de la pandemia de COVID-19 para el curso de Ingeniería de Procesos de Fabricación.

2 CONTEXTO ACADÉMICO

El curso de Procesos de Fabricación está programado para 72 horas de aula recaudando un total de 6 Sistemas Europeos de Transferencia de Créditos, ECTS. Las competencias de este curso se definen en la Tabla 1. La metodología de e-learning de la asignatura se basó en una modalidad síncrona utilizando Blackboard Academic Suite [14] y el Basado en Moddle Learning Management System (LMS) de la Universidad de Salamanca (Studium).

Tabla 1: Competencias específicas y transversales del curso

Competencias	Tipo
Conocimiento aplicado de sistemas y procesos de fabricación, metrología y de calidad, parcialmente.	Específica
Desarrollar la iniciativa personal, la creatividad, el dinamismo, el sentido crítico y otros muchos valores que hacen a las personas activas ante las circunstancias que los rodean. Recopilar la información técnica relativa a un tema y asignar eficientemente los recursos necesarios para la realización de un trabajo determinado, con una adecuación temporal	Transversal
Utilizar una adecuada estructura lógica y un lenguaje correcto y apropiado a cada situación. Escribir con corrección ortográfica	Transversal
Utilización de las herramientas necesarias, incluidas las informáticas para solventar cualquier dificultad o cuestión. Resolver los problemas de las tecnologías específicas, así como saber plantear la resolución de nuevos problemas.	Transversal
Realizar eficazmente los cometidos asignados como miembro de un equipo e integrarse y participar en las tareas del grupo	Transversal
Manejar las herramientas y contenidos disponibles tanto en el aula como en la red, trabajando de forma autónoma y con iniciativa personal. Conocer los procedimientos para buscar información apropiada y saber seleccionar la información más relevante de manera autónoma.	Transversal

3 DISEÑO DE LA ACTIVIDAD

El flujo de trabajo de la actividad se resume en la figura 1. En primer lugar, se dieron las lecciones teóricas y prácticas. En segundo lugar, la actividad estaba presente en el alumno, que la llevaría a cabo de forma autónoma, pero con el asesoramiento del profesor en determinados intervalos de tiempo.

Previamente se establecieron diferentes criterios para diseñar una actividad adecuada que cumpliera con todos los requisitos de enseñanza-aprendizaje y permitiera la adecuada adquisición de competencias (Tabla 1). Así, se consideraron tres criterios para el diseño de la actividad: los criterios de realidad, calidad y economía [15,16]. Se consideraron específicamente los diferentes ítems para cada uno de ellos (Tabla 2).

El criterio de calidad busca que la actividad se pueda realizar utilizando el LMS tanto para cargar los contenidos, como para la subida en la plataforma y para la evaluación individual y nota de cada

alumno en un contexto de e-learning. Dado que los resultados deben permitir una construcción activa del aprendizaje, la actividad debe permitir al estudiante aprender de forma autónoma mientras realiza la actividad. Asimismo, el diseño de la actividad debe permitir la interacción con el profesor a través de clases síncronas o a través de mensajería por internet.

