

Señ tón so

Explorando el Diseño Mecatrónico para buscar la Felicidad

Resumen

La escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander ha transformado su malla curricular para adaptarse a las demandas del entorno productivo, con el objetivo de formar profesionales competentes en la creación de artefactos estéticos y funcionales. En este contexto, la asignatura “Fundamentos de Diseño Mecatrónico”, una parte esencial del área de Ingenierías con un 15% de los créditos totales, ha experimentado modificaciones

Grupo de Investigación INTERFAZ de la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander

Israel Garnica

igarnibo@uis.edu.co

Luis Eduardo Bautista

lueduba@uis.edu.co

Fernanda Maradei

mafermar@uis.edu.co

Vaslak Rojas

vrojas@uis.edu.co

Clara Isabel López

clalogu@uis.edu.co

<https://doi.org/10.53972/RAD.erad.2024.5.353>

sustanciales. Inicialmente orientada hacia un enfoque teórico centrado en la selección y cálculo de componentes mecánicos, la asignatura ha evolucionado hacia un enfoque teórico-práctico. Este cambio implica el uso de estrategias pedagógicas centradas en el estudiante, trabajo colaborativo y Project-Based Learning (PBL).

El enfoque incorpora dos componentes principales: Primero, la teoría de electrónica básica, programación, motores y sensores mediante el uso de kits de iniciación como Lego Mindstorm EV3, tarjetas de control como Arduino UNO y simuladores como Tinkercad. Segundo, se combina una metodología que integra habilidades blandas basadas en la teoría de la felicidad (inspirada por Volkswagen) y el pensamiento de diseño de Tim Brow. Este enfoque permite que los estudiantes aborden situaciones problemáticas en su entorno inmediato. A través de entregas periódicas, los estudiantes deben comprender la situación, generar alternativas, construir modelos y organizar el flujo lógico del sistema. Finalmente, verifican un modelo funcional que busca cambiar comportamientos negativos, crear conciencia, fomentar la discusión o provocar emociones positivas.

Entre 2019 y 2023, se desarrollaron 111 proyectos con la participación de 233 estudiantes, de los cuales el 59% fueron mujeres. Los temas más recurrentes

Palabras clave

Diseño Industrial,
Diseño Mecatrónico,
Teoría de la Felicidad,
Aprendizaje basado en
proyectos.

Keywords

Industrial design,
Mechatronic Design,
Theory of Happiness,
Project-Based
Learning.

incluyeron autocuidado, reciclaje, manejo de estrés, juguetes educativos, mascotas y organización del tiempo, entre otros. En cuanto al nivel de desarrollo, el 30% de los proyectos se enfocó en diseños conceptuales, el 41% en modelos formales, el 26% en modelos funcionales y el 21% en prototipos. Con el objetivo de mejorar la asignatura, se proyecta facilitar la comprensión de conceptos y la toma de decisiones, para que los estudiantes alcancen el nivel de desarrollo de prototipos.

The Industrial Design program of Universidad Industrial de Santander - UIS has recently updated its curriculum to meet the demands of today's productive landscape and to equip graduates with the skills needed to create both visually appealing and practical designs. Specifically, the Fundamentals of Mechatronic Design (FMD) subject, which comprises the last course for an overall 15% of the total credits within the Engineering area, has undergone substantial revisions. Initially, FMD was focused on selecting mechanical components through theoretical calculations. However, it has now evolved to incorporate student-centered pedagogical strategies, collaborative work, and Project-Based Learning (PBL). The FMD course has two primary components. The initial component concentrates on fundamental electronics theory, programming, sensors, and

Israel **Garnica**
Luis Eduardo **Bautista**
Fernanda **Maradei**
Vaslak **Rojas**
Clara Isabel **López**

118

motors, which are taught using starter kits like Lego Mindstorm EV3, control boards such as Arduino UNO, and simulators like Tinkercad. The second component is focused on methodology and is inspired by Volkswagen's theory of happiness and Tim Brown's design thinking. The FMD course challenges students to address real-world problems, encouraging them to understand situations, generate alternatives, build models, and organize logical systems. The FMD course challenges students to address real-world problems, encouraging them to understand situations, generate alternatives, build models, and organize logical systems. Finally, they verify a functional model that seeks to change negative behaviors, raise awareness, encourage discussion, or provoke positive emotions. From 2019 to 2023, 111 projects have been developed by 233 students, 59% being female. The most recurring themes include self-care, recycling, stress management, educational toys, pets, and time organization among others. As for the level of development, they have focused on conceptual designs, formal models, functional models, and prototypes (30, 41, 26, and 21% respectively). In the quest to improve the subject, it is planned to facilitate the understanding of concepts, decision-making, and prototyping.



