

Los proyectos de diseño mecánico como herramienta para el desarrollo de competencias transversales en los ingenieros

Jesús Marcey García-Caicedo^a

^aLaboratorio de Prototipos. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal, Venezuela.
jmgarcia@unet.edu.ve

Resumen— Los proyectos pueden utilizarse para la adquisición de competencias técnicas y el desarrollo de competencias transversales producto de las vivencias y retos superados durante la ejecución del proyecto. En este artículo se describen las experiencias desarrolladas en un curso de diseño mecánico donde a través de la ejecución de proyectos que van desde el planteamiento de una necesidad o problema hasta la construcción y uso, junto con herramientas adicionales como: preparación de eventos académicos y gamificación, han permitido incrementar la adquisición de competencias técnicas y transversales en los participantes tales como: mejores habilidades para el trabajo en equipo, trabajo bajo presión y mayor capacidad de respuesta ante imprevistos. Aparte del mejoramiento de estas competencias, se ha vislumbrado que el uso de proyectos como herramienta de aprendizaje permite incrementar la motivación de los estudiantes y su compromiso para enfrentar asignaturas con un componente técnico profundo, como es el diseño mecánico.

Palabras Clave—aprendizaje basado en proyectos, competencias transversales, diseño mecánico, gamificación.

Recibido: 2 de septiembre de 2020. Revisado: 1 de noviembre de 2020.
Aceptado: 25 de noviembre de 2020.

Mechanical Design Projects as a Tool for the Development of Transversal Skills in Engineers

Abstract—The projects can be used for the acquisition of technical skills and the development of transversal skills as a result of the experiences and challenges overcome during the execution of the project. This article describes the experiences developed in a mechanical design course where through the execution of projects that range from the statement of a need or problem to the construction and use, along with additional tools such as: preparation of academic events and gamification, have allowed to increase the acquisition of technical and transversal competences in the participants such as: better skills for teamwork, work under pressure and greater capacity to respond to unforeseen events. Apart from the improvement of these competences, it has been seen that the use of projects as a learning tool allows to increase the motivation of students and their commitment to face subjects with a deep technical component, such as mechanical design.

Keywords—Project-based learning, transversal skills, mechanical design, gamification.

1 Introducción

El ingeniero es un profesional altamente capacitado para resolver problemas de la sociedad utilizando las ciencias y la tecnología. Para ser eficiente en su trabajo, debe estar capacitado con un conjunto de competencias técnicas o “duras”[1]. Pero, en años recientes muchos investigadores han percibido que existe una pérdida de interés por la gente joven en el estudio de la ingeniería y otras áreas semejantes

agrupadas en el término STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) [2] principalmente por la abstracción y alta dedicación que requieren estas disciplinas. Y si a esto se suma, las técnicas pedagógicas que se utilizan en muchos cursos de ingeniería las cuales están fundamentadas en clases teóricas y expositivas, terminan por minar la motivación de la gente joven para cursar ingeniería [3].

Por ello, muchos investigadores en pedagogía han implementado variadas técnicas para solventar esta situación: el aprendizaje baso en problemas [4]-[6], donde se espera que el estudiante internalice los conceptos a partir de resolución de problemas que son más interesantes y llamativos cuando corresponden a situaciones de la realidad [7] y [8]. También se incluyen técnicas que favorecen la enseñanza después de que el estudiante ha vivido prácticas en empresas y pasantías [9]-[10]. Otros investigadores han implementado metodologías de otras áreas de la tecnología como es el caso de la pedagogía extrema (fundamentada en la metodología de programación extrema): en ella, el estudiante participa desde el diseño del curso hasta la evaluación [11]. También se han implementado técnicas asociadas a la gamificación [12] y [13] o uso de juegos en entornos predominantemente teóricos; por ejemplo, algunos profesores han utilizados juegos de preguntas y respuestas a través del móvil [3], otros han implementado competiciones en simulación virtual y han demostrado que estas técnicas refuerzan la creatividad y la adquisición de pericia en habilidades poco apreciadas [14]-[15]. Adicionalmente, muchos profesores han implementado otras herramientas tecnológicas para lograr el aprendizaje de conceptos profundos y abstractos de difícil comprensión. Así, se ha implementado en muchos lugares la robótica educativa como medio para mejorar, por ejemplo, las habilidades matemáticas [2].

Pero, una de las herramientas más empleada actualmente es Project-based learning (PBL) o Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) [5], [9], [16]-[21], el cual permite al estudiante la apropiación de conceptos, al contextualizarlos en un ambiente de resolución de problemas durante el desarrollo de proyectos. Esta técnica ha sido utilizada en todas las etapas de formación: desde la básica hasta el doctorado [1], a través del desarrollo de proyectos que pueden tener múltiples vertientes: proyectos propuestos por el estudiante [22], o de servicio a comunidades con ciertas problemáticas [23]-[24],

proyectos multidisciplinarios donde se pueden integrar estudiantes de varias carreras [17] y [25]; también proyectos con asignación de roles, donde cada integrante asume ciertas funciones específicas durante el desarrollo del trabajo [26] o autoproyectos, donde el estudiante planifica, diseña y desarrolla todas las actividades [27]. Adicionalmente, esta metodología es amplia y permite incluso incorporar las Tics (tecnologías de información y comunicación) como herramienta para definir, organizar y documentar el trabajo, por ejemplo, a través de portafolios de proyectos en Google Drive [16] y [17]; también permite la retroalimentación continua del estudiante a lo largo del proyecto por parte del profesor o un panel de expertos [18] y la socialización los resultados obtenidos a través de exposiciones y defensas públicas por parte de los estudiantes [9], [19] y [22]. Por tanto, el ABP es una herramienta exitosa que ha dado lugar al desarrollo de grandes iniciativas de innovación en el ámbito educativo como el proyecto ROMA [28], el cual busca revolucionar el aula para eliminar los currículos y en su lugar, implementar el aprendizaje colaborativo a partir de proyectos.

Ahora, en el caso específico del aprendizaje de diseño mecánico, estas herramientas y tecnologías se han implementado junto con otras propias de esta área de estudio, encontrándose experiencias tales como: utilización de prácticas y proyectos para la enseñanza del dibujo mecánico [29], simplificación de los problemas de diseño en las funciones básicas de cada subsistema para encontrar mejores soluciones [30], uso de programas de simulación para la demostración e internalización de conceptos [31], uso de Kits de construcción [32] y otras tecnologías modernas (Scanners e impresoras 3D) para el prototipado rápido de los productos diseñados que permiten al estudiante tener una mayor comprensión de los conceptos al visualizar sus diseños en estado físico [33]; enseñanza del dibujo de ingeniería con un enfoque multidisciplinario [15] y desarrollo de proyectos colaborativos utilizando Tics para la enseñanza del CAD [3] y [34]. El uso de estas técnicas y metodologías han permitido un mejoramiento en la adquisición de las competencias técnicas o “duras” propias de esta área, entre las cuales se tienen: mejores habilidades para el uso de bocetos [35] y generación de propuestas de diseño [9], mejor fijación de conceptos técnicos [6], [16], [17] y [26], su relación con la práctica [20], mayor desarrollo de destrezas asociadas con STEM [24] incluyendo la aplicación de las matemáticas [6] para la resolución de problemas, mayor habilidad en el uso de software de ingeniería (CAD y CAE) [6],[25], [31] y [36]; finalmente, mejoramiento en la capacidad de analizar y referenciar correctamente la literatura técnica y científica [25].

Pero estas técnicas y metodologías no solo contribuyen al fortalecimiento de las competencias técnicas, también influyen en el mejoramiento de las competencias transversales o “blandas”. Estas son aquellas que, estando ligadas con la profesión también lo están con el desarrollo de una ciudadanía crítica y comprometida [12]. Actualmente se reconoce que la adquisición de estas competencias también son necesarias para la formación de un ingeniero eficiente, en otras palabras, las competencias técnicas no son suficientes [1]. A partir de este principio, los investigadores han encontrado que la

implementación de metodologías como las descritas previamente influyen en el mejoramiento de las siguientes competencias transversales: toma de decisiones [24], trabajo en equipo mencionado en [2],[5],[6],[9],[16],[17],[19],[26],[37], colaboración[19],[22], expresión oral [5],[6],[16],[17],[19],[22],[26], capacidad de análisis [6],[18],[19],[23], administración del tiempo [19] y [26], comprensión de los contextos sociales e históricos [23], comunicación escrita [16],[17],[19],[21],[25], idiomas [16]-[17], liderazgo [5], [16], [17], [19], creatividad [12],[19],[26],[33], innovación [16],[17],[20],[26], planificación [19], emprendimiento [16]-[17], pensamiento crítico [19], capacidad para resolver problemas [9],[12],[16],[17],[21], síntesis [18],[21], investigación [5],[6],[18],[21],[25], autoconfianza [9],[19], diseño y presentación de contenidos [25], autoaprendizaje [9],[19], consideración por el medio ambiente [25], ética [25], igualdad [25], atención a la salud y seguridad [25].

Con base en estas experiencias previas, se desarrolló una metodología fundamentada en la ejecución de proyectos dentro de un curso de diseño mecánico en la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (Venezuela), donde se implementó una combinación de diferentes elementos que incluyen: resolución de problemas fundamentados en retos reales, modelado CAD y simulación CAE, generación de planos técnicos, construcción de prototipos, pruebas, gamificación (competencia entre equipos) y defensa pública de los resultados. Aunque estas técnicas han sido implementadas en otras investigaciones, este trabajo tiene como aporte la implementación de una tarea adicional que incluye la organización de eventos académicos por parte de los estudiantes (donde se realiza la socialización de resultados, exposición pública y competencia en espacios públicos). A partir de ello, se presenta este trabajo que tiene por objetivo, describir la experiencia vivida a través de la implementación de esta metodología y adicionalmente, estimar su efecto sobre el mejoramiento de las competencias técnicas y transversales de los estudiantes de ingeniería donde se desarrolló esta experiencia.