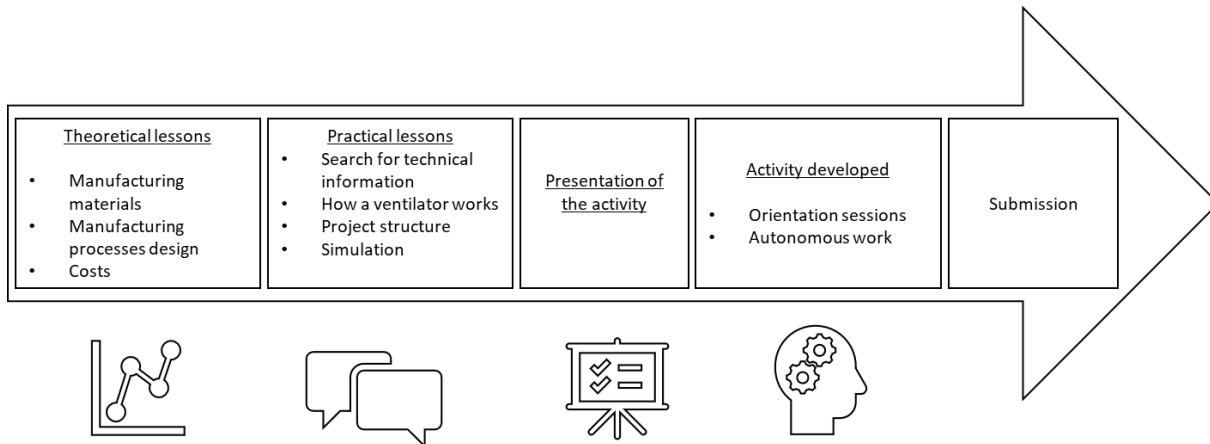


Figure 1: Flujo de trabajo de la actividad PBL propuesta.

El criterio de la realidad tiene como objetivo contextualizar la actividad dentro de un entorno de trabajo real. Lo que se propone en la actividad debe ser similar a lo que el estudiante puede abordar en su trabajo futuro. Para ello la pieza elegida tiene las dimensiones y la geometría real y permite la aplicación de los conocimientos técnicos del alumno para diseñar el proceso de fabricación más adecuado. Finalmente, el criterio de la economía busca poder aprovechar los recursos gratuitos (por ejemplo, la biblioteca GrabCAD [17]) y los recursos ya disponibles en la universidad.

Table 2: Criterios aplicados para diseñar la actividad

Criterios de calidad	Criterios de la realidad	Criterios de economía
Actividad subida en el LMS disponible en la universidad	Parte real de la máquina	Utilizando las herramientas disponibles en el campus.
Resultados que permiten la construcción activa del aprendizaje	Medidas y geometrías reales (motivación)	Aprovechamiento de los recursos de aprendizaje abierto
Posibilidad de evaluar las competencias asociadas	Conocimientos técnicos	
Posibilidad de interactuar con el profesor en caso de duda	Utilidad sanitaria	

Se eligió una válvula respiradora para la actividad. El motivo principal de esta elección fue la situación de emergencia sanitaria (marzo-abril de 2020) ya que era realmente complicado encontrar estas válvulas. En los medios de comunicación había mucha información sobre cómo funcionan, y cómo múltiples esfuerzos se centraron en fabricarlos mediante la impresión 3D. Creemos que fue un tema de fabricación oportuno e importante que puede motivar a los estudiantes. También nos ayudará a mostrarles el contenido de la asignatura, y nos permitirá aplicar los conocimientos del curso.

La válvula del respirador fue elegida ad-hoc en la biblioteca de modelos libres y colaborativos de GrabCAD [17] y adaptada a los requisitos de la actividad. En esta biblioteca, se eligió una válvula con un modelo real de geometría y forma.

Así, se generó el modelo CAD a escala, que se puso a disposición de los estudiantes en la plataforma LMS. La geometría de la válvula se muestra en la Figura 2. Para el diseño, se consideró el hecho de que la pieza debe ser fabricada utilizando diferentes metodologías de fabricación y materiales.

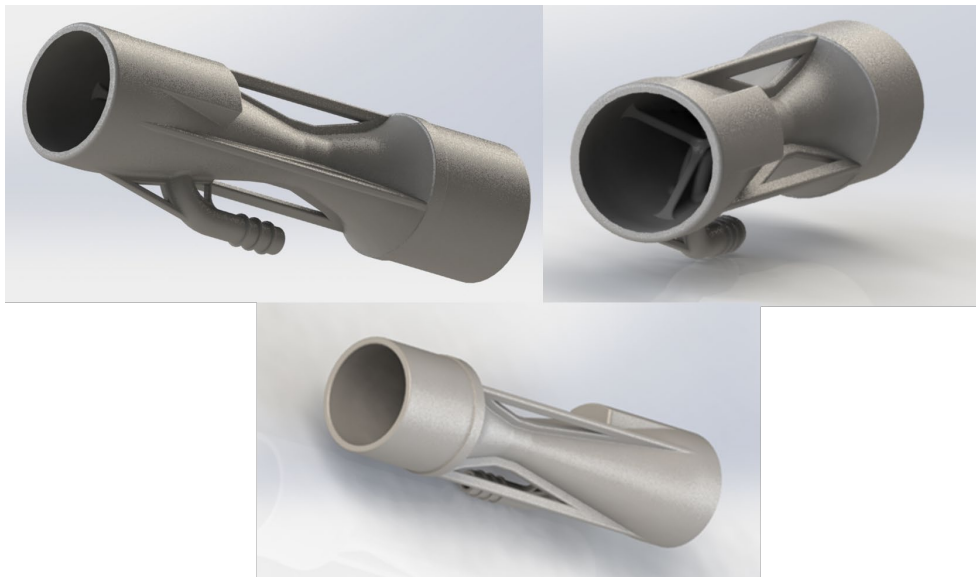


Figure 2: Modelo CAD renderizado de la válvula [17].