Introducción

La evolución constante de la sociedad contemporánea impone nuevos retos a los profesionales del diseño industrial en el desarrollo de productos de base tecnológica. Estos deben ser capaces de concebir y materializar artefactos equilibrando su valor estético y funcional, integrando la complejidad de sistemas electrónicos y de control, con las necesidades de interacción y tareas que el usuario requiere. La Escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander reconoce la necesidad de formar diseñadores capaces de conceptualizar productos centrados en la resolución de necesidades del usuario, generando soluciones validadas que aborden factores humanos, estéticos y técnicos, con el objetivo de brindar conceptos que vayan más allá del renderizado, permitiendo a los usuarios potenciales verificar y validar las prestaciones en un artefacto físico (Calvache, 2021; Gualdrón et al., 2022).

En este contexto, el problema identificado radica en la brecha entre las habilidades tradicionales del diseñador industrial, las competencias necesarias para enfrentar las demandas contemporáneas en el ámbito tecnológico y el enfoque metodológico para su enseñanza (Zheng, 2018). En el desarrollo de productos de base tecnológica, es fundamental la integración de sistemas

Israel **Garnica**
Luis Eduardo **Bautista**
Fernanda **Maradei**
Vaslak **Rojas**
Clara Isabel **López**

120

mecatrónicos, que involucran componentes electrónicos, programación y control para la toma acertada de decisiones sobre la funcionalidad del objeto (Verlinden et al., 2015). La falta de una formación especializada en estos campos limita el campo de acción de los futuros diseñadores industriales para concebir y ejecutar modelos funcionales y prototipos que respondan a la expectativa de los requerimientos identificados (Carfagni et al., 2020). Por ello, los profesionales recién graduados pueden ser percibidos de manera negativa a su falta de experiencia, capacidad resolutive y adaptación en equipos multidisciplinarios (Sola et al., 2021). [Click or tap here to enter text.](#)

La asignatura Fundamentos de Diseño Mecatrónico (FDM) surgió como respuesta a este desafío, integrada a la malla curricular de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Esta asignatura hace parte del área de fundamentos de ingeniería, la cual representa el 15% de los créditos. Con FDM se cierra el área de fundamentos en ingeniería en el plan de estudios. El currículo propuesto es diferencial a nivel nacional, ya que incluye el componente de ciencias básicas, lo que brinda herramientas específicas al Diseñador Industrial UIS para su inserción en la industria (Calvache, 2021). Reconociendo la necesidad de abordar el problema, la metodología de esta asignatura se ha transformado durante los procesos de reforma curricular. Inicialmente, la materia se conocía como “Fundamentos de Diseño Mecánico”, con un enfoque teórico basado en el cálculo de elementos mecánicos y sus criterios de selección. No obstante, la deserción, la baja motivación y la pérdida de la materia evidenciaban la dificultad que los estudiantes experimentaban (Almulla, 2020; Bautista & Higuera, 2015). La actual asignatura, “Fundamentos de Diseño Mecatrónico” (FDM), ha cambiado hacia un enfoque teórico-práctico, partiendo de los principios básicos de la electrónica. Además, incorpora estrategias pedagógicas centradas en el estudiante, fomenta el trabajo colaborativo y el *Project-Based Learning* (PBL). La metodología actual ha demostrado ser un catalizador en la formación de diseñadores industriales al abordar

temas técnicamente complejos, resolviéndolos mediante la integración en equipos multidisciplinarios. La colaboración entre estudiantes con conocimientos en electrónica, programación y diseño industrial genera un entorno enriquecedor para la construcción de prototipos funcionales viables (Petrakis et al., 2021), propuesta que se ha venido aplicando desde la reforma de la asignatura (Bautista & Higuera, 2015).

