

INNOVACIÓN FRUGAL Y EXPERIENCIA EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS MECATRÓNICOS DURANTE VERANOS DE INVESTIGACIÓN

FRUGAL INNOVATION AND HANDS-ON EXPERIENCE IN TRAINING MECHATRONIC ENGINEERS DURING SUMMER RESEARCH INTERNSHIPS

E. A. Padilla García¹

RESUMEN

Este trabajo describe el proceso metodológico aplicado, desde el punto de vista de un profesor asesor de educación terciaria en la formación de ingenieros en mecatrónica, en el contexto de proyectos de verano de investigación científica, destacando su impacto en la región norte del Estado de México y la experiencia adquirida. La metodología se divide en tres fases: innovación frugal, utilizando una estrategia de diseño mecatrónico secuencial; validación de la propuesta, en la que se produce la transición de propuesta a un prototipado; y la contextualización, que implica la adaptación necesaria a las particularidades y necesidades de la región. Este enfoque ha ampliado la perspectiva de los estudiantes asesorados, ha fomentado el intercambio cultural y fortalecido el pensamiento crítico del estudiante en formación, al construir e innovar propuestas de prototipado rápido. Esta experiencia ha ampliado la perspectiva de los estudiantes, fomentado el intercambio cultural y fortalecido el pensamiento crítico, promoviendo la inteligencia social y el emprendimiento en el ámbito tecnológico.

ABSTRACT

This manuscript describes the methodological process applied to the training of mechatronics engineers, as the point of view of the students' advisor, when they integrate into summer scientific research projects, highlighting its impact in the northern region of the State of Mexico and the experience acquired. The methodology consists of three phases: frugal innovation, using a sequential mechatronic design strategy; proposal validation, where the transition from proposal to prototyping; and contextualization, which implies the necessary adaptation to the particularities and needs of the region. This approach has broadened the perspective of the advised students, encouraged cultural exchange, and strengthened the critical thinking of the engineering student in training, by building and innovating rapid prototyping proposals. This experience has broadened the students' perspective, encouraged cultural exchange, and strengthened critical thinking, promoting social intelligence and entrepreneurship in the technological field.

ANTECEDENTES

La acelerada evolución tecnológica ha generado una gran demanda de un perfil de formación sólido, flexible y adaptativo para los ingenieros, que no solo les permita seguir el ritmo de los avances, sino también ser emprendedores e innovadores en la creación de nuevas soluciones (Sánchez, 2024). Además, las habilidades blandas, como la comunicación efectiva, la empatía, la capacidad de trabajo en equipo y la colaboración, entre otras, se están convirtiendo en competencias cruciales en el perfil de los ingenieros del futuro (Zepeda-Hurtado, 2023).

A medida que los avances tecnológicos cruzan fronteras y disciplinas, los perfiles de ingeniería requieren competencias relacionadas con el saber convivir (Chan, 2022), es decir,

¹ Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México (TecNM)/Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE). erick_garcia@tese.edu.mx

la capacidad de trabajar en equipos globales y gestionar proyectos que no solo impliquen la aplicación de tecnología (Estrada, 2020), sino también la comprensión de las necesidades y valores de diversas culturas y comunidades.

Normalmente se decía que el ingeniero era básicamente un solucionador de problemas en las diferentes ramas de la industria. Sin embargo, debido a la rapidez de los cambios tecnológicos y la dificultad para generar conocimiento siempre actualizado en la parte técnica, surge la problemática de contar con perfiles de egreso de ingenieros poco empáticos con el entorno, que requieren fortalecer habilidades de comunicación efectiva y colaboración interdisciplinaria (Ortiz, 2020). Así surge la necesidad prioritaria de una formación de ingenieros, especialmente de ingeniería en mecatrónica, que no solo sean capaces de mantenerse al día en el ámbito tecnológico, sino también contextualizar soluciones acordes al entorno en donde viven, saber colaborar y trabajar en equipo, desarrollar aquellas habilidades blandas que permitan una mejor conexión con su entorno. A partir de ese enfoque, deben ser capaces de emprender e innovar nuevas soluciones factibles. Parte de ese desarrollo contextualizado proviene de los programas de movilidad estudiantil, ya que se fomenta la adaptabilidad, la curiosidad por nuevos entornos, y la adaptación del pensamiento crítico para generar nuevas soluciones, lo que requiere incentivar este tipo de competencias sociales.

