

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v9i18.0352>

INTEGRACIÓN DE ROBÓTICA COLABORATIVA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA QUÍMICA

INTEGRATION OF COLLABORATIVE ROBOTICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE AUTOMATION OF CHEMICAL ENGINEERING LABORATORIES

Barba-Salazar Joel Alejandro ¹; Merizalde-Zamora Yury Humberto ²;
Eras-Guaman César Augusto ³; Paredes-Aguilar David Alejandro ⁴

¹ Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Correo: joel.barbas@ug.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0816-7978>

² Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Correo: yuri.merizaldez@ug.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9845-8073>.

³ Tecnológico Sudamericano. Guayaquil, Ecuador.

Correo: cesar.eras@tecsu.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-0999-0196>.

⁴ Universidad Estatal Península de Santa Elena. Santa Elena, Ecuador.

Correo: dparedes1477@upse.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-6829-7369>.

Resumen

La evolución tecnológica ha avanzado a pasos agigantados, hoy en día los sistemas computacionales basados en la inteligencia artificial han logrado cosas que se pensaron imposibles de lograr mediante este tipo de tecnologías, tal es el caso de los robots colaborativos, los cuales han representado una salida a los procesos de determinados entornos en donde las operaciones repetitivas marcan la pauta. Este tipo de tecnología al integrarse con la inteligencia artificial no solo realiza con una gran rapidez tareas que llevaban horas, sino que se procesan mega datos en tiempo record, proporcionando reportes y resultados con mucha más precisión. El objetivo de esta investigación fue conocer la integración de robótica colaborativa e inteligencia artificial para la automatización de laboratorios de ingeniería química, mediante una metodología bibliográfica de tipo documental, a través de la revisión de varias fuentes como revistas, libros, publicaciones académicas, entre otras, usando a Google Académico como principal repositorio. Como hallazgo principal se debe mencionar, que los cobots, son un tipo de robot que fue diseñado para el trabajo en conjunto con el ser humano, por medio de la integración de la inteligencia artificial, sin embargo, se puede decir que aún persiste una brecha tecnológica que debe ser atendida para lograr la automatización total de los laboratorios químicos.

Palabras clave: inteligencia artificial, cobots, robots colaborativos.

Abstract

Technological evolution has advanced by leaps and bounds. Today, computer systems based on artificial intelligence have achieved things that were once thought impossible with this type of technology, such as collaborative robots. These robots have provided a solution for processes in certain environments where repetitive operations are the norm. When integrated with artificial intelligence, this type of technology not only performs tasks that previously took hours with great speed, but also processes massive amounts of data in record time, providing reports and results with much greater accuracy. The objective of this research was to explore the integration of collaborative robotics and artificial intelligence for the automation of chemical engineering laboratories, using a documentary-based bibliographic methodology. This involved reviewing various sources, including journals, books, and academic publications, with Google Scholar as

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 09 de abril de 2026.

Fecha de aceptación: 19 de junio de 2026.

Fecha de publicación: 10 de julio de 2026.



the primary repository. The main finding is that cobots are a type of robot designed to work alongside humans through the integration of artificial intelligence. However, a technological gap still exists that must be addressed to achieve the complete automation of chemical laboratories.

Keywords: artificial intelligence, cobots, collaborative robots.

1. Introducción

Los laboratorios de ingeniería química siempre se han caracterizado por mantener altos estándares de rigurosidad en sus procesos, es un entorno de tensiones constantes, donde la rigurosidad científica se conjuga con el peligro latente de manipular sustancias que pueden suponer un peligro para los seres humanos, la rutina diaria del investigador ha dependido casi por completo de sus propias manos, lo que en muchos casos el cansancio propio del ser humano en las jornadas laborales puede terminar alterando resultados de sus análisis. Es por ello que, se ha pensado en la automatización de dichos procesos, sin embargo, la experiencia con la automatización clásica, ésta en donde los brazos mecánicos realizaban ciertas labores no resulto muy eficaz, ya que ese tipo de automatización resulto ser extremadamente rígida para los procesos de un laboratorio dedicado a los análisis químicos.