En la literatura, algunos autores reportan el uso de la *Theory of Fun*. En la Universidad Helwan de Egipto, estudiantes de diseño industrial demostraron un cambio de comportamiento de los usuarios mediante estímulos físicos al solicitar ayuda, recibir un email o realizar fisioterapia en lugares inesperados (Aziz, 2015). En la Universidad de Málaga, en España, estudiantes de Ingeniería Industrial se enfrentaron al reto de diseñar y construir una plataforma de carga inalámbrica para vehículos eléctricos mediante la gamificación, lo que permitió a los investigadores medir diferentes niveles de motivación (Triviño et al., 2017); En la Universidad de Colorado, Estados Unidos, estudiantes de diseño industrial desarrollaron prototipos de computación tangible, a partir de kits electrónicos predeterminados (Zheng, 2018). En la Universidad Ming Chuan de Taiwán, se observaron los comportamientos de toma de decisiones en el proceso de desarrollo de un robot de combate o sumo, comparando a estudiantes de bachillerato y estudiantes de diseño de producto (Chien et al., 2023).

Los reportes anteriores tienen en común el uso de la *Theory of Fun* para cambiar comportamientos incorrectos de las personas en contextos específicos, mediante la intervención de un artefacto tecnológico. Considerando este escenario, y en el marco de los cambios propuestos para la asignatura FMD dirigidos a los estudiantes de diseño industrial de la UIS, la pregunta de investigación planteada fue: ¿Cuál es el efecto de la inclusión de los parámetros proyectuales de la Theory of Fun como parte de la experiencia de aprendizaje de los estudiantes de diseño industrial de la asignatura FDM durante un periodo de 10 años de implementación?

Metodología

La asignatura de Fundamentos de Diseño Mecatrónico (FDM) divide sus contenidos en un 45% teórico-práctico y un 55% proyectual. La parte teórico-práctica de FDM se organiza en 4 unidades. La primera unidad incluye ejercicios guiados que culminan con un proyecto libre en grupos de tres a cuatro estudiantes, utilizando el *kit Lego Mindstorm EV3* y su software de programación. La segunda unidad, enfocada en la electrónica, abarca los conceptos básicos del funcionamiento y uso de elementos discretos e integrados, con ejercicios guiados que emplean componentes solicitados a los estudiantes y software de simulación como *Autodesk TinkerCAD*, *Wokwi*, *Fritzing* y el IDE de Arduino (*Integrated Development Enviroment*). La tercera unidad aborda la programación, cubriendo lenguajes de programación textuales y por bloques, diagramas de flujo y arquitecturas de decisión. Finalmente la cuarta unidad trata sobre los distintos actuadores y sensores, su simulación, programación y uso.

Más allá de la adquisición de habilidades técnicas, FDM busca fomentar habilidades blandas, promoviendo el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y el manejo del tiempo (Chochole, 2020). Los estudiantes enfrentan situaciones problemáticas identificadas en su entorno cercano, aplicando tanto los conocimientos adquiridos como la teoría de la felicidad (*Theory of Fun*) propuesta por Volkswagen. Esto les permite evaluar los cambios en el comportamiento o la percepción de los usuarios durante el uso del modelo funcional o prototipo (Matsumura et al., 2015; Miller & Cushing, 2023; Seva, 2019). Este entregable corresponde a un Proyecto Integrador, que se realiza en equipos de dos a cuatro estudiantes y se divide en cinco entregas parciales a lo largo del período académico: antecedentes del problema, requerimientos y parámetros y alternativas, modelo funcional de un subcomponente, diagramas de flujo y electrónicos, y finalmente, presentación de los resultados de la verificación y validación. Conforme al enfoque

de diseño, el proceso inicia en la fase de empatía y concluye con la comprobación del modelo funcional o prototipo (Tschimmel, 2022).

Algunos estudiantes vinculan su trabajo en FDM con otras asignaturas, como Talleres de Diseño, de Materiales, o HCI (Interfaz Hombre-Computadora), previa autorización de los docentes, lo que incrementa el alcance y complejidad del proyecto. La figura 1 presenta un diagrama del proceso involucrado en el desarrollo del Proyecto Integrador en FDM, basado en el modelo propuesto durante la reforma de la asignatura (Bautista & Higuera, 2015).