Una forma de incentivar y fortalecer estas habilidades blandas es a través del intercambio cultural, los programas de movilidad estudiantil y el intercambio escolar en regiones diferentes al lugar de origen. Este tipo de formación educativa también es conocido como educación terciaria (Grijalva Verdugo, 2017). En este contexto, es posible experimentar la exploración del conocimiento de primera mano y cultivar un sentido de curiosidad, promover el intercambio cultural, desarrollar la adaptabilidad a los cambios y fomentar un enfoque crítico hacia la solución de problemas, lo cual resulta esencial para la formación de futuros líderes científicos y tecnológicos.

En el llamado Verano de Investigación Científica y Tecnológica del Pacífico (Verano científico DELFIN), cada año participan estudiantes de licenciatura, quienes realizan una estancia de siete semanas. Durante este tiempo, los estudiantes se integran a proyectos de investigación en desarrollo, a través de investigaciones aplicadas y trabajo interdisciplinario. Aún más importante, tienen la oportunidad de colaborar con expertos de diversas partes del mundo, miembros del programa Delfin (Fuentes, 2024). En dicho programa, los estudiantes participan en un intercambio de ideas y enfoques, lo que también fortalece su capacidad para trabajar en entornos globales y multidisciplinarios, un requisito fundamental en la ciencia y la tecnología modernas (Cortez, 2023).

Partiendo de que a través del intercambio cultural y movilidad estudiantil es posible fomentar el desarrollo de habilidades blandas, y competencias multidisciplinarias, se propone una metodología de enfoque mecatrónico que incluya la contextualización y adaptación del entorno en la creación de proyectos; sería posible obtener soluciones factibles acordes a la problemática precisa del lugar. Esta podría generar una pregunta de investigación interesante en la formación de nuevos ingenieros: estudiar la relación del intercambio cultural y movilidad estudiantil en programas de investigación aplicada, con respecto al desarrollo de habilidades y técnicas de proyectos, que fortalecen competencias multidisciplinarias de los estudiantes de ingeniería y observar el impacto en la mejora de sus perfiles de egreso.

De lo anterior, este estudio se enfoca en 3 objetivos particulares importantes:

1. Observar el impacto en el desarrollo de habilidades blandas, que se logrará mediante el fortalecimiento de la comunicación, empatía, trabajo en equipo, y adaptación cultural requeridos para el proyecto en el que estarían trabajando.
2. Abordar una metodología de diseño mecatrónico de proyectos de ingeniería que contribuya en la adquisición de competencias multidisciplinarias y, al mismo tiempo, la mejora de nuevas capacidades como trabajo en equipo, colaboración y empatía en el entorno.
3. Conocer los efectos que tienen los estudiantes de ingeniería en términos de su capacidad para innovar, emprender y trabajar en entornos nuevos o diferentes.

Así, se propone un modelo metodológico que podría ser replicado en otras regiones del Estado de México, y que fortalecería la formación integral de los ingenieros en mecatrónica.

En este manuscrito, se describe la experiencia adquirida como profesor asesor en la formación de estudiantes de ingeniería en educación terciaria, en programas de movilidad y de investigación aplicada. En estos programas, se ha trabajado con uno y hasta tres estudiantes en conjunto para desarrollar proyectos comunes en la Universidad Politécnica de Atlacomulco, logrando resultados significativos de innovación multidisciplinaria que han beneficiado a la comunidad de la región norte del Estado de México.

Para ello, se ha diseñado una propuesta metodológica estructurada en tres fases, que ha permitido obtener resultados destacados tanto en los proyectos de investigación como en la formación de habilidades blandas. Además, ha tenido un impacto positivo en la sociedad y ha proporcionado una nueva visión para la formación de ingenieros más preparados, promoviendo el desarrollo de habilidades sociales y culturales que se buscan en el perfil de los nuevos ingenieros en mecatrónica.

El documento se organiza de la siguiente manera. En la sección de Metodología, se describen las tres fases propuestas en la asesoría de estudiantes de educación terciaria. En la sección de resultados, se establecen los resultados obtenidos en la formación de ingenieros al aplicar dicha metodología, para finalmente, la sección de Conclusiones presenta la experiencia y el análisis del impacto de los resultados mencionados, que contribuyen a generar mejores perfiles de egreso en los estudiantes de ingeniería en mecatrónica en el norte del estado de México, y que se propone implementar en un trabajo a futuro, en el noreste del estado de México, a través del Tecnológico de Estudios Superiores, institución miembro del programa de Verano Científico Delfín.