2 Descripción de la metodología implementada

Como se ha mencionado, esta metodología está fundamentada en el desarrollo de proyectos y fue aplicada en la asignatura Diseño Mecánico II de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET, Venezuela). A nivel general, en esta asignatura se imparten los siguientes contenidos: elementos de apoyo en ejes (cojinetes deslizantes y rodamientos), engranajes (rectos, helicoidales, cónicos y tornillos sinfin), elementos mecánicos flexibles (bandas planas, redondas y trapeciales, cables y cadenas de rodillos) y métodos de unión permanente (soldadura). Por tanto, es pertinente el desarrollo de proyectos que incluyan la construcción de mecanismos utilizando estos elementos mecánicos que son comunes en la mayoría de máquinas. Ahora, es importante recalcar que la implementación de metodología objeto de estudio (desarrollo del proyecto) no avanza de forma paralela con el desarrollo de los contenidos del curso ya que, dependiendo del problema o reto planteado al inicio del semestre, es posible que la

solución encontrada por los estudiantes incluya elementos mecánicos y mecanismos diferentes a los estudiados durante la clase en esos momentos, por tanto, existe libertad para el desarrollo del proyecto siempre que genere una solución al problema y cumpla los requerimientos o limitaciones definidas para el trabajo.

Esta metodología sigue una serie de fases o etapas que se muestran en la Fig. 1. Estas fases en parte corresponden a la secuencia lógica que se sigue para el desarrollo de un proyecto de diseño mecánico, pero incluyen actividades de socialización pensadas especialmente para el fortalecimiento de las competencias transversales: organización de eventos académicos y defensa del proyecto. Por último se incluye una fase de competición con el propósito de incrementar la motivación del grupo respecto a la realización del proyecto. A continuación se describirán en detalle cada una de las fases listadas en la Fig. 1.



Figura 1. Secuencia de las fases para la realización del proyecto.
Fuente: El autor.

2.1 Planteamiento del reto

Constituye la primera fase del desarrollo del proyecto. La realización de esta tarea corresponde al profesor del curso quien, antes del inicio del período lectivo (semestre), selecciona un reto a cumplir y lo delimita para que la solución encontrada por los estudiantes, se encuentre dentro el rango de acción del curso, es decir, se delimita para que no se planteen soluciones donde se utilicen herramientas o elementos mecánicos ajenos al curso, lo cual limitaría el aprendizaje de las competencias técnicas deseadas, las cuales están relacionadas al contenido de la asignatura.

Para la selección del reto, en un principio se consideró incorporar problemas de índole social (problemáticas reales), pero se encontró que es difícil implementar este tipo de proyectos en conjunto con la técnica de gamificación (uso de competiciones) al final del proyecto, ya que, los problemas sociales, en muchos casos no permiten generar soluciones que se presten para la realización de eventos de competencia. Por tanto, se consideró

utilizar retos que conlleven la búsqueda de soluciones técnicas cuyo desempeño pudiesen ser evaluados a través de una competición. Cada reto ha sido planificado previamente de tal manera que es presentado a través de un instructivo en la primera clase del semestre. Dicho instructivo incluye: planteamiento descriptivo del reto, delimitación del mismo para la generación de alternativas de solución, etapas importantes durante el desarrollo del reto (modelado CAD y simulación, presentación de planos, construcción), premisas para la organización del evento académico diseñado para la defensa del proyecto, parámetros de evaluación durante cada etapa y finalmente, fechas de entrega para cada fase. A continuación se transcribe una porción del instructivo correspondiente al semestre 2.019-1 donde se planteó la fabricación de una máquina de jugar golf y en la Tabla 1 se listan otros retos propuestos previamente:

Tabla 1
Listado de retos propuestos para su ejecución como proyectos.

Reto	Semestre
Mecanismo para el descenso vertical lento de bloques en el mayor tiempo posible sin la ayuda de elementos generadores de roce	2010-3
Carro de 4 ruedas traccionado por un contrapeso de masa fija	2011-1
Catapulta para lanzar pelotas de tenis impulsadas por una contrapeso de masa fija	2011-2
Vehículo unipersonal traccionado con el movimiento (bamboleo) del cuerpo y direccionado con los pies.	2013-1
Vehículo unipersonal traccionado por los brazos y direccionado con los pies.	2015-1
Plataforma tipo grúa que permita manipular latas de refresco en un área pequeña	2016-1
Vehículo unipersonal impulsado por las extremidades del piloto a través de un movimiento análogo al "remo"	2017-1
Catapulta para lanzar pelotas de beisbol hacia blanco ubicado a distancia variable	2018-1
Máquina para jugar golf (lanzar pelota de golf a una distancia variable)	2019-1
Máquina móvil para jugar a los dardos (Desplazarse y lanzar objetos a un blanco)	2019-3

Fuente: El autor.

"Diseño y fabricación de una máquina para jugar golf: esta máquina tendrá acoplado un palo que deberá golpear una pelota de golf en un campo horizontal (cancha de beisbol o fútbol, que podrá tener suelo de arena y grama) para introducirla en una agujero cavado en el suelo. La fabricación de la máquina seguirá las siguientes premisas:

- Deberá tener un mecanismo que permita impulsar el palo a partir de una masa de 3 Kg $\pm$ 50 g aprovechando su energía potencial gravitatoria (el palo de golf y la masa deben ser elementos individuales que no estén en contacto). Este mecanismo debe permitir el posicionamiento de la masa y el palo de golf a diferentes alturas ya que, la máquina deberá golpear la pelota con diferentes potencias (cuando esté lejos o cerca del hoyo). La masa de 3 Kg deberá ser desacoplable de la máquina ya que será pesada durante la evaluación del mecanismo. Durante La recarga y el accionamiento del mecanismo no se podrá manipular ni la masa ni el palo de golf, esto deberá hacerse desde un mando remoto anexo a la máquina. La graduación de la altura del palo de golf o de la altura de la masa, no podrá hacerse mediante pasadores alojados en agujeros practicados en la estructura de la máquina.

-Deberá tener un mecanismo de gatillo, que permitirá el accionamiento de la máquina. Este mecanismo también deberá tener un mando remoto anexo a la máquina.

- Las dimensiones de la máquina no están limitadas, pero debe ser lo suficientemente liviana para que pueda ser trasladada por 2 personas dentro del campo. A su vez, debe ser lo suficientemente robusta para cumplir su función.

- Durante la operación de la máquina, dos personas podrán transportar el equipo hasta el lugar donde esté la pelota. Allí, y sin desplazar la bola, deberán colocar la máquina en la posición adecuada dependiendo de la ubicación de la pelota y la dirección del lanzamiento. Una vez posicionada la máquina, el segundo operario deberá retirarse para que el primer operario recargue y accione la máquina golpeando la pelota (que podrá estar posicionada sobre el suelo o sobre una pequeña base que colocará el jugador bajo la pelota para elevarla un poco) en dirección al hoyo.

- En la construcción del equipo, se puede utilizar cualquier elemento mecánico visto en las asignaturas de Diseño (bandas, cables, poleas, engranes y rodamientos entre otros) pero, está prohibido el almacenamiento de energía (por ejemplo: el uso de resortes precargados) en los mecanismos de elevación y carga; mientras que, en el mecanismo de gatillo, si será permitido”.

2.2 Generación de una propuesta de solución

Una vez planteado el reto, los estudiantes se dividen en grupos de cinco personas para comenzar el diseño de alternativas que satisfagan el problema propuesto. Al respecto se debe comentar que, para el desarrollo de propuestas de solución no se sigue ninguna metodología estandarizada[38][39]. En su lugar, se permite que los estudiantes generen sus alternativas de solución siguiendo su creatividad y sin seguir procedimientos estandarizados. Para el uso de metodologías de diseño normalizadas, los estudiantes disponen de un curso posterior (Diseño Mecánico III); por lo tanto, no es el objetivo de este proyecto el abordaje utilizando estas metodologías, más bien, se espera que los estudiantes generen sus alternativas de solución de manera natural y que, después de cursar Diseño Mecánico III puedan comparar las bondades del uso de metodologías estandarizadas de diseño, al verificar los resultados obtenidos de este proyecto respecto a los resultados obtenidos al implementar dichas metodologías.

A continuación, los estudiantes disponen aproximadamente de seis semanas para el desarrollo de esta etapa que debe terminar con la obtención de una propuesta factible de solución. Durante este tiempo los estudiantes pueden consultar al profesor del curso si las soluciones encontradas son viables de acuerdo a las limitantes del proyecto o incluso, operativamente (por ejemplo: evaluar si los mecanismos implementados permiten ejecutar un movimiento deseado). En esta etapa también es importante que los estudiantes realicen los cálculos necesarios para garantizar el funcionamiento de su mecanismo. Por ejemplo, en la máquina descrita para jugar golf, los estudiantes debieran utilizar cálculos de cinemática y dinámica para validar: el impulso que debe recibir la pelota de golf para lograr el mayor alcance horizontal en el terreno, las relaciones de transmisión apropiadas en el mecanismo que conecta el eje acoplado al palo de golf con el eje impulsor movido por la masa 3

Kg (que genera la energía mecánica transmitida al palo de golf para hacer el swing). También deberán hacer la selección o diseño de elementos mecánicos importantes como cadenas, rodamientos, cables, etc. Aquí es importante acotar que durante esta etapa no se sigue ningún procedimiento de evaluación.

2.3 Modelado CAD y simulación CAE

Una vez definida una alternativa viable de solución, los estudiantes procederán al modelado CAD del mecanismo o máquina propuesta. Para ello, tienen libertad de utilizar cualquier software CAD siempre que este sea paramétrico (Solid Edge®, SolidWorks®, Autodesk Inventor® entre otros). Por supuesto, el modelado incluirá en primer lugar la generación de piezas y su ensamble como conjuntos. También se incluye la importación de modelos CAD de partes obtenidas a partir de catálogos digitales (por ejemplo: utilización de modelos CAD de rodamientos obtenidos de la compañía SKF®).