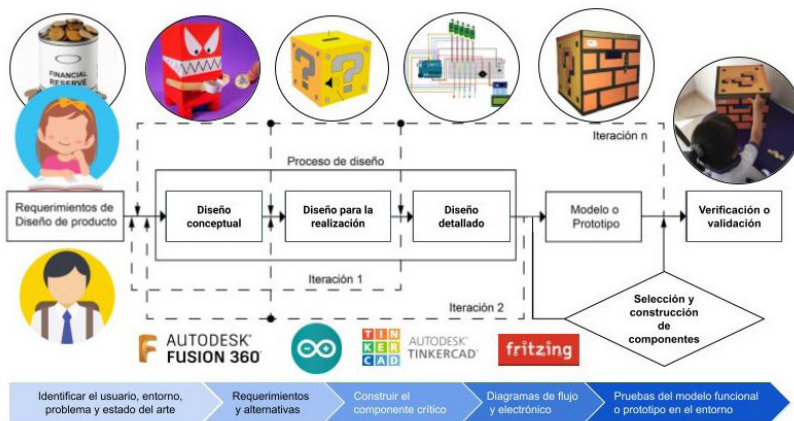


Figura 1. Metodología de FDM. Proceso adaptado de (Liu et al., 2020). En la parte superior se resume un proyecto que detectó como problema la cultura del ahorro en infantes (Estudiante: Sergio Díaz– Director: Israel Garnica). En la parte inferior se observa el proceso global y las herramientas involucradas.

Resultados

Resultados globales

Los resultados del presente documento abarcan el período comprendido entre el primer semestre de 2019 y el segundo semestre de 2023. En este período, 252 estudiantes asistieron a la asignatura FDM, con un 92,5% de aprobación (233 estudiantes de los cuales 59,2% eran mujeres).

Los resultados generales, mostrados en la figura 2, coinciden con la

observación inicial de la motivación establecida por Bautista e Higuera (2015), quienes analizaron el período de 2013 a 2015 (motivación entre 3.5 a 4.2, y una tasa de reprobación de 10%). No obstante, como se observa en la figura 2, la Pandemia de COVID-19 pudo influir en la disposición de los estudiantes entre 2020 y 2022. El mayor promedio de motivación se registró en el primer semestre de 2020 ($4,85 \pm 0,37$) y el menor en el primer semestre de 2023 ($4,50 \pm 0,67$). En cuanto a las notas, el promedio máximo se alcanzó en el primer semestre de 2020 ($4,25 \pm 0,28$) y el mínimo en el segundo semestre de 2022 ($3,65 \pm 0,88$).

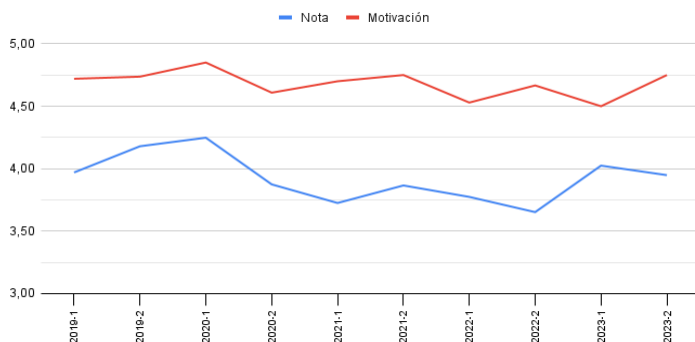


Figura 2. Motivación respecto a la nota final de los estudiantes. Motivación en escala de Likert de 0 a 5. Nota en escala de 0 a 5. Datos promedio. Fuente: Los autores.

Desde 2019 hasta 2023, se desarrollaron 111 proyectos por parte de los 233 estudiantes aprobados en la asignatura de FDM. Los temas más recurrentes incluyen autocuidado (10.8%), reciclaje (9.9%), manejo del estrés (9.0%), desarrollo de juguetes educativos (9.0%), dispositivos destinados al cuidado de mascotas (9.0%) y organización del tiempo (7.2%), entre otros. En cuanto al nivel de desarrollo del proyecto integrador, basándose en la tipología propuesta por Petrakis et al. (2021), se observaron entregas finales que variaban en complejidad y completitud del artefacto y sus funciones. Algunos proyectos enfocaron su esfuerzos en lograr diseños conceptuales (29.7%), otros destacaron el modelo formal para el acercamiento con el usuario (13.5%), la mayoría priorizó los modelos funcionales, (36%) y, en algunos casos, el proyecto culminó en un prototipo funcional-formal, (20.7%). La figura 3 resume las tipologías de los proyectos integradores observados.