La actividad se desarrolló siguiendo una estructura similar a la de otros investigadores docentes [4-5] pero adaptada a los requerimientos del curso y la metodología. Todas las actividades se llevaron a cabo siguiendo la modalidad e-learning. En primer lugar, se expondrán las lecciones teóricas sobre los procesos de fabricación, el diseño de procesos y la estimación de costos. Posteriormente, también se expuso una lección práctica sobre métodos transversales para encontrar información técnica y documentación, estructura de un proyecto de fabricación. También se indicó a los estudiantes una breve descripción de cómo funciona un respirador. Se les

proporcionarán diferentes sitios web especializados y documentos de aprendizaje adicionales para profundizar en los contenidos. Todos estos aspectos se expusieron de forma sincrónica a los estudiantes utilizando la plataforma Blackboard Academic Suite integrada dentro del LMS.

La actividad se presentó en cuatro sesiones sincrónicas de 60 minutos. En cada sesión semanal los profesores explicaron cada parte del proyecto (introducción de la actividad, selección de material y proceso, preparación de la hoja de proceso y economía del proceso). Cada parte de la actividad fue seguida por una parte teórica, con el fin de ayudar al estudiante a terminar el proyecto. También se indicaron las pautas necesarias para la actuación y se respondieron adecuadamente las dudas del alumno.

El desarrollo del proyecto por parte del estudiante se dividió en:

1. Sesiones de orientación: El profesor estará disponible en streaming a través de la plataforma Blackboard para los alumnos que quieran, hacer preguntas (cuatro sesiones de 2 horas). Las sesiones bajo demanda también fueron programadas por todos los grupos.
1. Trabajo autónomo del estudiante sin la ayuda del profesor.

Una vez que el proyecto fue desarrollado por los estudiantes, se subió a la plataforma para la evaluación. Cada grupo debe presentar los resultados de la actividad a sus compañeros en una presentación de 5 minutos. El estudiante recibió la calificación y retroalimentación de la actividad por ese medio.

4 RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Una vez que los estudiantes hubieran desarrollado el proyecto, los resultados deseados serían:

1. Aplicar los conocimientos teóricos de la clase a un problema de fabricación real en una pieza real.
2. Aprender sobre el mecanizado y cómo los diferentes parámetros afectan al proceso de fabricación.
3. Seleccionar un material, herramientas, parámetros de proceso.
4. Preparar una hoja de proceso.
5. Optimizar el tiempo de producción para minimizar el coste.
6. Preparar informes de un proyecto y presentarlo a sus compañeros

5 ANÁLISIS DE PERCEPCIÓN

Los estudiantes fueron invitados a responder un cuestionario on-line para evaluar la percepción sobre la actividad de aprendizaje abordada en términos de utilidad, simplicidad, aprendizaje y usabilidad. Estos indicadores se han aplicado en trabajos anteriores en el contexto de la educación en ingeniería [4,5,15]. Cuatro preguntas individuales basadas en la escala likert para las respuestas (1-5) fueron incluidas en el cuestionario (Tabla 3). La muestra estuvo constituida por 15 estudiantes del Grado en Ingeniería Mecánica (3º curso académico) con edades comprendidas entre los 20 y los 24 años.

