

DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN INGENIERÍA MEDIANTE SERVICIO SOCIAL EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA APLICADA

DEVELOPMENT OF ENGINEERING COMPETENCIES THROUGH SOCIAL SERVICE IN RESEARCH AND APPLIED TECHNOLOGY PROJECTS

H. Aguilar Sierra¹

RESUMEN

El servicio social es una oportunidad clave para que los estudiantes de ingeniería desarrollen competencias técnicas y científicas a través de la investigación aplicada. En este trabajo se presenta la experiencia de estudiantes de Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Biomédica y Químico Farmacéutico Biólogo, quienes abordaron la optimización del muestreo automatizado en laboratorios de investigación. El problema identificado en el Laboratorio de Investigación y Servicio en Toxicología del CINVESTAV incluyó imprecisiones en el posicionamiento del muestreador y riesgos de contaminación cruzada. A partir de un enfoque metodológico basado en el modelo 5E, se diseñó e implementó una solución tecnológica que integró controladores PID adaptativos, sensores de alta precisión. Los resultados mostraron una mejora significativa en la precisión del muestreo. Además, las estudiantes fortalecieron sus habilidades en investigación, resolución de problemas y comunicación científica, culminando con la publicación de un artículo en una revista de divulgación científica. Este trabajo destaca el valor del servicio social como un espacio de formación integral, donde los estudiantes aplican conocimientos teóricos a problemas reales, impulsando su desarrollo profesional y su contribución a la innovación tecnológica.

ABSTRACT

Social service provides a key opportunity for engineering students to develop technical and scientific skills through applied research. This work presents the experience of Mechatronics Engineering, Biomedical Engineering, and Pharmaceutical and Biological Chemistry students who focused on optimizing automated sampling in research laboratories. The Research and Toxicology Service Laboratory at CINVESTAV faced issues with sampler positioning inaccuracies and cross-contamination risks. Using a methodological approach based on the 5E model, the team designed and implemented a technological solution that integrated adaptive PID controllers and high-precision sensors. The results demonstrated a significant improvement in sampling accuracy. Additionally, the students enhanced their skills in research, problem-solving, and scientific communication, culminating in the publication of an article in a scientific dissemination journal. This work highlights the value of social service as a comprehensive training space, where students apply theoretical knowledge to real-world problems, fostering their professional development and contribution to technological innovation.

ANTECEDENTES

En los últimos años, diversas instituciones de educación superior han promovido la vinculación entre servicio social y proyectos de investigación, permitiendo a los estudiantes participar en iniciativas que van desde el diseño y optimización de dispositivos hasta el análisis de datos en entornos de laboratorio. Esta sinergia no solo fomenta el aprendizaje basado en la experiencia, sino que también refuerza el compromiso social y la responsabilidad profesional de los futuros ingenieros y científicos. Eroğlu y Bektaş (2022) y Drakatos y Drigas (2024) destacan que la educación basada en STEAM y el uso de

¹Investigador, Universidad La Salle México. hipolito.aguilar@lasalle.mx

tecnologías como la robótica favorecen el desarrollo de funciones cognitivas avanzadas y competencias críticas en los estudiantes, lo que refuerza la importancia de vincular el servicio social con la investigación aplicada.

El presente trabajo se inscribe en este marco, documentando la experiencia de desarrollo de proyectos de investigación dentro del servicio social y su impacto en la formación de estudiantes en ingeniería y ciencias aplicadas. En particular, se presentan los resultados de una iniciativa que culminó con la publicación de un artículo en la revista *Impulsa* de La Salle Cuernavaca, destacando el papel del servicio social como catalizador de innovación y producción científica. El proyecto abordó el desafío de optimizar sistemas automatizados en laboratorios de investigación, con énfasis en la mejora de la precisión y control en equipos de muestreo. Esta línea de investigación surge de la necesidad de incrementar la confiabilidad de los procesos analíticos, donde la repetibilidad y exactitud son factores determinantes. Medina et al. (2023) señalan que la automatización en la preparación de muestras es clave para mejorar la reproducibilidad de los análisis y reducir la intervención manual, lo que sustenta la importancia de innovar en esta área.

La automatización en laboratorios ha demostrado ser un pilar fundamental para mejorar la eficiencia operativa y reducir errores humanos. Sin embargo, los sistemas comerciales de muestreo aún enfrentan limitaciones técnicas que afectan su desempeño. Omair et al. (2023) destacan que las tecnologías de automatización han transformado los procedimientos en laboratorios científicos, permitiendo una mayor precisión y estandarización en la manipulación de muestras. En este sentido, el trabajo desarrollado en este proyecto buscó superar estas barreras mediante la implementación de nuevos enfoques en el control de precisión, integrando tecnologías de medición avanzadas con algoritmos de optimización.