Explorando el Diseño Mecatrónico para buscar la Felicidad

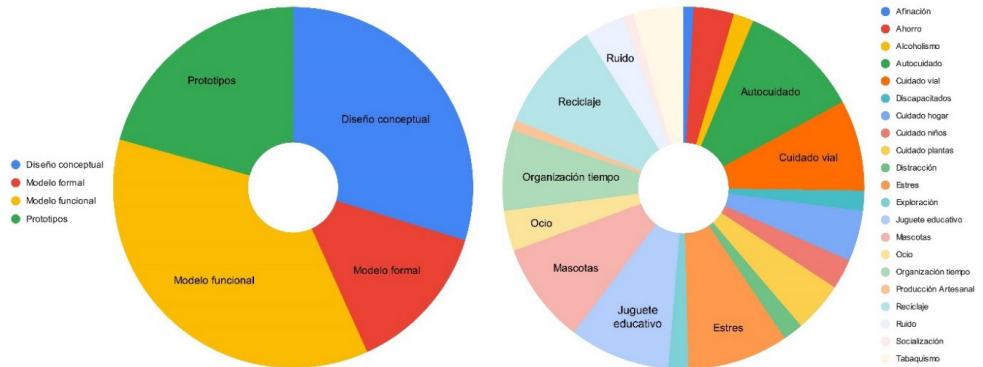


Figura 3. Tipología de los Proyectos Integradores en FDM de 2019 a 2023. Izquierda. Nivel de desarrollo. Derecha. Tipo de problema abordado. Fuente: Los autores.

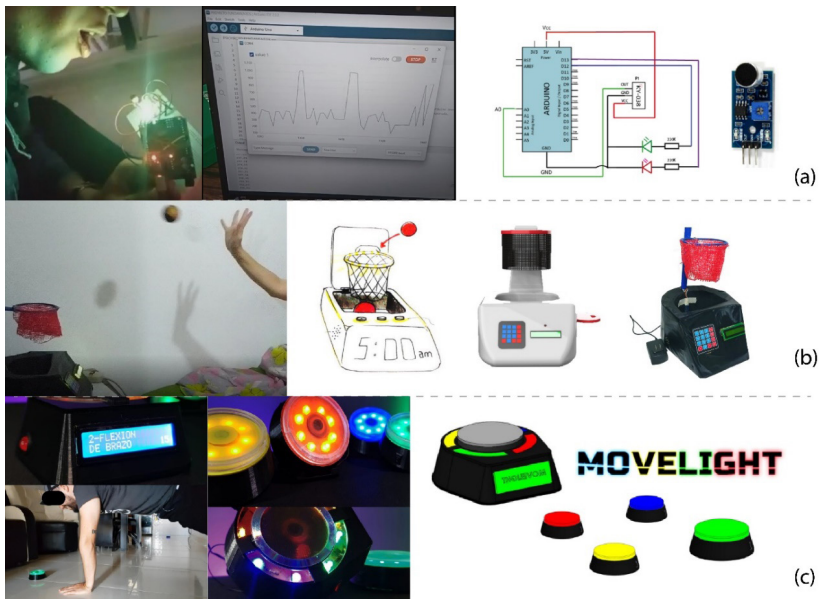


Figura 4. Proyectos destacados. a) Sensor de frecuencia para comprobación del tono en cantantes (Estudiantes: Alejandra Estévez y Rossana Niño – Director: Israel Garnica). b) Reloj despertador con condición de detenerse por un número predefinido de cestas (Estudiantes: Silvia J Ruiz, Luz A. Silva, y Claudia E. Cadena – Director: Vaslak Rojas). c) Juego interactivo con opciones de ejercicio predefinidas presentadas al azar de acuerdo con el color (Estudiantes: Yomara Medina y Alejandra Pico – Directora: Fernanda Maradei).