Table 3: Estructura del cuestionario y puntuaciones para cada ÍTEM

ITEM	Pregunta	Score (off)
Utilidad	Creo que la actividad es útil	3.87
Simplicidad	La actividad me ha parecido sencilla	2.87
Aprendizaje	La actividad me ha permitido entender mejor el tema	3.46
Escalabilidad	Me gustaría hacer más actividades de este tipo en otros temas	4.00

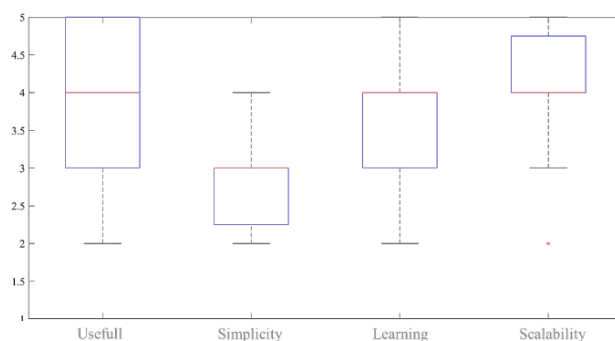


Figure 3. Diagrama de caja de los resultados.

Como puede ver el lector (Figura 3 y Tabla 4), los resultados muestran que los estudiantes consideraron en términos generales la actividad como útil. Los estudiantes también consideraron que el proyecto había servido para comprender mejor el tema. También les gustaría que se realizaran más actividades de este tipo. Considerando los resultados de dispersión, la utilidad es el ítem en el que las respuestas estuvieron más dispersas, mientras que, en términos de simplicidad, es el ítem en el que las respuestas estuvieron menos dispersas.

6 DESVIACIONES SOBRE LA PROPUESTA

La desviación principal del proyecto respecto a la propuesta fue la no realización de la “feria científica” ya que cuando se les consultó a los estudiantes, algunos prefirieron presentar los proyectos sólo al resto de sus compañeros.

7 CONCLUSIONES

Los autores creen que el aprendizaje presencial sigue siendo importante. Sin embargo, en tiempos de emergencia como los vividos durante la pandemia de COVID-19, el aprendizaje no debe detenerse, por lo que son muy necesarias propuestas que permitan la adquisición de habilidades prácticas de ingeniería.

En este trabajo se ha diseñado y aplicado una metodología PBL basada en la adquisición de competencias relacionadas con los procesos de fabricación de acuerdo con criterios de calidad, realidad y economía. El proyecto como actividad de aprendizaje ha sido diseñado y desarrollado en un contexto de e-learning y se llevó a cabo durante el confinamiento por la pandemia de COVID-19. El estudiante debe abordar un proyecto de fabricación integral para establecer los procedimientos de fabricación y los materiales más adecuados para el desarrollo de una válvula respiradora, así como los costos de producción. Se eligió una válvula respiradora por la relevancia que tuvieron durante el periodo de pandemia, por la escasez de material sanitario. Esta actividad se puede implementar en una modalidad de e-learning o como complemento y actividad autónoma en modalidades presenciales.

Una vez desarrollado el proyecto por los estudiantes, se llevó a cabo un cuestionario para averiguar cómo los estudiantes habían percibido la actividad. En esto se puntuó la utilidad, el aprendizaje, la escalabilidad y la simplicidad de la actividad. Los estudiantes indicaron que la actividad propuesta les había sido útil y había servido para comprender mejor el tema. También indicaron que les gustaría realizar actividades de este tipo en otras materias. Sin embargo, en la percepción de dificultad, no se obtuvieron resultados relevantes.

En la labor futura se abordará la comparación de enfoques basados en el aprendizaje electrónico, como el propuesto en el presente documento, con respecto a otras metodologías de PBL llevadas a cabo en modalidad presencial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Universidad de Salamanca la concesión del proyecto de innovación docente titulado: *Adaptación de la asignatura de Ingeniería de Fabricación a un Modelo Semipresencial aplicando la metodología B-learning* con código ID2020/151.