A partir del modelado CAD, los estudiantes desarrollarán la primera actividad evaluada del proyecto: generación de planos de la máquina. En esta primera entrega, los estudiantes deberán entregar impresos en papel, el conjunto de planos que incluyen: Isometría de conjunto, isometría de despiece (explosionado), lista de partes y finalmente, vistas e isometrías de cada pieza a construir correctamente acotadas y todo presentado de acuerdo a la norma de Dibujo Técnico vigente. Los planos son presentados en formatos A2, doblados según los estándares actualizados y entregados en un sobre manila. Una semana antes de la entrega, los estudiantes tienen la oportunidad de realizar una pre-entrega: imprimir borradores de los planos y presentarlos al profesor para recibir retroalimentación y correcciones previas antes de la entrega final. Un ejemplo del modelado y planos realizados están representados en la Figura 2. La evaluación de esta actividad se realiza de acuerdo a los criterios contenidos en la Tabla 2 dados a los estudiantes en el instructivo al inicio del semestre.

Tabla 2
Criterios utilizados para la evaluación de planos

Ítems a evaluar	% de la calificación
Isometría de conjunto	10
Isometría de despiece	10
Listado de partes	10
Vistas de cada pieza e isometría	20
Acotado de vistas	20
Presentación de acuerdo a la norma (cajetín, escalas, sistema, etc.)	10
Formato A2	10
Doblado de planos	10
Total en la entrega de planos	100%

Fuente: El autor.

Adicionalmente, muchos de los cálculos llevados a cabo manualmente, deberán ser corroborados por los estudiantes a través de herramientas CAE, específicamente utilizando simulación cinemática y dinámica a través de la técnica de “Simulación de eventos mecánicos” desarrollada en diversos software como Autodesk Inventor®, MSC Adams®, Working Model® entre otros. Utilizando estas herramientas los estudiantes podrán verificar desplazamientos, velocidades y aceleraciones máximas en partes móviles, efecto de las relaciones de transmisión seleccionadas sobre la efectividad de los mecanismos propuestos,

cargas máximas ejercidas sobre piezas ya sea en estado estático o en movimiento (dinámica), alcance de partes eyectadas de los mecanismos y efecto de la fricción sobre el funcionamiento de la máquina, entre otros. En la Figura 3 se muestra como ejemplo una simulación dinámica realizada con MSC Adams® de una máquina para jugar golf.

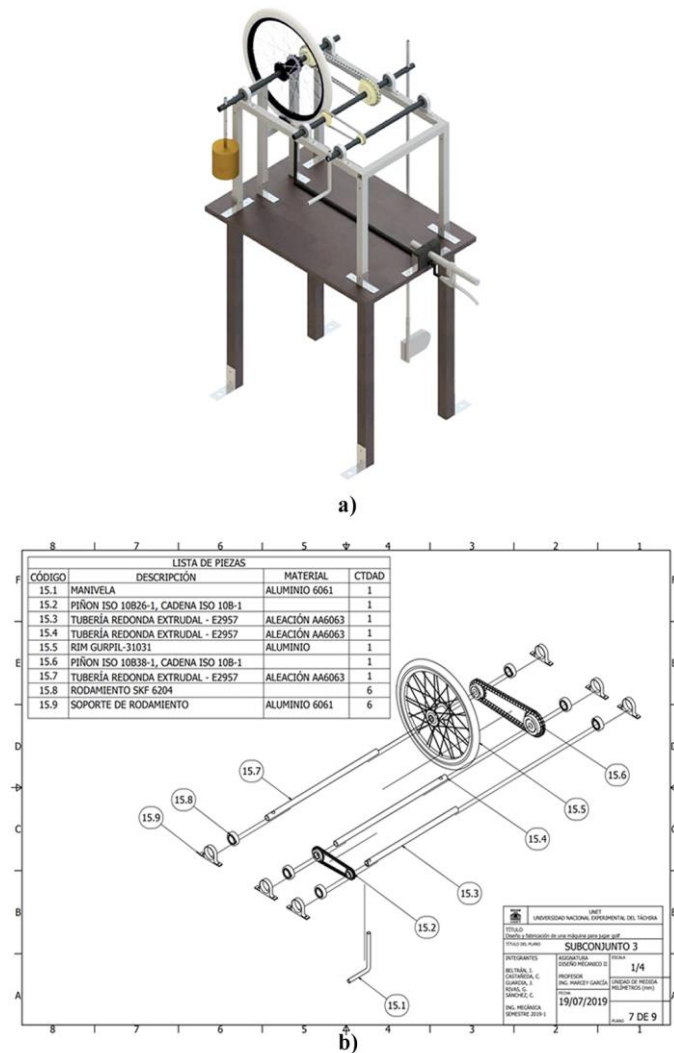


Figura 2. Modelado CAD de una máquina para jugar golf: a) Modelo 3D; b) Plano con el despiece de un subsistema de la máquina. Fuente: El autor.

Por otra parte, se espera que los estudiantes puedan utilizar algunas herramientas CAE para verificar el funcionamiento de algunas piezas contenidas en la propuesta a desarrollar. Específicamente, los estudiantes deben realizar un análisis de esfuerzos utilizando el Método de Elemento Finito (FEM, por sus siglas en inglés) a aquellas piezas que consideren críticas dentro de su diseño. A través de esta experiencia el estudiante deberá aprender a simular estados de carga, restringir la pieza, conocer propiedades de los materiales a utilizar, seleccionar elementos para el mallado de la pieza, realizar análisis de convergencia una vez simulada la pieza e interpretar resultados a través de representaciones gráficas de esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad. En la Figura 4 se muestra un análisis de esfuerzos FEM llevado a cabo sobre

una pieza de una máquina diseñada por estudiantes (máquina de jugar golf) utilizando el software Autodesk Inventor®. Las simulaciones llevadas a cabo no son evaluadas en entregas intermedias: su evaluación se realiza en la defensa final del producto.

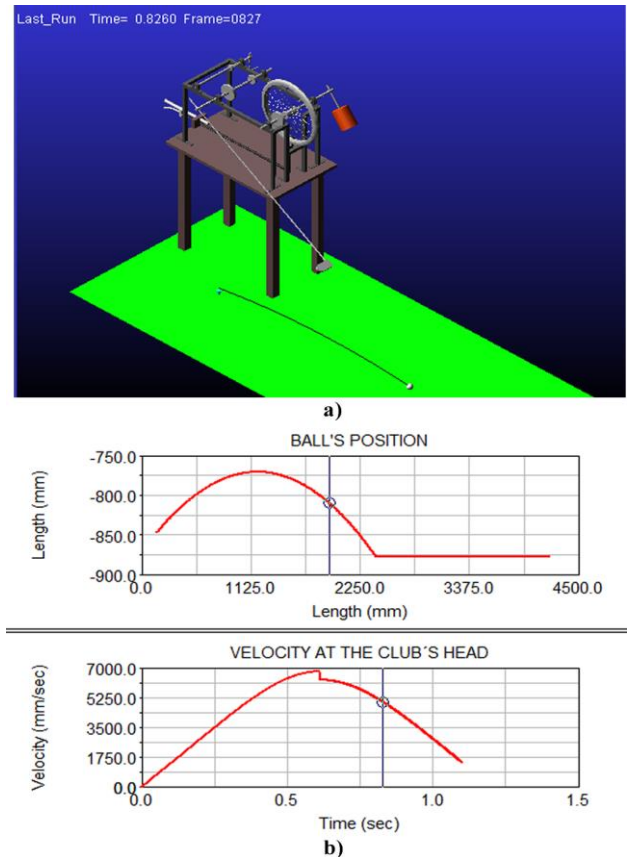


Figura 3. Simulación de una máquina para jugar golf en MSC Adams®: a) animación de la máquina; b) posición de la bola después del golpe (arriba) y la velocidad en el extremo del palo de golf (abajo). Fuente: El autor.

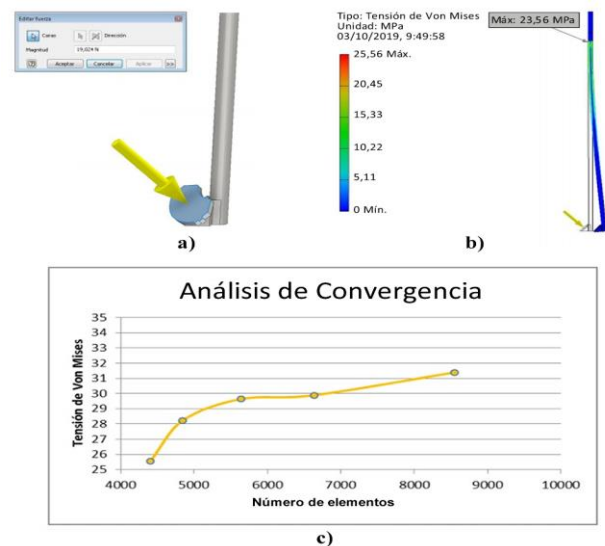


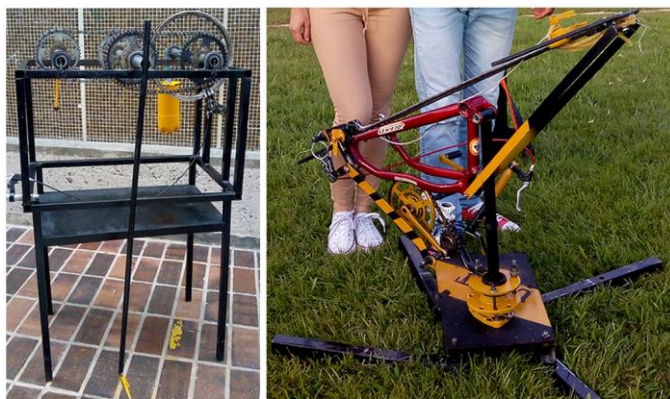
Figura 4. Análisis de esfuerzos FEM realizado a un palo de golf: a) asignación de cargas; b) Esfuerzos de Von Mises; c) Análisis de convergencia. Fuente: El autor.