METODOLOGÍA

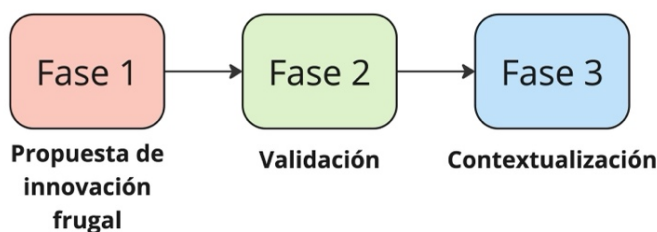
En esta sección, se describe la metodología aplicada en el asesoramiento y formación de estudiantes en formación de nuevos ingenieros en mecatrónica en el contexto de la educación terciaria, una metodología que, a través de la experiencia práctica y el trabajo interdisciplinario, ha tenido éxito y ha generado grandes resultados en proyectos con un impacto social significativo en el norte del Estado de México, y que podría servir de referencia a nuevos profesores asesores de estudiantes de educación terciaria y movilidad. Este enfoque metodológico no solo se centra en la adquisición de conocimientos técnicos, sino también en el desarrollo integral de los estudiantes, preparándolos para afrontar desafíos

reales, mejorar sus habilidades blandas y contribuir al desarrollo tecnológico y social de su región.

El diseño de la investigación debe ser coherente con el planteamiento del problema y debe tener en cuenta los métodos y herramientas que se utilizarán para generar información relevante. En esta propuesta, se plantean proyectos de desarrollo tecnológico con una metodología con enfoque mixto: una fase exploratoria, seguida de una fase cuantitativa y finalmente una fase cualitativa. Lo anterior permite comprender el fenómeno de estudio y proponer soluciones factibles, acordes al entorno del lugar de estudio.

La metodología aplicada en este estudio, pensada para la formación de ingenieros en mecatrónica, sigue una estructura en fases secuenciales, como se puede ver en el diagrama de la Figura 1, y gracias a la aplicación de dichas fases se ha logrado un proceso de aprendizaje progresivo y orientado a la resolución de problemas. A continuación, se detallan las fases clave de esta metodología.

Figura 1. Metodología propuesta para asesoramiento.



FASE 1. INNOVACIÓN FRUGAL

En esta fase inicial, se realiza un diagnóstico del proyecto en el que se está involucrando al estudiante, y deben considerarse las necesidades locales, la accesibilidad para conseguir la materia prima requerida en la región, así como identificar los costos asequibles de los elementos principales necesarios para resolver los problemas tecnológicos y sociales que plantea el proyecto.

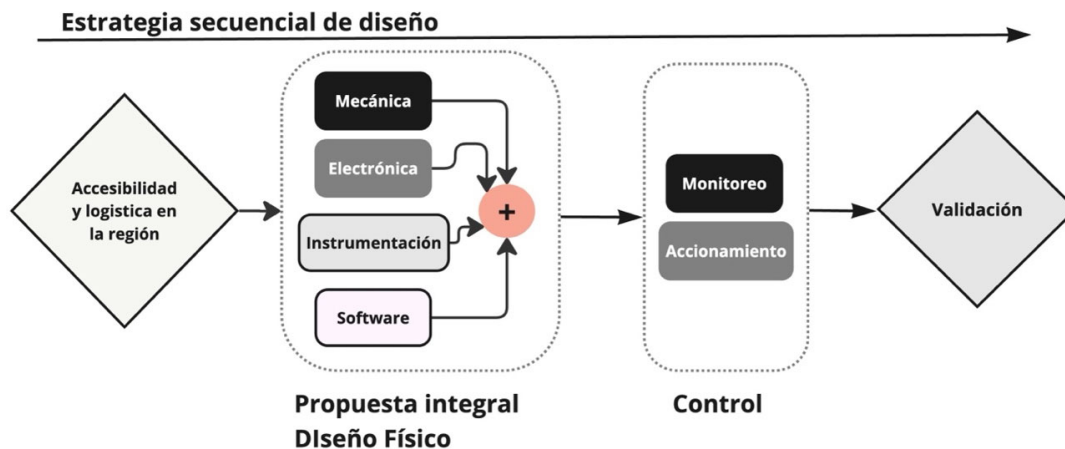
Identificación del problema: Es crucial que el equipo de estudiantes e investigadores identifique el problema específico que tenga un impacto claro en una comunidad o en un entorno de bajos recursos. Este problema puede encontrarse en áreas como la de salud, agricultura, educación, energía, etc.