En los últimos años la tecnología ha logrado avances significativos al integrar los robots colaborativos (cobots) y la inteligencia artificial. A diferencia de las antiguas máquinas industriales, estos nuevos robots están diseñados para trabajar en conjunto con los seres humanos sin que estos supongan una amenaza a la seguridad de los humanos. Ya no se habla de un aparato programado solo para realizar una tarea sin discernimiento, sino que se está ante un sistema capaz de aprender de sus propios errores, esquivar obstáculos de forma imprevista y tomar decisiones complejas sobre la marcha analizando datos en tiempo real.

Esta unión no solo promete optimizar el trabajo, sino que transforma por completo la atmósfera del laboratorio. Mientras el cobot asume las tareas más peligrosas de un laboratorio, la inteligencia artificial actúa con estrategia, siendo capaz de anticipar fallos en los equipos o recalcular cualquier dato, lo que

permite mucha más precisión en los resultados.

Sin embargo, la transición hacia un laboratorio inteligente va mucho más allá de comprar un equipo con ciertas características aplicadas a la química, el reto es vencer la resistencia natural del capital humano científico que puede resistirse a aunar esfuerzos con una máquina. Por otro lado, otro de los desafíos que se presentan es lograr la compatibilidad de los diferentes paquetes de software que a menudo lograr dicha compatibilidad representan grandes sumas de dinero como inversión.

Sin embargo, al realizar la revisión de la literatura relacionada, existe una gran variedad de información fragmentada, es decir, por un lado, existen una gran cantidad de estudios dedicados a la ingeniería de los robots colaborativos, mientras que otros teorizan sobre la IA de un modo tan abstracto que parece ignorar las restricciones reales y los accidentes propios de un entorno químico real.

Ante este panorama, resulta necesario establecer criterios que

unifiquen, de manera integral, ambas características, ya que, en este caso, no están dispersas sino más bien, se complementan en funcionalidad y eficacia. Por lo tanto, el propósito fundamental de este artículo es dilucidar cómo se están integrando realmente la robótica colaborativa y la inteligencia artificial en los laboratorios a nivel de la aplicación de la química.

2. Metodología

La metodología empleada para el desarrollo de este artículo se enfoca en la revisión bibliográfica documental de diferentes fuentes, entre ella las publicaciones relacionadas con el tema en revistas indexadas, como Dialnet, Scielo, entre otras. también hay que destacar la revisión y análisis que se realizó en diferentes publicaciones académicas, las cuales se lograron ubicar en repositorios de diversas universidades a nivel mundial.

Por otro lado, también se consultaron informes sobre desarrollo de inteligencia artificial, así como informes gubernamentales de tipo científico técnico en donde hacen mención a la integración de

los robots y la inteligencia artificial. Uno de los principales repositorios que se consultaron fue Google Académico, en donde se encuentra una importante cantidad de publicaciones a nivel científico de gran relevancia.

3. Resultados y discusión

La evolución tecnológica en las ciencias aplicadas que se ha evidenciado en las últimas décadas, ha demostrado que es posible la integración de las nuevas tecnologías para potenciar el ingenio humano, esto unido con la inteligencia artificial actúa como una sinergia estratégica entre los métodos tradicionales y los desafíos de la actualidad, pero reenfocando los procesos hacia una automatización necesaria siguiendo los estándares impuestos por las nuevas tecnologías.

En torno a este tema, se deben conocer los términos que confluyen en la investigación, al respecto, Redondo (2024) explica que la robótica está integrada en los currículos educativos de todos los países desarrollados, ya que consideran que la integración de un

elemento como un robot en el proceso de enseñanza aprendizaje, es un elemento que aporta y potencia las capacidades de los estudiantes. (p. 6779).

Al respecto, Mazabanda et al. (2025) describen lo siguiente:

“La robótica colaborativa emerge como una tecnología transformadora que está redefiniendo los paradigmas tradicionales de la automatización industrial. Los robots colaborativos (cobots) representan una nueva generación de sistemas robotizados diseñados específicamente para trabajar en estrecha colaboración con operadores humanos, eliminando las barreras físicas tradicionalmente necesarias en la robótica industrial convencional.” (p. 3).