2.4 Construcción y pruebas

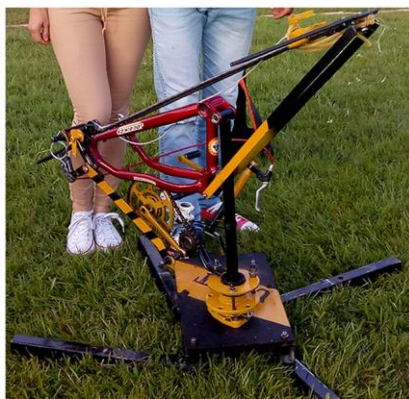
Una vez culminada la etapa de modelado y simulación que incluye la entrega de planos, los estudiantes proceden a la construcción de la máquina. Esta fabricación no se lleva a cabo dentro del campus universitario: cada equipo escoge su lugar de trabajo pero, tienen a disposición un taller de máquinas-herramientas donde puedan manufacturar algunas piezas que se requieran. Es importante aclarar que, debido a limitaciones económicas y de manufactura se permite a los estudiantes, pequeñas modificaciones del mecanismo original siempre que se mantenga el principio de funcionamiento general del mismo. La Fig. 5 muestra diversas máquinas construidas durante la ejecución de diferentes proyectos.



a)



b)



c)

Figura 5. Máquinas construidas en diferentes proyectos: a) Carro traccionado utilizando los brazos del piloto; b) Máquina para golpear pelota de golf; c) Catapulta para pelotas de beisbol.

Fuente: El autor.

Después de la construcción y pensando en la etapa de competición, es importante que los estudiantes dediquen tiempo a probar sus máquinas, ajustarlas, calibrarlas y a hacer mediciones

exactas del funcionamiento específico de la máquina para requerimientos concretos durante la competencia. Por ejemplo, en la máquina de jugar golf, una prueba de calibración obligatoria consistía en estimar la elevación de la masa impulsora para garantizar un swing grande o pequeño del palo que originara un avance largo o corto de la pelota, dependiendo de la distancia de la bola al hoyo.

2.5 Organización de evento académico

Esta etapa constituye un aporte de este trabajo al ABP, ya que ahora los estudiantes deberán organizar un evento académico donde expondrán los resultados de sus trabajos, harán una defensa pública de los mismos y competirán entre ellos para evaluar el desempeño de sus productos. Esta etapa permite fomentar grandemente el trabajo en equipo y liderazgo ya que, no es igual organizar un pequeño grupo de trabajo de 5 personas a un gran grupo conformado por 60 o 70 miembros. Para la organización del evento, el profesor se encarga de fijar la fecha y reservar el recinto donde se realizará el evento (por limitaciones administrativas este trabajo lo debe hacer el profesor), pero el resto de actividades corresponde a los estudiantes del curso, quienes deben auto organizarse y diseñar la logística del evento que incluye: invitar a medios de comunicación, profesores y autoridades universitarias, diseñar un afiche publicitario invitando al evento, organizar las presentaciones, atender invitados, dar palabras de apertura y clausura, organizar los medios audiovisuales, recesos y refrigerio, espacios de exposición y garantizar la presencia de por lo menos 150 asistentes al evento. La evaluación de esta etapa es global, corresponde a todos los integrantes del curso por igual y se efectúa durante la realización del evento; en otras palabras, no se evalúa el proceso o la organización previa, solo los resultados. En la Tabla 3 se muestran los criterios de evaluación utilizados en este caso y en la Figura 6 se muestran los afiches publicitarios de dos eventos académicos organizados por estudiantes.

Tabla 3

Criterios utilizados para la evaluación del evento académico.

Ítems a evaluar		% de la calificación
Organización	Orden de Exposición	10
	Presentador (Palabras de Apertura y Clausura)	20
Logística	Organización de medios	10
	Audiovisuales	20
	Recesos y refrigerio	20
Publicidad	Afiche	20
	Invitación a medios de comunicación y autoridades	10
	Asistencia (150 presentes)	10
Total en la organización del evento		100 %

Fuente: El autor.

Es importante resaltar que después de 10 años desarrollando este evento, se ha convertido en referencia para la carrera de Ingeniería Mecánica en la UNET ya que muchos estudiantes anhelan llegar al séptimo semestre (período donde se dicta esta asignatura) para desarrollar el mecanismo asignado y competir entre ellos. Adicionalmente, este evento ha permitido el reencuentro de los estudiantes con sus familiares en la universidad: se ha hecho común que durante la defensa y competición, la

familia de los estudiantes asistan al evento y disfruten de la actividad.



Figura 6. Afiches publicitarios invitando a la XI y XIV jornadas de Diseño Mecánico II.

Fuente: El autor.

2.6 Defensa del proyecto

Esta etapa está constituida en primer lugar por la exposición pública de los resultados de cada investigación y trabajo a través de una presentación donde los estudiantes deben explicar en un lapso de 10 minutos lo siguiente: principio de funcionamiento de la máquina, cálculos básicos necesarios para la validación de la cinemática y/o dinámica de los mecanismos, validación de estos cálculos a través de herramientas computacionales de simulación y análisis de esfuerzos FEM de al menos la pieza crítica de la máquina. Adicionalmente, los estudiantes deberán responder las preguntas generadas por el público presente (150 personas) y el profesor. Es importante recalcar que la evaluación de la defensa no considera solo los aspectos técnicos propios de la exposición, también se toman en consideración aspectos relacionados con el desempeño en la oratoria de los estudiantes tales como: dicción, expresión corporal, dominio de público y presentación personal; todo esto para garantizar que no solo se tomen en consideración los aspectos técnicos sino que se trate de mejorar aspectos relacionados con competencias transversales tales como la capacidad de hablar en público.

Otra área a evaluar durante la defensa del proyecto está asociada con la presentación y eficacia de la máquina construida. Esta parte es valorada durante una exposición de las máquinas (llevada a cabo durante los recesos y posterior a la defensa) y la competición (posterior a la defensa y exposición). Acá se evalúan aspectos tales como: presentación del mecanismo, donde se toma en consideración la calidad de fabricación y acabados; luego, el funcionamiento propiamente de la máquina, incluyendo la operatividad de los elementos mecánicos individuales y el mecanismo en conjunto. En la Tabla 4 se resumen los criterios de evaluación utilizados en esta etapa y en la Figura 7 se muestran las dos actividades que se realizan durante la defensa del proyecto.



a)



b)

Figura 7. Defensa del proyecto: a) Presentación pública; b) Exposición de máquinas construidas.

Fuente: El autor.

Tabla 4

Criterios para la evaluación de la defensa del proyecto

Ítems a evaluar	% de la calificación
Presentación personal	2.5
Tiempo	2.5
Dicción, expresión corporal y dominio de público	5.0
Explicación del principio de funcionamiento del equipo diseñado	15.0
Material Audiovisual (Presentación PowerPoint u otros medios)	7.5
Simulación dinámica de un mecanismo	7.5
Análisis de esfuerzos en pieza principal	15.0
Preguntas	5.0
Presentación del mecanismo (aspecto)	10.0
Mecanismo (funcionamiento y elementos mecánicos utilizados)	25.0
Clasificación con cantidad máxima de golpes utilizados	5.0
Total en la defensa del proyecto	100 %

Fuente: El autor.

2.7 Competición

Finalmente, y siguiendo los principios de la gamificación[12] se desarrolla esta etapa que se realiza después de la defensa pública y es un evento con menor rigurosidad académica. Se realiza en algún espacio abierto del campus universitario donde asisten estudiantes de distintas carreras, familiares y los equipos participantes. El propósito de la competencia es generar un mecanismo de motivación el cual se ha logrado en el transcurso del tiempo, al punto que, muchos estudiantes de semestres inferiores anhelan cursar esta asignatura solo con el propósito de realizar el proyecto y competir. Esta etapa varía de acuerdo con el reto propuesto, por ejemplo, en el caso de la máquina de golf, la

competencia consistía en lo siguiente: *por turnos cada equipo situará su máquina en la línea de partida. Luego, accionará su máquina para lanzar la pelota en dirección al hoyo. Posteriormente trasladará su máquina hasta el lugar donde quedó su pelota y realizará otros golpes (por turnos) hasta introducir la pelota en el hoyo. Gana aquel equipo que acumule la menor cantidad de golpes para introducir la pelota en el hoyo (Se considera un golpe cada vez que el palo golpee la pelota. Si un jugador o la máquina toca la pelota y la desplaza de su posición por error, esto será considerado un golpe adicional).* Para que esta actividad se haga más interesante, se entrega una bonificación en puntos a aquel equipo que gane la competencia. En la Figura 8 son mostrados algunos momentos de competencia para varios proyectos ejecutados.



a)



b)

Figura 8. Competiciones con máquinas realizadas por estudiantes: a) Carros traccionados utilizando los brazos; b) Catapulta para pelotas de béisbol. Fuente: El autor.

Por otra parte, se exige un desempeño mínimo en cada máquina: en la Tabla 4 se muestra en el último ítem de evaluación lo siguiente: *Clasificación con cantidad máxima de golpes utilizados.* Este ítem correspondiente al caso de la máquina de golf y consiste en que hay una cantidad máxima de golpes que puede ejecutar la máquina antes de cumplir la tarea si quiere obtener este puntaje; en este caso correspondió al 120% de la media de los golpes ejecutados por todos los equipos participantes hasta el cumplimiento de la tarea. Con esta medida se garantiza que los equipos traten de cumplir un rendimiento mínimo con su máquina (no cuantificable previamente) el cual se mide durante la competición y no es muy exigente: al tomarse el 120% de la media de los golpes se garantiza que la mayoría de los equipos logre este rendimiento, solo aquellos equipos con demasiados golpes (máquina muy ineficiente) no lo cumplirían.