Requerimientos esenciales: En esta etapa se debe definir las necesidades mínimas del sistema, considerando costos, accesibilidad, facilidad de mantenimiento y durabilidad. Es fundamental que el sistema a desarrollar sea robusto y capaz de resistir condiciones adversas.

Estrategia de diseño mecatrónico secuencial: Este enfoque es ideal cuando se busca controlar cada fase del desarrollo de proyectos y garantizar que se tomen en cuenta todos los aspectos del sistema (mecánico, electrónico, control y software) en un orden lógico, y ha sido utilizado en el diseño y construcción de robots y sistemas mecatrónicos (Cruz Villar, 2009).

Para cada aspecto del sistema a desarrollar, se hace una propuesta mecánica, electrónica, de instrumentación y software a usar, como puede verse en la Figura 2. Algo importante es fomentar la reutilización de materiales disponibles localmente o en otras partes del proyecto. El ensamblaje, pruebas o prototipo debe ser lo suficientemente fácil para que los usuarios locales puedan reproducirlo o repararlo, lo que nos lleva a la validación del sistema.

Figura 2. Estrategia secuencial para el diseño de proyectos.



FASE 2. VALIDACIÓN DE PROPUESTA

En esta fase, ocurre el proceso clave que implica verificar y cuestionar sobre la viabilidad técnica y la integración de soluciones dentro de un marco de innovación. Aquí se lleva a cabo la transición de una propuesta de diseño a un prototipo funcional: ensamblar todos los componentes hasta lograr el diseño físico y el sistema de control del sistema funcional, todo en un contexto de aprendizaje basado en retos, también conocido como enfoque ABR (Delgado, 2018), cuyo enfoque ha sido utilizado en talleres y programas de ingeniería para la formación de estudiantes donde se busca el desarrollo de habilidades colaborativas (Estrada, 2020), como se muestra en la Figura 3. Este enfoque permite obtener propuestas viables, donde no solo permiten que los estudiantes aprendan a construir, sino que los preparan para convertirse en individuos autónomos, críticos y responsables al desarrollar prototipos o proyectos.

FASE 3. CONTEXTUALIZACIÓN

En esta fase, se evalúa el funcionamiento del prototipo o proyectos; es decir, el objetivo es diseñar y construir soluciones (prototipos) que no solo respondan a un problema técnico, sino que también se adapten y sean relevantes para el entorno, las necesidades y los recursos disponibles.

Figura 3. *Desarrollo y validación basado en retos.*



Dado que se trata de proyectos de educación terciaria, el o los estudiantes del programa de movilidad o intercambio deben conocer el entorno en el que están desarrollando el proyecto pueden encontrarse las siguientes limitaciones.

LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

Muestra limitada: Debido a que no es controlable la cantidad exacta de alumnos en movilidad, y que se requiere generar un plan de trabajo adecuado al tiempo de estancia, se ha considerado una muestra de 1 a 3 estudiantes en promedio en diversos proyectos, lo que limita la generalización de los resultados a otras disciplinas de la ingeniería o a regiones diferentes. Por otro lado, el estudio se basa en un programa específico como el verano científico DELFIN, lo que tampoco permitiría generalizar a instituciones que no están dentro del programa en específico.

Tiempo limitado: Los estudiantes que generalmente participan en programas de movilidad, tienen un periodo de estancia corta (contando de 4 a 7 semanas), y dentro del tiempo de estancia los estudiantes deben ser capaces de: 1. Recolectar datos iniciales e indagar en el estado del arte del proyecto; 2. Generar un modelo que permita el monitoreo y validación de los datos; 3. Realizar el análisis de datos para los resultados finales; 4. Redacción del informe y presentación en congreso del programa.

Entonces, el tiempo de estancia podría no ser suficiente para lograr cambios en todas las competencias blandas, o posiblemente no podría capturar los efectos de la metodología a largo plazo.

Sesgos: Debido a que el estudio se enfoca en el desarrollo de habilidades blandas, las experiencias de los estudiantes pueden variar y los efectos pueden ser muy personales, y puede existir factores externos (clima, cuestiones sociales de la región, algún problema de salud, etc.) lo que genera variación de interacción para el trabajo en equipo, o sesgo en la percepción por la experiencia compartida de los demás integrantes del grupo de trabajo.