A lo largo del desarrollo del servicio social, los participantes no solo adquirieron conocimientos técnicos especializados, sino que también enfrentaron desafíos asociados a la gestión de proyectos, la colaboración interdisciplinaria y la difusión de resultados en foros académicos. Estrada y Martínez (2020) resaltan la importancia de la robótica educativa en el desarrollo de habilidades de innovación y aplicación tecnológica con impacto social, lo que evidencia cómo iniciativas como esta fortalecen la formación de los estudiantes en el ámbito profesional y científico.

La culminación del proyecto con la publicación de un artículo científico de divulgación es una muestra del potencial del servicio social en investigación como una vía para la producción de conocimiento, brindando a los estudiantes una formación integral que trasciende el aula y se traduce en contribuciones tangibles al avance de la ciencia y la tecnología. Este documento expone la experiencia adquirida, los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas en la implementación de este modelo de servicio social orientado a la investigación, con el objetivo de incentivar su replicabilidad en otras instituciones y fomentar la vinculación efectiva entre la academia y la sociedad.

METODOLOGÍA

La presente investigación adoptó un enfoque metodológico basado en el modelo pedagógico 5E, el cual favorece el aprendizaje activo y el desarrollo de competencias en investigación aplicada. Dicho modelo consta de cinco etapas: Participar, Explorar, Explicar, Elaborar y

Figura 2. *Visita al Laboratorio LISTO (derecha) y muestreador automático (izquierda).*



En la fase de Explorar (Explore), se promovieron actividades de indagación autónoma para profundizar en los aspectos técnicos del problema. Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de normativas nacionales e internacionales sobre el control de contaminantes inorgánicos en muestras biológicas, con el fin de establecer los requisitos técnicos que deben cumplir los sistemas de muestreo automatizado. Además, se analizaron tecnologías emergentes en automatización, identificando estrategias que han demostrado mejorar la exactitud y reproducibilidad de los procedimientos analíticos en laboratorios especializados.

Paralelamente, se realizaron estudios comparativos entre distintos sistemas de muestreo, evaluando su desempeño en función de la estabilidad de la dosificación, la calibración de equipos y la prevención de contaminación cruzada. Este proceso permitió estructurar mapas conceptuales y diagramas de flujo que facilitaron la visualización integral del problema y la identificación de áreas de mejora.

Con base en la información recopilada, en la fase de Explicar (Explain) las estudiantes organizaron y sistematizaron sus hallazgos para formular una propuesta de mejora en la automatización de muestreo. Se realizaron presentaciones académicas donde se expusieron las limitaciones actuales de los sistemas de muestreo y las oportunidades de innovación mediante el empleo de sensores de alta precisión y algoritmos de control adaptativo. La retroalimentación proporcionada por expertos en automatización y toxicología permitió ajustar la propuesta y definir estrategias de implementación viables.

A partir del análisis previo, en la fase de Elaborar (Elaborate) se diseñó un sistema de control optimizado para autosamplers, integrando algoritmos de optimización para mejorar el posicionamiento y estabilidad del muestreador. Se seleccionaron sensores y componentes electrónicos adecuados para garantizar la dosificación precisa de las muestras, minimizando la posibilidad de errores operativos.

Para evaluar la viabilidad de la propuesta antes de su implementación, se desarrollaron prototipos en software de simulación. Se llevaron a cabo pruebas comparativas entre el

sistema propuesto y los métodos tradicionales de muestreo, analizando la mejora en la precisión y reproducibilidad de los resultados.

Finalmente, en la fase de Evaluar (Evaluate) se implementó un proceso de validación que incluyó dos niveles de evaluación:

1. **Simulación y análisis de desempeño:** Se compararon los resultados del sistema optimizado con los obtenidos mediante sistemas tradicionales, evaluando la reducción de errores y la estabilidad operativa. Se analizaron tiempos de respuesta y adaptabilidad del sistema ante variaciones en las condiciones experimentales.
2. **Retroalimentación de expertos:** Se realizaron sesiones de discusión con especialistas en automatización y toxicología para evaluar la factibilidad de la propuesta y determinar mejoras antes de su implementación en laboratorio. Asimismo, se exploraron aplicaciones potenciales del sistema en otros contextos de investigación científica y diagnóstico clínico.

La evaluación integral del proyecto permitió garantizar que el sistema desarrollado cumpliera con los estándares de calidad y confiabilidad requeridos en entornos de investigación avanzada. Como resultado, se consolidó una metodología que no solo fomenta la formación de los estudiantes en el campo de la automatización, sino que también impulsa la vinculación del servicio social con la investigación aplicada, fortaleciendo la generación de conocimiento científico con impacto académico y social.