Finalmente, se debe acotar que la evaluación del proyecto corresponde al 20% del puntaje total de la asignatura. Adicionalmente, cada actividad evaluada contribuye a ese 20 % de la siguiente manera: 4% en la evaluación de los planos,

3% en la organización del evento académico y 13% en la defensa del proyecto (que incluye presentación pública, funcionamiento de la máquina y competencia). Por otra parte, el equipo ganador de la competencia se hace acreedor de un puntaje de bonificación equivalente a 1.5% del puntaje total del curso. Al observar esto, es importante notar el poco peso que tiene el proyecto frente a la asignatura, pero esto no ha sido impedimento para su desarrollo; como se mencionó previamente, esta actividad es altamente motivadora para los estudiantes de Ingeniería Mecánica incluso de los semestres inferiores quienes anhelan cursar la asignatura solo para participar en estos proyectos.

3 Resultados

Una vez detallada la metodología seguida, a continuación se describe el análisis de las competencias adquiridas por los estudiantes que tuvieron esta experiencia. Dicho análisis se fundamentó en la aplicación de una encuesta al grupo de estudiantes que cursó el semestre 2019-1 (33 estudiantes). Considerando los resultados obtenidos se puede inferir de manera exploratoria, cuales competencias han sido mejoradas de acuerdo a la apreciación personal de cada estudiante.

3.1 Competencias técnicas adquiridas o mejoradas

Para analizar el efecto de la metodología propuesta sobre el mejoramiento de las competencias técnicas, se preguntó a los estudiantes si consideraban que la asignación del proyecto había contribuido al mejoramiento de un conjunto de habilidades listadas en la encuesta. El estudiante podía responder de acuerdo a la escala de Likert (cinco niveles definidos de 5 a 1: Totalmente de acuerdo (5), de acuerdo (4), ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), en desacuerdo (2), totalmente en desacuerdo (1)) su grado de conformidad al planteamiento realizado. Cabe resaltar que en la encuesta se listaron un conjunto de competencias técnicas específicas ya que, durante el diseño de esta metodología, se incorporaron actividades diseñadas para mejorar dichas competencias. Estas actividades y su relación con las competencias técnicas tomadas en consideración en este estudio se encuentran listadas en la Tabla 5.

Al evaluar los resultados de la encuesta mostrados en la Fig. 9 se encontró que los estudiantes reportaron un mejoramiento en casi todas las habilidades técnicas listadas, con un porcentaje de aceptación obtenido al sumar las opciones de “totalmente de acuerdo” y “de acuerdo” por encima del 80 %, teniendo la mayor aceptación las habilidades: “síntesis de diseño” (100%, con una media aritmética (μ) de 4.64 y desviación típica (σ) de 0.48 en la escala Likert - en lo sucesivo: 4.64 ± 0.48), “Desarrollo de planos de ingeniería” (97 % con 4.58 ± 0.55) y “Ensamblaje de máquinas y mecanismos” (96.7 % con 4.7 ± 0.52). Solo quedan por fuera de este grupo las habilidades: “Uso de CAE para simulación dinámica” (66.7 % con 3.91 ± 0.90) y “Selección de elementos mecánicos” (72.7 % con 3.91 ± 1.03), aunque su porcentaje de aceptación no puede considerarse bajo y su μ es muy cercano a la categoría “de acuerdo”.

Tabla 5

Actividades diseñadas para mejorar algunas habilidades técnicas.

Habilidades técnicas	Actividades para mejorar estas habilidades
Síntesis de diseño	Generación de alternativas de solución, selección de la alternativa apropiada, sus partes y componentes
Selección de elementos mecánicos	Evaluación de la cinemática y dinámica del mecanismo utilizando cálculos y simulación de eventos mecánicos
Síntesis de mecanismos utilizando cálculo	Análisis de esfuerzos FEM en pieza principal
Uso de CAE para simulación dinámica	Modelado 3D de piezas y conjuntos en CAD
Uso de CAE para análisis de esfuerzos	
Modelado con herramientas CAD	
Desarrollo de planos de ingeniería	Entrega de planos impresos de la máquina y sus componentes
Aprendizaje de normas técnicas de Dibujo	
Montaje de elementos mecánicos	
Ensamblaje de máquinas y mecanismos	Construcción de la máquina y algunos componentes
Destreza en la fabricación de piezas	
Habilidades de taller	

Fuente: El autor.

Por otra parte, se preguntó a los estudiantes acerca de otras competencias técnicas que no fueron listadas en la Tabla 5 pero que ellos consideraban que podrían haber sido mejoradas durante el desarrollo del proyecto. En este caso fueron mencionadas las siguientes: selección de materiales, estimación de tiempos de fabricación, ergonomía de la máquina, uso de catálogos y tablas técnicas y, uso de lenguaje técnico. Por último, se les consultó a

los estudiantes acerca de otras actividades que ellos pudiesen plantear y que también les permitiesen mejorar sus competencias técnicas. Ante esta pregunta, las actividades propuestas fueron: informe técnico con cálculos y explicación del principio de funcionamiento de la máquina, análisis de costos, desarrollo de la ficha técnica de la máquina, asesorías por parte de empresas con experiencia en el área y benchmarking[40] (comparación del producto propuesto con otros existentes para captar oportunidades de mejora).

3.2 Competencias transversales adquiridas o mejoradas

Durante el desarrollo de la metodología implementada se incorporaron un conjunto de actividades destinadas a propiciar un mejoramiento de las competencias transversales o “blandas”. Dichas actividades y su relación con las competencias transversales se listan en la Tabla 6.

Luego, siguiendo el mismo procedimiento utilizado para la determinación de las competencias técnicas mejoradas, se les preguntó a los estudiantes a través de la encuesta si consideraban que la asignación del proyecto había contribuido al mejoramiento de un conjunto de habilidades transversales listadas en la encuesta. Los estudiantes podían responder de acuerdo a la escala de Likert (cinco niveles definidos de 5 a 1: Totalmente de acuerdo (5), de acuerdo (4), ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), en desacuerdo (2), totalmente en desacuerdo (1) su grado de conformidad al planteamiento realizado.

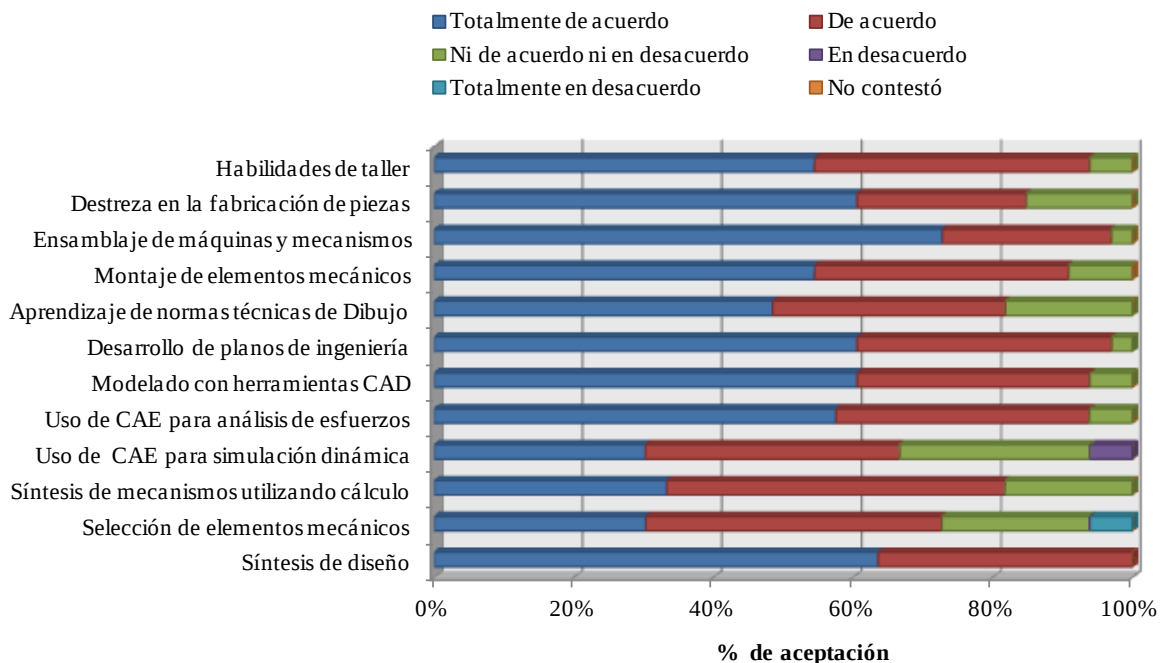


Figura 9. Mejoramiento de competencias técnicas adquiridas por los estudiantes que ejecutaron el proyecto.

Fuente: El autor.

Tabla 6

Actividades diseñadas para mejorar algunas competencias transversales.