Algunos estudiantes, generalmente de ingeniería, podrían mostrar cierta resistencia al adoptar actividades que requieran colaboración, comunicación y participación.

Sin embargo, a pesar de las limitaciones expuestas anteriormente, se pueden destacar el fomento a fortalecer la comunicación efectiva, el trabajo en equipo, la empatía, adaptabilidad cultural, conocimiento y la experiencia de nuevos entornos, la adaptación y demás competencias blandas implícitas en un proyecto de movilidad e intercambio con una preparación integral como profesionales, mejorar la capacidad de comunicar ideas y coordinar esfuerzos con personas de diferentes disciplinas o culturas, lo que también impulsa la creatividad e innovación al enfrentarse a nuevos desafíos en el desarrollo de soluciones tecnológicas.

En este sentido, los veranos de investigación permiten que los estudiantes adquieran experiencia en un entorno de aprendizaje activo. A continuación, se describen algunas de las experiencias clave adquiridas durante estos programas de investigación, que contribuyeron significativamente a la formación integral de los futuros ingenieros robóticos de la región.

RESULTADOS

Dentro de la sección de resultados se muestra la implementación de las fases mencionadas anteriormente en el desarrollo de un proyecto ejemplo durante el verano científico Delfin, en el norte del Estado de México. Un grupo de tres estudiantes trabajando en un proyecto de *“Diseño y construcción de prótesis”*. Del grupo de estudiantes, todos estaban estudiando ingeniería mecatrónica en la Universidad de Guadalajara, Jalisco.

Para este trabajo se buscó el aprendizaje de qué son las prótesis, conocer a personas y el entorno de quienes necesitan prótesis, conocer las historias y problemática de la selección y compra de materiales para realizar un diseño propio y posteriormente, la construcción de prótesis de bajo costo, que además pudiera ser útil en pacientes reales.

A continuación, se describe cómo se implementaron las diversas fases en este proyecto y los resultados obtenidos, desde la conceptualización hasta la creación de prototipos funcionales.

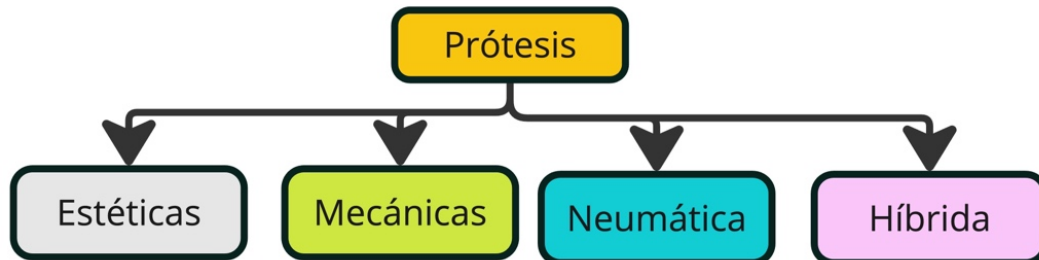
CASO DE ESTUDIO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PRÓTESIS EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE ATLACOMULCO

Para comenzar con un contexto general del proyecto de diseño de prótesis, se establece la definición como aquel o aquellos elementos desarrollados con el fin de mejorar o reemplazar una función, una parte o un miembro del cuerpo humano/animal afectado; por lo tanto, una prótesis está diseñada particularmente para crear una mayor percepción en totalidad al recobrar la movilidad y el aspecto. Con ello se estableció la primera fase de innovación frugal.

Identificación del problema: Se hizo un estudio entre estudiantes e investigadores y determinaron que de la región de Atlacomulco, el problema de necesidad de prótesis se pueden clasificar en 4 categorías (Estéticas, mecánicas, neumáticas, híbridas), como puede verse en la Figura 4, con esta identificación específica de la necesidad, se contó con la participación de 2 pacientes con los cuales se comenzaron a realizar los moldes de las partes humanas donde embonarían las prótesis (también conocidos como sockets), para ello, a los

alumnos de intercambio Delfin, se les orientó con un experto en prótesis, en cómo se han resuelto generalmente el tipo de problema, de esta forma el proyecto a realizar tendría un impacto claro en la comunidad.

Figura 4. Tipos de prótesis requeridas en la región de estudio.