REFERENCIAS

- [1] Government of Spain. Order EFP/365/2020, of 22 April, by which establish the framework and the guidelines of action for the third quarter of the course 2019-2020 and the beginning of the course 2020-2021, before the situation of crisis caused by the COVID-19.
- [2] Hassan Hossein-Mohand, Melchor Gómez-García, Juan-Manuel Trujillo-Torres, Hossein Hossein-Mohand, and Moussa Boumadan-Hamed. 2021. Uses and Resources of Technologies by Mathematics Students Prior to COVID-19. *Sustainability*, 13, 4 (February 2021),1630. <https://doi.org/10.3390/su13041630>
- [3] Kumar Perumal and Rajamohan Ganesan. 2016. CFD modeling for the estimation of pressure loss coefficients of pipe fittings: An undergraduate project. *Comput. Appl. Eng. Educ.* 24, 2 (August 2015), 180-185. <https://doi.org/10.1002/cae.21695>
- [4] Manuel Rodríguez-Martín and Pablo Rodríguez-González. 2019. Learning methodology based on weld virtual models in the mechanical engineering classroom. *Comput. Appl. Eng. Educ.*, 27, 5, (July 2019), 1113-1125. <https://doi.org/10.1002/cae.22140>
- [5] Manuel Rodríguez-Martín, Pablo Rodríguez-González, Alberto Sánchez-Patrocínio, and Javier R. Sánchez. 2019. Short CFD simulation activities in the context of fluid-mechanical learning in a

- multidisciplinary student body. *Appl. Sci.*, 9, 22 (November 2019), 4809, 17 pp. <https://doi.org/10.3390/app9224809>
- [6] Oriol G. Bellmunt, Daniel M. Miracle, Samuel G. Arellano, Andreas Sumper, and Anatori S. Andreu. 2006. A distance PLC programming course employing a remote laboratory based on a flexible manufacturing cell. *IEEE Trans. Educ.*, 49, 2, (May 2006), 278-284. <https://doi.org/10.1109/TE.2006.873982>
- [7] Tobias R. Ortelt, Sabine Pekasch, Karsten Lensing, Pierre-Jean Guéno, Dominik May, and A. Erman Tekkaya. 2016. Concepts of the international manufacturing remote lab (MINTReLab): Combination of a MOOC and a remote lab for a manufacturing technology online course. In *Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) IEEE*. Abu Dhabi, United Arab Emirates, 602-607. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2016.7474612>
- [8] Juebei Chen, Anette Kolmos, and Xiangyun Du 2021. Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: a review of literature. *Eur. J. Eng. Educ.* 46, 1 (February 2020), 90-115, <https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1718615>
- [9] Brett D. Jones, Cory M. Epler, Parastou Mokri, Lauren H. Bryant, and Marie C. Parette. 2013. The effects of a collaborative problem-based learning experience on students' motivation in engineering capstone courses. *Interdisc. J. Problem-Based Learn.*, 7, 2 (2013), 34-71. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1344>
- [10] Benoît Galand, Mariane Frenay, and Benoît Raucent, B. 2012. Effectiveness of problem-based learning in engineering education: a comparative study on three levels of knowledge structure. *Int. J. Eng. Educ.*, 28, 4 (March 2012), 939-947. Available at: <http://hdl.handle.net/2078.1/111180>
- [11] Guilherme Tortorella and Paulo Cauchick-Miguel. 2018. Combining traditional teaching methods and PBL for teaching and learning of lean manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 51, 11 (September 2048), 915-920. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.465>
- [12] Simone B.S. Monteiro, Ana C.B. Reis, João M. Silva and João C.F. Souza. 2017. A Project-based Learning curriculum approach in a Production Engineering Program. *Production*, 27(spe) (September 2017), e2016226. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.226116>
- [13] D.R. Woods. 1994. *Problem-based Learning: how to gain the most from PBL*, McMaster University Bookstore, Hamilton-Canada.
- [14] Blackboard. Blackboard Academic Suite. blackboard.com/
- [15] Manuel Rodríguez-Martín and Pablo Rodríguez-González. 2018. Learning based on 3D photogrammetry models to evaluate the competences in visual testing of welds. In *Proceedings of the 2018 IEEE Global Engineering Education Conference*. IEEE. Santa Cruz de Tenerife, Spain, 1582-1587. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363422>
- [16] Diego Vergara, Manuel Rodríguez-Martín, Manuel-Pablo Rubio-Cavero, Jesús Ferrer-Marín, Francisco J. Núñez-García, and Luisa Moralejo-Cobo. (2018). Technical staff training in ultrasonic non-destructive testing using virtual reality. *Dyna (Spain)*, 94, 2 (March 2018), 150-154. <https://doi.org/10.6036/8444>
- [17] GRABCAD Community. 2020. [www.grabcad.com..](https://www.grabcad.com/) Author MS Motorsport. Retrieved DATE from <https://grabcad.com/library/respirator-valve-and-mask-1>