Competencias transversales	Actividades para mejorar estas competencias
Liderazgo	Dirección de las actividades de equipo y organización del evento académico
Trabajo en equipo	Todas las fases del proyecto (desde generación de alternativas hasta competición)
Trabajo bajo presión	
Tolerancia ante la crítica	
Percepción espacial/volumétrica	Modelado CAD de la máquina y desarrollo de planos
Resolución de imprevistos	Construcción de la máquina y competiciones
Diseño gráfico	Diseño de presentación para la defensa del proyecto y diseño del afiche del evento académico
Estética de los colores	
Diseño de presentaciones	
Expresión oral en público	Defensa pública del proyecto a través de presentación
Respuesta a preguntas emitidas por público	
Presentación personal en eventos públicos	
Capacidad de organización	Organización y desarrollo del evento académico
Organización de eventos	
Uso de recursos multimedia y audiovisuales	

Fuente: El autor

En la Figura 10 se muestran los resultados de la encuesta. En primer lugar se vislumbra que, de 15 competencias citadas, 11 fueron altamente mejoradas a través de la ejecución del proyecto: en estas, el porcentaje de aceptación fue mayor al 80 % si se consideran en conjunto las respuestas de “Totalmente

de acuerdo” y “de acuerdo” al planteamiento propuesto en la encuesta. Opuestamente, hubo cuatro competencias donde el porcentaje de aceptación fue menor: Estética de colores (60.6 % con 3.85 ± 0.78), Diseño de presentaciones (75.7 % con 4.09 ± 0.75), diseño gráfico (75.8 % con 4.21 ± 0.81) y organización de eventos (75.8% con 4.15 ± 0.78), aunque dichos porcentajes no son tan bajos y su μ indica un mejoramiento de la aceptable de la competencia ($\mu \approx 4$ asociado a la categoría “de acuerdo”). A continuación, se mencionarán aquellas competencias que tuvieron un mayor porcentaje de aceptación:

Competencias asociadas al trabajo grupal: liderazgo (87.9 % con 4.27 ± 0.66), trabajo en equipo (87.9 % con 4.58 ± 0.78), trabajo bajo presión (93.9 % con 4.67 ± 0.59), tolerancia ante la crítica (90.9 % con 4.39 ± 0.85), capacidad de organización (90.9 % con 4.3 ± 0.63) y resolución de imprevistos (97 % con 4.79 ± 0.48). El mejoramiento de estas competencias fue uno de los grandes incentivos para la implementación de los proyectos que usan el diseño mecánico como herramienta para la resolución de retos. Específicamente en actividades como generación de alternativas de solución y selección de la mejor alternativa, distribución de trabajo para modelado CAD y simulación CAE, construcción de la máquina e incluso durante la etapa de competición se debe trabajar grupalmente para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos. Estas actividades propiciaron en los estudiantes participantes una integración dentro del grupo que finalmente fue reconocida durante la encuesta al culminar la experiencia vivida.

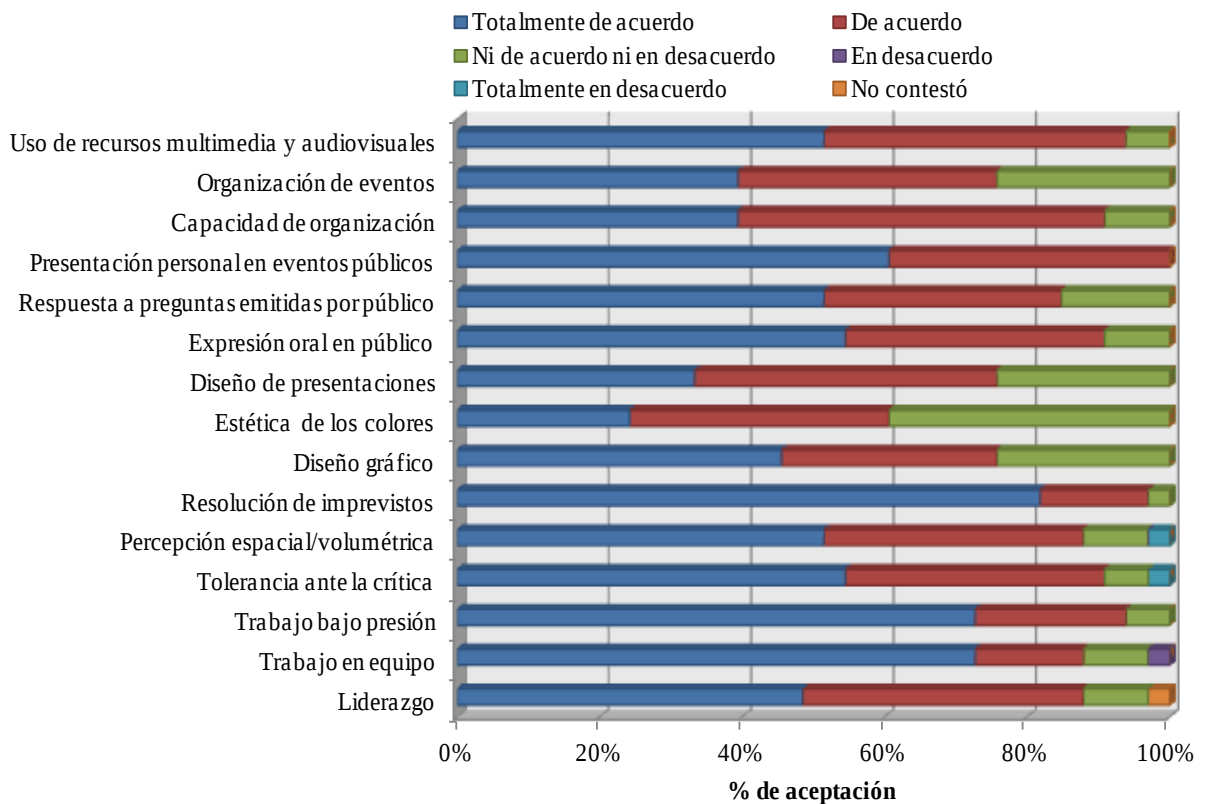


Figura 10. Mejoramiento de competencias transversales adquiridas por los estudiantes que ejecutaron el proyecto.

Fuente: El autor.

Habilidades cognitivas: Percepción espacial/volumétrica (87.9 % con 4.33 ± 0.88). Esta habilidad es vital para el ingeniero mecánico que debe ser consciente del espacio que le rodea y debe ser capaz de construir representaciones mentales sobre el espacio que luego puedan ser materializadas en sus diseños. Para mejorar esta competencia tan necesaria para el ingeniero, se incluyó el modelado CAD de piezas y conjuntos (máquina), ya que en este entorno virtual, el estudiante debe ser capaz de estimar volúmenes de las piezas y su relación espacial con respecto a otros cuerpos para formar un conjunto funcional (máquina).

Competencias tecnológicas generales: Uso de recursos multimedia y audiovisuales (93.9 % con 4.45 ± 0.61). Actualmente, las competencias de este tipo están asociadas a cualquier profesión y en este caso no se quiso desconectar la metodología propuesta de esta realidad; por tanto se incluyeron actividades destinadas a mejorar estas habilidades tales como el diseño y desarrollo de un afiche y presentaciones multimedia. Incluso, durante la organización del evento los estudiantes debían incluir actividades que fortalecían estas competencias.

Competencias asociadas a la oratoria: Expresión oral en público (90.9 % con 4.45 ± 0.66), respuesta a preguntas emitidas por público (84.8 % con 4.36 ± 0.73), presentación personal en eventos públicos (100 % con 4.61 ± 0.49). Una de las grandes carencias que se había evidenciado previamente en la formación del ingeniero mecánico en la UNET es la mínima habilidad para enfrentarse ante el público de manera segura. A raíz de esto se propició la organización de eventos académicos y defensa pública como parte de este proyecto: cada estudiante debe enfrentarse ante un público de 150 personas y transmitir la información de manera coherente y clara, además, debe prepararse previamente incluso en su manera de vestir, lo cual le permite diferenciar los distintos entornos donde deberá actuar en el futuro y presentarse en consonancia con ese entorno.

Por otra parte, se les consultó a los estudiantes acerca de otras competencias transversales que pudieron ser mejoradas como consecuencia de la ejecución del proyecto. Al respecto, ellos mencionaron que existió un mejoramiento en: su capacidad para distribuir el tiempo, creatividad, autoaprendizaje, puntualidad, responsabilidad y un mejor sentido en la economía de los recursos. Por último, se les solicitó sugerencias respecto a otras actividades que se pudiesen incluir en el proyecto y que permitiesen el desarrollo o mejoramiento de las competencias transversales. En este caso, acotaron que se podría incluir: registro del progreso del proyecto en redes sociales, debates para compartir o contrastar ideas, mayor interacción con el público durante diversas etapas del proyecto (ejemplo: exposiciones en etapas intermedias del proceso para recibir retroalimentación por parte del público), presencia de un panel evaluador durante la defensa del proyecto y mayores incentivos para motivar el trabajo (ejemplo: premiación a más equipos de acuerdo a otras categorías como: mejor diseño, etc.).

3.3 Efecto de la competición en la motivación del estudiante

La gamificación utiliza variadas técnicas dinámicas como logro, recompensa, estatus y competición, esta última se realiza “por el simple afán de competir e intentar ser mejor que los demás” [3]. En la metodología propuesta se utilizó la competición como medio para fomentar la motivación de los estudiantes hacia

la realización del proyecto. Se encontró que esta técnica es altamente motivadora: los estudiantes fueron consultados a través de la encuesta si consideraban que la competición debía ser eliminada del proyecto, el 97 % se manifestó contrario a esta propuesta. A su vez, al ser consultados respecto a su grado de conformidad con el proyecto a través de la misma escala Likert usada en el análisis previo, se encontró que el 90.9 % (con 4.52 ± 0.66) de los encuestados (% obtenido al sumar las opciones “totalmente de acuerdo” y “de acuerdo”) consideraron que el proyecto (todas sus actividades incluyendo la competición) es necesario para la asignatura y el 90.9 % (con 4.36 ± 0.81) consideraron que les gustaría repetir experiencias de este tipo en otras asignaturas.

Adicionalmente, se ha podido percibir que los estudiantes expresan frecuentemente emociones positivas después de la competición indicando que, a pesar del esfuerzo y tiempo invertido, vale la pena al observar el resultado y participar de esta actividad ya que, aunque puede ser estresante, les permite disminuir la tensión respecto a la carga de estudio y otras actividades e incluso, compartir socialmente con sus compañeros, comunidad universitaria y familiares. Algunos estudiantes han llegado a expresar verbalmente que les gustaría cursar nuevamente la asignatura solo por tener que realizar el proyecto y llegar a la competición. Este mismo sentimiento es manifestado por estudiantes que no han cursado la asignatura: les causa emoción observar la competición y aspiran cursar la asignatura para participar de la actividad.