Requerimientos esenciales: Se analizaron algunas normas y materiales posibles como las normas ISO 10328:2016, 22523:2006, e ISO 22675:2016, donde se puede revisar la evaluación de la conformidad de las articulaciones de tobillo-pie y de las unidades de pie, con respecto a los requisitos de resistencia. Los materiales para moldes serían yeso, fibra de vidrio e impresión 3D con filamento de ácido poliláctico (PLA). Para las piezas de prótesis, elementos mecánicos en poliuretano termoplástico (TPU) para brindar flexibilidad a determinadas partes requeridas por los pacientes.

Estrategia de diseño mecatrónico secuencial: Se realizaron los dibujos a través de computadora o CAD (Dibujo Asistido por Computadora). Como parte del diseño mecánico se escogieron los materiales si eran para molde, para pieza o parte de la prótesis, y agregar en el mismo dibujo las partes complementarias de estructura, tornillería y se tendría un aproximado estructural de las dimensiones, los pesos y centros de masas para su posterior análisis mediante software de computadora.

En la parte de diseño electrónico e instrumentación, en unas prótesis se requerían elementos mecánicos pasivos; sin embargo, se estudiaba la viabilidad del funcionamiento mediante señales EMG que respondían a los movimientos musculares de operación.

Para la parte de control, se analizó que los ángulos de las flexiones requeridas en la prótesis y al final quedaba con un control en lazo abierto colaborativo con los movimientos funcionales de los músculos en el socket del acoplamiento.

En la parte de validación, que es la segunda fase de los diseños realizados, fueron más sensoriales, ya que se requería que el usuario definiera algunos factores como la comodidad, la sensación relativa del peso, por lo cual se requería de una evaluación más empática y sensorial. Por ello, cada paciente tendría su propia solución, y se logró obtener una propuesta acorde a la implementación basada en retos, donde el paciente preguntaba, los estudiantes anotaban y, a través de conocimientos previos, daban ideas de solución, e iban adaptando dicha solución hasta cumplir con un funcionamiento más acorde a lo esperado; de lo contrario, se buscaban nuevas adaptaciones.

En la parte de contextualización, gracias a la capacitación con expertos, la interacción con los pacientes, el desarrollo de propuestas electromecánicas, el enfoque de aprendizaje basado en retos y la investigación del entorno fueron elementos fundamentales para lograr una comprensión más profunda del contexto geográfico en el que se estaba llevando a cabo el proyecto.

A través de estas actividades, se reconoció que la implementación de soluciones no solo depende de los aspectos técnicos, tecnológicos y conceptuales, sino también de factores externos específicos de cada lugar o entorno. Esta comprensión llevó a la conclusión de que una misma solución podría no ser adecuada para todos los lugares debido a las diferencias geográficas, culturales o sociales.

Asimismo, esta misma reflexión se extendió al diseño y funcionamiento de las prótesis, especialmente en lo que respecta a la sujeción, el ajuste personalizado y la adaptación al entorno. El uso de productos completamente personalizados, teniendo en cuenta las condiciones del ambiente y hasta el clima local, se presentó como un factor esencial para garantizar la efectividad y comodidad de las prótesis para los usuarios.

Derivado de ello, se obtuvieron algunas propuestas de costos para poder escalar dicho proyecto a un emprendimiento o nicho de mercado. Los canales de comercialización son cortos, siendo clave la relación con traumatólogos que operan en hospitales de la región, donde canalizan al usuario potencial con la empresa, además de la recomendación de boca en boca; en tanto, se mantiene una relación directa con los clientes. Las fuentes de ingreso se basan en el adelanto del 50% por prótesis a trabajar. Las prótesis serían realizadas con materiales de fácil degradación y reutilización debido a que el filamento y las mermas de la impresión 3D serán triturados y extruidos como un nuevo filamento. Del mismo modo, se pueden utilizar otros materiales de polímeros biodegradables con los que se pueda crear un filamento utilizable.

Propuesta a futuro: Esta propuesta resalta cómo se puede aplicar un enfoque metodológico flexible, centrado en el contexto local y la colaboración, para promover el aprendizaje científico en los estudiantes mientras se resuelven problemas reales de la comunidad.