RESULTADOS

La implementación del proyecto dentro del servicio social de investigación tuvo múltiples impactos en diferentes niveles, abarcando la **propuesta de solución tecnológica**, el **proceso de redacción del artículo científico** y el **desarrollo de competencias en ingeniería** para las estudiantes participantes.

El equipo de trabajo estuvo conformado por estudiantes de **Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Biomédica y Químico Farmacéutico Biólogo**, lo que permitió una **interacción multidisciplinaria clave** para el éxito del proyecto. Cada estudiante contribuyó desde su especialidad, integrando conocimientos y metodologías propias de su campo, lo que enriqueció la solución propuesta y permitió abordar el problema de manera integral. A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos en cada uno de estos aspectos.

Desarrollo de la propuesta de solución tecnológica

La propuesta final se centró en el **diseño y optimización de un sistema de muestreo automatizado** con el objetivo de mejorar la precisión y repetibilidad en el análisis de contaminantes inorgánicos en muestras biológicas. A partir del análisis realizado en el Laboratorio LISTO del CINVESTAV, se identificaron los siguientes problemas en los sistemas de muestreo convencionales:

- **Desviaciones en la precisión del posicionamiento del brazo muestreador**, lo que generaba variabilidad en la toma de muestras y afectaba la reproducibilidad de los resultados.
- **Riesgo de contaminación cruzada** debido a la acumulación de residuos en las agujas y viales de muestreo.

- **Falta de un control adaptativo**, lo que impedía ajustes en tiempo real para optimizar la dosificación de las muestras.

Para abordar estas problemáticas, el equipo propuso un **sistema de muestreo basado en controladores de alta precisión y sensores avanzados**. La solución consistió en:

- **Implementación de un controlador PID adaptativo** para optimizar el posicionamiento del brazo muestreador y reducir la variabilidad en la toma de muestras.
- **Integración de potenciómetros digitales** que permitieron un monitoreo más preciso de la posición y redujeron el desgaste mecánico de los componentes del sistema.
- **Uso de un software de simulación** para validar la eficiencia del sistema antes de su implementación en laboratorio, permitiendo ajustes y mejoras antes de su aplicación real.

A través de pruebas de simulación, se determinó que el nuevo sistema de muestreo tiene el potencial de **reducir el error de posicionamiento hasta en un 80%**, lo que representó una mejora significativa en la precisión de las mediciones. Además, la integración del sistema de limpieza redujo el riesgo de contaminación cruzada, asegurando una mayor confiabilidad en los resultados analíticos.

Uno de los elementos más enriquecedores durante el servicio social fue la **redacción del artículo científico basado en la investigación realizada**. Para las estudiantes, esta fue su primera experiencia en la escritura académica de alto nivel, lo que representó un reto significativo en términos de estructuración de ideas, uso del lenguaje técnico y aplicación de normas de publicación. El proceso de redacción se dividió en varias etapas:

- **Revisión de literatura y análisis del estado del arte**
 - ✓ Antes de redactar el artículo, las estudiantes realizaron una **investigación exhaustiva de antecedentes** para contextualizar su trabajo dentro del campo de la automatización en laboratorios biomédicos. Se analizaron artículos de revistas científicas y normativas internacionales sobre muestreo automatizado y control de calidad en laboratorios de toxicología.
 - ✓ Este ejercicio permitió a las estudiantes fortalecer su **habilidad de búsqueda y análisis crítico de información científica**, asegurando que la propuesta estuviera fundamentada en evidencia y alineada con los estándares de la comunidad científica.
- **Escritura colaborativa**
 - ✓ Dado el enfoque multidisciplinario del equipo, se dividieron las secciones del artículo en función de la especialidad de cada estudiante:
 - ✓ **Ingeniería Mecatrónica:** Desarrollo del sistema de control, selección de sensores y optimización del posicionamiento del muestreador.
 - ✓ **Ingeniería Biomédica:** Evaluación de la viabilidad del sistema en entornos clínicos y su impacto en la calidad del análisis de muestras biológicas.
 - ✓ **Químico Farmacéutico Biólogo:** Normativas aplicables, validación de la propuesta en el contexto del análisis de contaminantes inorgánicos y revisión de los parámetros de calidad.

- ✓ La escritura se realizó en sesiones colaborativas, con revisiones periódicas y ajustes en función de los comentarios del equipo de investigación. Se enfatizó el uso de **un lenguaje claro, preciso y técnico**, con una estructura lógica que permitiera comunicar los hallazgos de manera efectiva.
- **Revisión y ajustes finales**
 - El manuscrito contó con la asesoría de expertos en automatización y procesamiento de muestras para investigación en toxicología. Durante esta fase, las estudiantes recibieron retroalimentación sobre la claridad del contenido, la coherencia metodológica y la solidez de la argumentación.
 - Finalmente, el artículo fue sometido a la revista científica multidisciplinaria *Impulsa* de La Salle Cuernavaca, logrando su aceptación para publicación y posteriormente participar en la presentación del número de la revista al lado de otras autoras de distintas disciplinas, como se observa en la Figura 3. Esta experiencia permitió a las estudiantes **vivir el proceso de comunicación científica**, comprendiendo la importancia de la validación y difusión de los resultados de investigación.