4 Discusión de Resultados

En este estudio se ha evaluado el efecto que la implementación de proyectos del área de Diseño Mecánico produce sobre estudiantes de Ingeniería Mecánica en la obtención y mejoramiento de competencias técnicas propias del ingeniero y competencias transversales necesarias para un desempeño profesional eficiente y acorde con los perfiles de trabajo en la mayoría de empresas modernas.

En el caso de las competencias técnicas se observó que al consultar la percepción de los estudiantes, un 80% percibieron una acrecentamiento de la mayoría de las competencias técnicas evaluadas en este estudio tales como: “síntesis de diseño”, “Desarrollo de planos de ingeniería” y “Ensamblaje de máquinas y mecanismos” entre otras estudiadas. Estos resultados son análogos a los encontrados en otras investigaciones, donde también los estudiantes se autoevaluaron y se encontró que después de la aplicación de proyectos dentro de cursos académicos había un mejoramiento de las habilidades técnicas en un 83%[1].

Por otra parte, respecto a las competencias transversales, se encontró a través de este estudio que el desarrollo de proyectos en el área de Diseño Mecánico contribuyó en el mejoramiento de la mayoría de competencias transversales evaluadas: 11 de 15 obtuvieron un porcentaje de aceptación mayor al 80% de acuerdo a la percepción personal de los estudiantes encuestados: presentación personal en eventos públicos (100%), resolución de imprevistos (97%), trabajo bajo presión (93.9%), uso de recursos multimedia y audiovisuales (93.9%), expresión oral en público (90.9%), capacidad de organización (90.9%), tolerancia ante la crítica (90.9%), percepción

espacial/volumétrica (87.9%), trabajo en equipo (87.9%), liderazgo (87.9%) y capacidad de respuesta ante preguntas del público (84.8%). Estos resultados son altamente congruentes con otras investigaciones análogas donde se utilizaron proyectos para el mismo fin y se evaluó el mejoramiento de las competencias a partir de autoevaluación por parte de los estudiantes [1]: habilidades conductuales (92%) y habilidades contextuales: capacidad de relacionarse en el contexto multicultural y de cambio (74%) específicamente: trabajo en equipo (92%), creatividad (87%), liderazgo (81%) y negociación (79%). En otra investigación donde se utilizó la escala Likert (1 a 5 donde 5 corresponde a la expresión “fuertemente de acuerdo”) para estimar el mejoramiento de las competencias después del uso del ABP, se encontró que las siguientes competencias habían mejorado de acuerdo a la autoevaluación hecha por los estudiantes: comunicación oral (3.57 ± 0.11), trabajo en equipo (4.21 ± 0.08), gerencia del tiempo (3.73 ± 0.05) y creatividad (3.76 ± 0.09).

Asimismo se encontró equivalencia de los resultados obtenidos con otra investigación fundamentada en la aplicación de ABP y donde la evaluación se hizo a través de rúbricas [19]: en las destrezas relacionadas con las habilidades de hablar en público y uso de tecnologías, el 83% de los grupos evaluados obtuvieron calificación notable (7 a 8.9 en la escala de 1 a 10), asimismo, en la competencia “trabajo en equipo”, el 73.3% de los grupos obtuvieron calificación notable, y respecto a la competencia de investigación, el 46.6% de los grupos fueron sobresalientes (9 a 10 en la escala de 1 a 10) y el 40% fueron evaluados como notables.

En otro estudio donde la ganancia del aprendizaje después del uso de ABP a fue evaluada según el Factor Normalizado de Hake [26] (0 a 1, donde 1 corresponde a la máxima ganancia) definido a partir de evaluaciones sucesivas por parte del profesor, se encontró que competencias como expresión oral y uso de herramientas virtuales (0.79 ± 0.11) y expresión escrita (0.63 ± 0.27) fueron catalogadas con ganancia de aprendizaje alta (mayor a 0.7).

A partir de estos resultados se puede vislumbrar que el uso de proyectos como la experiencia descrita en este trabajo contribuye grandemente a mejorar las competencias técnicas y transversales. Esta evidencia se hace tangible, aun tomando en consideración diversos métodos de evaluación: autoevaluación por parte de los estudiantes, uso de rúbricas y evaluaciones sucesivas por parte del profesor. Al respecto se considera que actividades como: síntesis de diseño, modelado CAD y simulación CAE, contribuyen principalmente en el fortalecimiento de las competencias técnicas. Asimismo, la construcción de prototipos, defensa pública de proyectos y organización del evento académico se constituyen en actividades que fomentan el mejoramiento de las competencias asociadas a las relaciones interpersonales tales como liderazgo y trabajo en equipo. Por tanto, se quiere hacer énfasis en la implementación de actividades como la organización de eventos académicos que permiten al estudiante organizar, dirigir e interactuar con grandes grupos de personas en el diseño y desarrollo logístico que le permite acrecentar sus habilidades sociales.

Aparte, en este punto es importante acortar que algunas competencias transversales estudiadas no tuvieron reportes de un gran mejoramiento por parte de los estudiantes (Estética de colores, diseño de presentaciones y diseño gráfico), esto se debe a que las actividades como el diseño del afiche no fueron realizadas por todo el grupo objeto de estudio, sino por una o dos personas en particular, lo que incide en un menor aprovechamiento de esta actividad para el mejoramiento de estas competencias. Por tanto se podría implementar en este caso, el desarrollo de afiches por cada grupo de trabajo, así múltiples estudiantes tendrán la oportunidad de ejecutar esta actividad y desarrollar las competencias asociadas.

Otro aspecto que debe analizarse es el papel de las competencias como motivador para el desarrollo del proyecto. En este trabajo se encontró que el 97% de los estudiantes encuestados están a favor de las competencias dentro del proyecto ya que encontraron que son altamente motivadoras para el aprendizaje de la asignatura, desarrollo de proyecto y además producen efectos como: generar emociones positivas, disminuir la tensión y aumentar la relajación frente a la carga de trabajo común del estudiante. Estos resultados coinciden con otras investigaciones donde el 80% de los estudiantes encuestados manifiestan que la competición contribuye a disminuir los niveles de tensión y el 90% indica que los juegos permiten aumentar el nivel de recordación de conceptos[13]. Asimismo, a través de otra investigación se evidencia que las competencias son motivadoras al generar emociones positivas como: entusiasmo (4.00 ± 0.91 , utilizando una escala Likert de 1 a 5 donde 5 equivale a Totalmente de acuerdo), Sorpresa (3.76 ± 1.30), felicidad (3.68 ± 1.11) y Confianza (3.32 ± 0.82).

Finalmente, se debe destacar que aunque se ha demostrado que los resultados obtenidos son equivalentes a los obtenidos en otras investigaciones, este estudio pudiese considerarse exploratorio ya que, el método para la obtención de datos no es totalmente objetivo: los estudiantes se autoevalúan respecto a sus propias percepciones relacionadas con el mejoramiento de competencias y habilidades que no son fáciles de cuantificar. Por ello, se deben considerar otros métodos e instrumentos para la recolección de datos que permitan profundizar en este tema. Por tanto, los trabajos futuros deben incluir una evaluación más profunda del efecto de los proyectos a través de métodos e instrumentos tales como: evaluación del desempeño a través de calificaciones para estimar el mejoramiento de habilidades técnicas[16], uso de fichas de seguimiento individual para evaluar competencias técnicas y transversales [17], estimación de competencias personales y sociales tomando en consideración la evaluación de los compañeros de grupo [17], uso de encuestas o test que midan habilidades técnicas y transversales, los cuales deben ser aplicados antes y después de la ejecución del proyecto [35] y finalmente, comparación de desempeño entre dos grupos: grupo objeto de estudio (realiza el proyecto) y grupo control (que no realiza proyecto) [26].

5 Conclusiones

El uso de proyectos de diseño en asignaturas de diseño mecánico, que incluyan la resolución de un problema desde la generación de alternativas hasta la construcción pasando por etapas como síntesis, modelado CAD, simulación CAE y construcción, constituyen una herramienta importante que incide notoriamente en el mejoramiento de competencias técnicas propias del área tales como: “síntesis de diseño”, “desarrollo de planos de ingeniería” y “ensamblaje de máquinas y mecanismos” entre otras; pero también incide en el mejoramiento de competencias transversales tales como: resolución de imprevistos, trabajo bajo presión, tolerancia ante la crítica, percepción espacial/volumétrica, trabajo en equipo y liderazgo. Adicionalmente, si los proyectos incluyen actividades de socialización como organización de eventos académicos y defensa pública del proyecto se logra el mejoramiento de otras competencias transversales tales como: uso de recursos multimedia y audiovisuales, expresión oral en público, capacidad de organización, capacidad de respuesta ante preguntas del público y presentación personal en eventos públicos.

Adicionalmente, el uso de competencias dentro del plan de ejecución del proyecto, constituye una herramienta vital para lograr un incremento en la motivación del estudiante respecto al aprendizaje de la asignatura y a la misma realización del proyecto, ya que incita al estudiante a preparar de manera más eficiente su proyecto con el propósito de lograr una recompensa y tener un sentido de satisfacción al ser reconocido por su desempeño durante la competición. Además permite que en el estudiante se generen emociones positivas, disminuya la tensión y aumente la relajación frente a la carga de trabajo común en entornos académicos.