Se propone aplicar esta misma metodología a la educación terciaria en veranos científicos; para proyectos de investigación en el noroeste del Estado de México es muy interesante y tiene un gran potencial. Esto puede lograrse a través de mi actual institución de adscripción que es el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE), el cual está incorporado al programa Delfín. Ecatepec es un municipio con una alta densidad poblacional, áreas con retos de infraestructura y una gran diversidad socioeconómica, con características de un entorno urbano. Esto puede ser relevante al comparar resultados del mismo Estado, pero en un entorno diferente, y posteriormente, comparar experiencias del mismo programa de verano científico.

CONCLUSIONES

Este manuscrito resalta la importancia de una formación integral para los estudiantes de ingeniería, que va más allá de los conocimientos técnicos. A través de programas como los Veranos Científicos y metodologías estructuradas en fases, se pueden lograr resultados de

innovación multidisciplinaria que tienen un impacto directo en la región y en la sociedad. Además, la formación en habilidades blandas, sumada a la preparación cultural y social, asegura que los futuros ingenieros no solo sean líderes técnicos, sino también profesionales conscientes, capaces de abordar los grandes retos del futuro.

La metodología utilizada en proyectos tecnológicos y de investigación aplicada ha demostrado ser eficaz al centrarse en la capacitación de expertos, la colaboración con la comunidad y la investigación del entorno. Esta misma metodología puede ser extendida a programas de veranos científicos en Ecatepec, un municipio urbano con retos específicos como el crecimiento acelerado de la población, la necesidad de infraestructura adecuada y la diversidad de contextos socioeconómicos. La propuesta buscaría integrar la educación terciaria con el desarrollo de soluciones tecnológicas y científicas adaptadas a las problemáticas de la ciudad.

Finalmente, se puede decir que uno de los resultados más destacables de la implementación de esta metodología fue el fortalecimiento del vínculo entre las universidades y la comunidad, la experiencia de colaboración para trabajo en equipo, sobre todo, la conexión con el entorno.

BIBLIOGRAFÍA

- Chan, I. E. (2022). Las competencias blandas en formato virtual dentro de la formación del ingeniero en México. *Revista Electrónica ANFEI DIGITAL*, 14.
<https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/782>
- López Cortez, J. E., & Estrada Álvarez, M. E. (2023). Retos, estrategias y resultados sostenibles en el programa de verano de investigación DELFÍN 2020: Artesanos del piteado. *Punto CUNORTE*, 9(17), 87–109. <https://doi.org/10.32870/punto.v1i17.173>
- Cruz Villar, C. A., Álvarez-Gallegos, J., & Villarreal-Cervantes, M. G. (2009). Diseño de sistemas mecatrónicos basado en tareas usando estrategias de evolución diferencial. *Computación y Sistemas*, 12(4), 381–396.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-55462009000200002
- Gibert Delgado, R. P., Hernández, M. R., Morales, J. G. T., & Mendoza, H. B. (2018). Aprendizaje basado en retos. *Revista Electrónica ANFEI DIGITAL*, (9), 1–11.
<https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/465>
- Herrera Estrada, J. C. (2020). Mecatrónica educativa: Robótica aplicada a la innovación y desarrollo social en Cajicá. *Sinergias Educativas*, 5(2), 29–39.
https://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/382/3821580003/3821580003.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Matus Fuentes, N. E. (2024). *Participación en la estancia académica presencial del XXVIII Verano de la Investigación Científica y Tecnológica del Pacífico*. Repositorio Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
<https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/5758>

- Grijalva Verdugo, A. A. (2017). Cultura científica desde la universidad. Evaluación de la competencia investigativa en estudiantes de Verano Científico. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 18(3), 15–36.
<https://revistas.usal.es/tres/index.php/eks/article/view/eks20171831535>
- González Ortiz, O., & Villamil Rozo, M. E. (2022). *Introducción a la ingeniería* (2.ª ed.). Ecoe Ediciones. <https://www.ecoediciones.com/producto/introduccion-a-la-ingenieria-2da-edicion-impreso/>
- Lasagna, M., Marcet, X., & Sánchez, C. (2013). *Innovación pública: Un modelo de aportación de valor*. RIL Editores. <https://rileditores.com/producto/innovacion-publica-un-modelo-de-aportacion-de-valor/>
- Zepeda-Hurtado, M. E., Cardoso-Espinosa, E. O., & Rey-Benguría, C. (2019). El desarrollo de habilidades blandas en la formación de ingenieros. *Científica*, 23(1), 61–67.
<https://cientifica-ipn.com/index.php/esime/article/view/17>