Cada Proyecto Integrador fue ejecutado por los estudiantes de diseño industrial, con el objetivo de superar los temas impartidos en el curso de FDM. Sin embargo, el conocimiento de los elementos electrónicos y su correcta programación se percibió como una barrera compleja al momento de desarrollar el concepto y materializar un prototipo funcional con las prestaciones concebidas.

En la figura 1 se observa el desarrollo de un modelo formal contador de monedas basado en un videojuego, diseñado para mejorar la aceptación de los usuarios, en este caso, niños, y fomentar el hábito del ahorro¹. La figura 4 detalla algunos resultados destacados durante el desarrollo de la asignatura FDM, proporcionando mayor claridad sobre la tipología de niveles de desarrollo.

Respecto al proyecto mostrado en la figura 4: a) las estudiantes lograron comprobar el concepto a través de los dispositivos seleccionados. En este caso, las tarjetas y sensores se conectaban directamente al PC para detectar la frecuencia de voz en Hz de los estudiantes pertenecientes al coro de la UIS, cuyo nivel de experticia aún les impedía mantener o identificar² diferentes notas. b) las estudiantes construyeron un modelo funcional, Basket-Clock, que permitió configurar la hora para despertar al usuario y un sensor que contaba el número de veces que el sujeto, una vez despierto, lograba encestar, para

1 Video del proyecto disponible en el link: <https://www.youtube.com/watch?v=3qQy2LfeES8>

2 Video del proyecto disponible en el link: <https://www.youtube.com/watch?v=7pqMwiEraft&t=167s>

desactivar el sonido de la alarma³. Finalmente, c) las estudiantes construyeron un prototipo, Move-Light, utilizando elementos externos manufacturados, y tarjetas impresas (PCB, printed circuit board) que se comunicaban con una unidad central. El propósito de este proyecto era crear un juguete interactivo que ofreciera actividades al azar, las cuales se cumplían al activar los botones cuyo color correspondía con el ordenado por la unidad central⁴.

Conclusiones

Los resultados obtenidos durante los períodos académicos de 2019-1 a 2023-2 reflejan el impacto positivo de la asignatura FDM en los estudiantes de diseño industrial de UIS. En este lapso, un total de 252 estudiantes participaron en FDM, con una tasa de aprobación del 92.5%, lo que indica aceptación de la metodología y los contenidos impartidos.

Es importante destacar la fluctuación en la disposición de los estudiantes, posiblemente influenciada por la pandemia de COVID-19. Durante el período reportado, se llevaron a cabo un total de 111 proyectos por parte de los 233 estudiantes aprobados en FDM. Las temáticas de los proyectos se desarrollaron según los intereses de los estudiantes. El nivel de desarrollo de los proyectos integradores alcanzó desde diseños conceptuales hasta prototipos funcionales-formales.

3 Video de Basket-Clock disponible en el link: <https://www.youtube.com/watch?v=jkMRQSubs4g>

4 Video de Move-Light disponible en el link: https://www.youtube.com/watch?v=warz_A1w0l0

Israel **Garnica**
Luis Eduardo **Bautista**
Fernanda **Maradei**
Vaslak **Rojas**
Clara Isabel **López**

128

De acuerdo con lo anterior, las oportunidades de mejora en la asignatura se relacionan con la percepción de los estudiantes sobre la complejidad de integrar elementos electrónicos y su correcta programación para materializar los conceptos, así como la creación de prototipos funcionales con las prestaciones esperadas. Esto evidencia la necesidad de seguir fortaleciendo los conocimientos y habilidades en estos ámbitos, así como de ofrecer un acompañamiento adecuado para superar estas barreras.

Específicamente, la cuarta unidad, motores y sensores, es una de las áreas temáticas más complejas. Por ello, se busca implementar ejemplos físicos acordes con las simulaciones, de manera que soporte el proceso de toma de decisiones de los estudiantes. Los resultados subrayan la importancia de la asignatura FDM en la formación de diseñadores industriales capaces de enfrentar los desafíos actuales, así como la necesidad de continuar mejorando la enseñanza de conceptos y habilidades relacionados con la mecatrónica en el contexto del diseño industrial.