Referencias

- [1] I. Ríos-Carmenado, F. Rodríguez, and C. Pérez, "Promoting Professional Project Management Skills in Engineering Higher Education: Project-Based Learning (PBL) Strategy," *International Journal of Engineering Education*, vol. 31, no. 1(B), pp. 184-198, 2015.
- [2] M. Kandlhofer and G. Steinbauer, "Evaluating the impact of educational robotics on pupils' technical- and social-skills and science related attitudes," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 75, no. B, pp. 679-685, 2016.
- [3] F. Suárez, J. Sánchez, P. Nuño, V. Corcoba, and J. Granda, "Alumnos más Participativos con el uso de Herramientas de Gamificación y Cooperación," in *26 Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*, Gijón, pp. 985-996, 2018.
- [4] I. Sánchez, M. Moreira, and C. Caballero, "Implementación de una propuesta de aprendizaje significativo de la cinemática a través de la resolución de problemas," *Ingeniare. Rev. chil. ing.*, vol. 17, no. 1, pp. 27-41, 2009.
- [5] F. Medina-Rojas, J. Nuñez-Santa, I. Sánchez-Medina, and J. Cabrera-Medina, "Implementación del ABP, PBL y método SCRUM en cursos académicos para desarrollar sistemas informáticos enfocados en fortalecer la región," *Educación en ingeniería*, vol. 12, no. 24, pp. 52-57, 2017.
- [6] L. Castellanos and A. Hernández, "Una alternativa metodológica innovadora para formar y evaluar competencias a través de proyectos de curso en las carreras de ingeniería," *Educación en ingeniería*, vol. 10, pp. 37-48, 2010.
- [7] A. Hossain, J. Durfee, H. Bae, and K. Larsen, "Teaching an undergraduate dynamics course for mechanical "engineering technology" students: successful implementation for students learning," in *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, Phoenix, pp. 1-9, 2016.
- [8] J. Hou, Y. Lai, and P. Zhao, "The Role of Practical Teaching in Agricultural Universities in the Training of Graduates Major in Mechanical Design," in *8th International Conference on Management, Education and Information*, pp. 974-979, 2018.
- [9] Y. Wei, L. Bing, and P. Wang, "Teaching reform and practice in mechanical design via collaboration between academia and industry," *International Journal of Mechanical Engineering Education*, vol. 0, no. 0, pp. 1-16, 2018.
- [10] H. Sun and J. Jia, "'Mechanical Drawing' Classroom Teaching Analysis and Reflection," in *3rd Annual International Conference on Management, Economics and Social Development*, pp. 271-273, 2017.
- [11] M. D'Souza and P. Rodrigues, "Extreme Pedagogy: An Agile Teaching-Learning Methodology for Engineering Education," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 8, no. 9, pp. 828-833, 2015.
- [12] F. Zamora-Polo, J. Sánchez-Martín, F. Hipólito-Ojalvo, and A. Luque-Sendra, "Using gamification to develop students' competences in mechanical engineering degree," in *23rd International Congress on Project Management and Engineering*, Málaga, pp. 1957-1967, 2019.
- [13] M. Gómez-Álvarez, J. Echeverri, and L. González-Palacio, "Estrategia de evaluación basada en juegos: Caso Ingeniería de Sistemas Universidad de Medellín," *Ingeniare. Rev. chil. ing.*, vol. 25, no. 4, pp. 633-642, 2017.
- [14] J. Suñer and F. Rubio, "Learning Through Competitive Environments: Use of Robotic Simulation Environments Combined with Economic Considerations," in *New Trends in Educational Activity in the Field of Mechanism and Machine Theory, Mechanisms and Machine Science*, J. García-Prada and C. Castejón, Eds. Switzerland: Springer International Publishing, vol. 19, pp. 59-67, 2014.
- [15] Q. Meng, B. Hou, J. Ni, M. Xiong, and C. Shan, "Research on the Practical Teaching of Mechanical Drawing based on the Whole-Process Combination," in *International Workshop on Education Reform and Social Sciences*, pp. 548-552, 2018.
- [16] J. García-Alonso, E. Soriano-Heras, F. Blaya, and H. Rubio, "Didactic Methodologies Used in Industrial Design and Mechanical Engineering for the Implementation of the Marked Competencies and Their Professional Insertion," in *New Trends in Educational Activity in the Field of Mechanism and Machine Theory*, J. C. García-Prada and C. García-Prada, Eds. Switzerland: Springer Nature, pp. 177-185, 2019.
- [17] E. Soriano, J. García, F. Blaya, R. D'Amato, and M. Islán, "Metodologías didácticas utilizadas en el diseño industrial para la implementación de las competencias marcadas y su inserción profesional," *Técnica Industrial*, vol. 320, pp. 38-44, 2018.
- [18] B. Rico, L. Garay, and E. Ruiz, "Implementación del aprendizaje basado en proyectos como herramienta en asignaturas de ingeniería aplicada," *Revista iberoamericana para la investigación y desarrollo educativo*, vol. 9, no. 17, pp. 1-37, 2018.
- [19] P. Toledo and J. Sánchez, "Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia universitaria," *Profesorado*, vol. 22, no. 2, pp. 471-491, 2018.
- [20] M. Yin, "Application of Project Teaching Method in Automobile Engineering Drawing," in *4th International Conference on Management Science, Education Technology, Arts, Social Science and Economics*, pp. 979-982, 2016.
- [21] S. Zúñiga and C. Mora, "El Aprendizaje Basado en Proyectos y la construcción de prototipos experimentales, un estudio de caso: el modelo de un reductor de velocidad," *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, vol. 11, no. 2, pp. 2306-1 - 2306-7, 2017.
- [22] M. Brozos-Vázquez et al., "Desarrollo de proyectos didácticos para adquirir competencias," in *XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa*, Gijón, 2018, pp. 1308-1311.
- [23] J. García-Alonso, E. Soriano, I. García-Vicario, and H. Rubio, "Service-Learning Projects Based on Dynamic Documentation in Engineering Colleges," in *New Trends in Educational Activity in the Field of Mechanism and Machine Theory, Mechanisms and Machine Science*, J. García-Prada and C. Castejón, Eds. Switzerland: Springer International Publishing, 2014, pp. 69-81.
- [24] M. Grubbs and G. Strimel, "Engineering Design: The Great Integrator," *Journal of STEM teacher Education*, vol. 50, no. 1, pp. 77-90, 2015.
- [25] K. Li, F. Gebali, and M. McGuire, "Teaching Engineering Design in a Four-Course," in *IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering*, Zhuhai, 2015, pp. 281-286.
- [26] J. Rodríguez et al., "Project Based Learning experiences in the space engineering education at Technical University of Madrid," *Advances in Space*

Research, pp. 1-21, 2015.

- [27] M. Pérez-Sánchez, J. Manzano, R. Llacer-Iglesias, J. García-Serra, and A. López-Jiménez, "La competencia "Diseño y Proyecto" coordinada en la Mecánica de Fluidos de Ingeniería Química en los campus de la UPV: resultado de un Proyecto de Innovación y Mejora Educativa," in *Congreso Nacional de Innovación Educativa y de Docencia en Red*, Valencia, pp. 1-12, 2017.
- [28] C. Morón and L. Mancila, "Comprender el Proyecto Roma: Fundamentos Teóricos y Principios de Acción," *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, vol. 92, no. 32.2, pp. 29-41, 2018.
- [29] C. Romero-Piedrahita, L. Vanegas-Useche, and M. Díaz-Rodríguez, "Estrategias pedagógicas para mejorar la enseñanza del diseño de máquinas en un programa de tecnología mecánica," *Revista UIS Ingenierías*, vol. 18, no. 3, pp. 15-26, 2019.
- [30] R. Nagel, "Evaluating the Impact of Teaching Function in an Engineering Design Curriculum," in *ASEE's 123rd Annual Conference & Exposition*, New Orleans, 2016, pp. 1-13.
- [31] X. Li, J. Wei, S. Ding, and Q. Wang, "Teaching Mode of Mechanical Design Course based on Simulation Analysis Technology," *iJET*, vol. 12, no. 7, pp. 112-123, 2017.
- [32] L. Wang and F. Ning, "Experimental Teaching of Mechanical Design Course for Foreign Students," in *International Conference on Education, Culture and Social Development*, 2017, pp. 93-96.
- [33] J. Saorín et al., "Makerspace teaching-learning environment to enhance creative competence in engineering students," *Thinking Skills and Creativity*, vol. 23, pp. 188-198, 2017.
- [34] N. Correa, "Estrategias Pedagógicas para mejorar el Aprendizaje de Dibujo Técnico en Ingeniería Mecánica de la Universidad Central usando herramientas CAD.," Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Trabajo de fin de Máster 2016.
- [35] J. Booth, E. Taborda, K. Ramani, and T. Reid, "Interventions for teaching sketching skills and reducing inhibition for novice engineering designers," *Design Studies*, vol. 43, pp. 1-23, 2016.
- [36] L. Wang, F. Meng, G. Luo, C. Wang, and W. Du, "Students' Graduation Project Training for Mechanical Design Specialty Based on Light Industries Transformation," in *2nd International Conference on Education, E-learning and Management Technology*, 2017, pp. 705-710.
- [37] L. De Arriba, V. Rodríguez, and J. Alvarez, "Competencia Transversal de Trabajo en Equipo: Evaluación en las Enseñanzas Técnicas," in *26 Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*, Gijón, 2018, pp. 158-166.
- [38] K. Ulrich and S. Eppinger, *Diseño y Desarrollo de Productos*, 5th ed. México, D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2013.
- [39] Verein Deutscher Ingenieure, "Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products," VDI Society for Product Development, Design and Marketing, Berlin, Norma VDI 2221, 1987.
- [40] M. Espinoza and D. Gallegos, "Benchmarking, ¿cómo y de dónde?: una revisión sistemática de la literatura," *Revista Espacios*, vol. 40, no. 37, pp. 16-24, 2019.

J. M. García-Caicedo, recibió su doctorado de la Universidad de Málaga, España (2015), y el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, Venezuela (2001). Su principal interés de investigación se centra en el diseño mecánico y la robótica móvil, especialmente en el análisis de la navegabilidad de los robots Skid Steer. Ha publicado más de 30 artículos en revistas y congresos internacionales referentes a su de investigación. Es Profesor Asociado de diseño mecánico y robótica en la Universidad Nacional Experimental del Táchira y responsable del Laboratorio de Prototipos en esa universidad desde el año 2015.
ORCID: 0000-0001-5466-9429