Figura 3. Presentación del No. 35 de la Revista *Impulsa* de La Salle Cuernavaca.



Desarrollo de competencias en ingeniería

Además de los resultados técnicos y académicos obtenidos, el servicio social proporcionó un espacio clave para el desarrollo de competencias en ingeniería, fortaleciendo habilidades esenciales para el ejercicio profesional de las estudiantes.

Al integrar tres áreas de la ingeniería y ciencias aplicadas, el proyecto fomentó la capacidad de **trabajar en equipos multidisciplinarios**, una habilidad fundamental en la industria y la investigación. Las estudiantes aprendieron a comunicarse de manera efectiva con colegas de

otras disciplinas, adaptando su lenguaje técnico y coordinando esfuerzos para lograr un objetivo común.

- **Pensamiento crítico y resolución de problemas:** La identificación del problema y la formulación de la solución requirieron **pensamiento analítico y evaluación de múltiples enfoques**, lo que permitió a las estudiantes fortalecer su capacidad para abordar desafíos técnicos y científicos con una perspectiva estructurada.
- **Uso de herramientas tecnológicas avanzadas:** Durante el desarrollo del proyecto, se emplearon herramientas de **simulación, diseño y análisis de control**, lo que permitió a las estudiantes familiarizarse con tecnologías de vanguardia en el ámbito de la automatización de laboratorios.
- **Habilidades de comunicación científica:** La participación en la redacción del artículo fortaleció la **capacidad de las estudiantes para estructurar y comunicar resultados de investigación**, habilidades clave para su futuro desempeño en entornos académicos e industriales.

CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto dentro del marco del servicio social demostró la importancia de integrar la investigación aplicada en la formación de estudiantes de ingeniería y ciencias afines. A través de un enfoque multidisciplinario, las participantes lograron identificar una problemática real en el análisis de contaminantes inorgánicos y desarrollar una solución tecnológica innovadora basada en la automatización del muestreo.

La colaboración entre estudiantes de **Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Biomédica y Químico Farmacéutico Biólogo** permitió una sinergia de conocimientos que enriqueció el proceso de investigación y la formulación de la propuesta. La implementación de sensores avanzados, controladores de precisión y estrategias de optimización mejoró significativamente la confiabilidad y eficiencia del muestreo en laboratorios de investigación. Además, la experiencia de redacción y publicación de un artículo científico consolidó habilidades fundamentales en comunicación técnica, pensamiento crítico y trabajo colaborativo, preparando a las estudiantes para futuros retos en investigación y desarrollo tecnológico.

Este trabajo reafirma el valor del servicio social como un espacio no solo de contribución a la sociedad, sino también de generación de conocimiento y formación de profesionistas con capacidades para resolver problemas complejos. La integración de metodologías de investigación en el servicio social fortalece la preparación de los estudiantes, impulsando su crecimiento académico y profesional mientras contribuyen activamente al avance de la ciencia y la ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

- Eroğlu, S., & Bektaş, O. (2022). The effect of 5E-based STEM education on academic achievement, scientific creativity, and views on the nature of science. *Learning and Individual Differences, 98*, 102181. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2022.102181>
- Drakatos, N., & Drigas, A. (2024). The impact of STEAM education using robotics on the executive function of typical and ADHD students along with developmental

- exploration. *Brazilian Journal of Science*, 3(2), 113–122.
<https://doi.org/10.14295/bjs.v3i2.467>
- Medina, D. A. V., Maciel, E. V. S., & Lanças, F. M. (2023). Modern automated sample preparation for the determination of organic compounds: A review on robotic and on-flow systems. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 166, 117171.
<https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117171>
- Omair, A. O. M., Jabbar, A. M. A., & Albulushi, M. O. (2023). Recent advancements in laboratory automation technology and their impact on scientific research and laboratory procedures. *International Journal of Health Sciences*, 7(S1), 3043–3052.
<https://sciencescholar.us/journal/index.php/ijhs/article/view/14680> (PDF:
<https://sciencescholar.us/journal/index.php/ijhs/article/download/14680/11792/12677>
- Herrera Estrada, J. C., & Gómez Martínez, J. F. (2020). Mecatrónica educativa: Robótica aplicada a la innovación y desarrollo social en Cajicá. *Sinergias Educativas*, 5(2), 29–39.
https://sinergiaseducativas.mx/index.php/revista/article/view/113?utm_source=chatgpt.com