Agradecimientos

Los investigadores reconocen a la Universidad Industrial de Santander (UIS) y a su variada comunidad universitaria por el apoyo y soporte brindado en este proyecto. Los autores extienden su agradecimiento a los estudiantes y sus proyectos, mencionados en el presente documento: Sergio Díaz, Alejandra Estévez, Rossana Niño, Silvia J Ruiz, Luz A. Silva, Claudia E. Cadena, Yomara Medina y Alejandra Pico. Finalmente, se agradece a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE), de la UIS por el apoyo en el proyecto 3773 de 2022 titulado “Modelo de innovación pedagógica basado en diseño para la manufactura, orientado a estudiantes de diseño industrial”, del profesor Israel Garnica, cuyo aporte se centró en el mejoramiento del material didáctico de la asignatura FDM.

Referencias Bibliográficas

- Almulla, M. (2020). The effectiveness of the project-based learning (PBL) approach as a way to engage students in learning. *SAGE Open*, 10(3).
- Aziz, G. (2015). Impact of gamification in human behavior modification through fun design. *International Design Journal*, 5(1), 173–180.
- Bautista, L., & Higuera, J. (2015). Diseñador mecatrónico: electrónica y programación para diseñadores. *VI Congreso Latinoamericano de Enseñanza Del Diseño*.
- Calvache, D. (2021). *Apropiación curricular de la metodología del diseño en los programas de diseño industrial colombiano*.
- Carfagni, M., Fiorineschi, L., Furferi, R., Governi, L., & Rotini, F. (2020). Usefulness of prototypes in conceptual design: Students' view. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 14(4), 1305–1319. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00697-2>
- Chien, Y., Liu, C., Chan, S., & Chang, Y. (2023). Engineering design learning for high school and college first-year students in a STEM battlebot design project. *International Journal of STEM Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00403-0>
- Chochole, T. (2020). Soft skills as a tool for interdisciplinary teamwork of product designers. *The European Conference on Arts and Humanities*. www.iafor.org
- Gualdrón, C., Martínez, J., & Bautista, L. (2022). Proyección de la formación en diseño inspirada en las experiencias de investigación. *Encuentros Académicos RAD*, 3, 63–78.
- Liu, W., Zhu, Z., & Ye, S. (2020). A decision-making methodology integrated in product design for additive manufacturing process selection. *Rapid Prototyping Journal*, 26(5), 895–909.
- Matsumura, N., Fruchter, R., & Leifer, L. (2015). Shikakeology: designing triggers for behavior change. *AI and Society*, 30(4), 419–429. <https://doi.org/10.1007/s00146-014-0556-5>

Israel **Garnica**
Luis Eduardo **Bautista**
Fernanda **Maradei**
Vaslak **Rojas**
Clara Isabel **López**

130

- Miller, E., & Cushing, D. (2023). *Redesigning the unremarkable*. Routledge. Routledge.
- Petrakis, K., Wodehouse, A., & Hird, A. (2021). Physical prototyping rationale in design student projects: An analysis based on the concept of purposeful prototyping. *Design Science*, 1–34.
- Seva, R. (2019). Product-behavior targeting: Affective Design Method for Sustainability. *International MultiConference of Engineers and Computer Scientists: IMECS 2019*, 575–581.
- Sola, R., Guerrero, G., & Rodríguez, O. (2021). Education and Information Technologies Teaching CAD/CAM/CAE tools with project-based learning in virtual distance education. *Education and Information Technologies*, 1–23.
- Triviño, A., Durán, M., Pineda, S., Aguado, J., & De la Torre, S. (2017, June). TESLA: A Gamification framework to motivate students in Industrial Engineering. *1st Workshop on Gamification and Games for Learning (GamiLearn'17)*.
- Tschimmel, K. (2022). Creativity, design and design thinking: A human-centred approach for innovation. *Perspectives on Design*, II, 3–17.
- Verlinden, J., Saakes, D., & Luxen, R. (2015). Learning from the trenches of embodiment design. *Archives of Design Research*, 28(3), 5. <https://doi.org/10.15187/adr.2015.08.28.3.5>
- Zheng, C. (2018). Unfolding an Industrial Design Approach to Physical Computing. In C. Zheng (Ed.), *Twelfth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*.