Rios et al. (2025, p. 2) mencionan que los robots colaborativos han cobrado una gran importancia en los procesos asociados a los laboratorios, ya que han demostrado una gran capacidad para la seguridad y el trabajo con los seres humanos, lo que optimiza los trabajos que se caracterizan por ser

repetitivos y minuciosos. A todo ello se le suma la gran relevancia que ha tomado este tipo de robots mediante la integración de la inteligencia artificial, ya que según Meza et al. (2025), esto ha permitido que los procesos se automaticen, por lo que este hecho ha supuesto un avance en su productividad.

Echeverría y Mérida (2025) exponen en su investigación, que la robótica ha mantenido un crecimiento constante, lo que ha contribuido al avance tecnológico en esta área, por lo que estos presentan una síntesis de su evolución y a continuación se detalla:

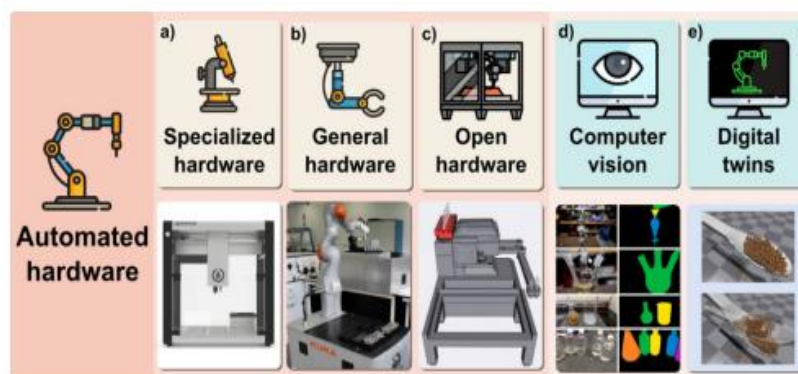
- Primera generación (1960-1970): En esta época surgen los primeros robots industriales, cuya principal característica es que fueron diseñados para funcionar en entornos controlados y para tareas repetitivas, hay que destacar que su gran tamaño y peso los distinguía.
- Segunda generación (1970-1980): En esta etapa, surge una serie de robots mucho más versátiles, también se adopta la utilización de sensores.

- Tercera generación (1980-presente): Con el objetivo de que los robots se adapten a un entorno cambiante, se integraron la inteligencia artificial, la visión artificial, el aprendizaje automático para la realización de tareas complejas.
- Cuarta generación (presente y futuro): Es aquí en donde se ubican los cobots y los sistemas autónomos, ya que estos robots son la perfecta integración entre robótica e inteligencia artificial para el trabajo en conjunto con los seres humanos.

Los laboratorios autónomos, son un tipo de laboratorio en el que se acelera el método científico mediante la utilización y puesta en marcha de sistemas de trabajo automatizados experimentales. De igual manera, Tan et al. (2025) menciona que la integración de la IA a los robots no solo contribuye a la eficiencia en el trabajo de un laboratorio, sino que también construye una plataforma de aprendizaje mediante el cual se optimiza la experimentación. Oña et al. (2025) describen que este tipo de laboratorios están configurados de la siguiente manera:

- Hardware especializado: existen diversas soluciones automatizadas (hardware químico especializado) para tareas rutinarias específicas, que, si bien son efectivas, carecen de adaptabilidad y tienen un alto coste.
- Robots de propósito general aplicados a la química: En contraste con lo anterior, es común utilizar brazos robóticos de propósito general para química de materiales debido a su flexibilidad y naturaleza multipropósito.
- Hardware abierto: los elevados costes del hardware específico han generado también la integración de alternativas de bajo coste y open hardware basado en impresión 3D para el equipamiento.
- Sistemas de percepción y visión por computador: este tipo de sistemas son esenciales en entornos industriales y también para la ejecución autónoma de experimentos químicos, enfrentándose a importantes desafíos como la manipulación de objetos transparentes.
- Gemelo digital para aprendizaje de habilidades de manipulación: las tareas y objetos a manipular en un SDL, requieren un repertorio de muchas habilidades de laboratorio. Los robots deben adquirir esas habilidades mediante el uso efectivo de diferentes entradas sensoriales. Para ello, el uso de gemelos digitales es necesario para el entrenamiento y aprendizaje en base al modelado digital del entorno combinado con bases de datos experimentales.” (p. 4).

Figura 1. Componente Hardware de un Laboratorio Autónomo

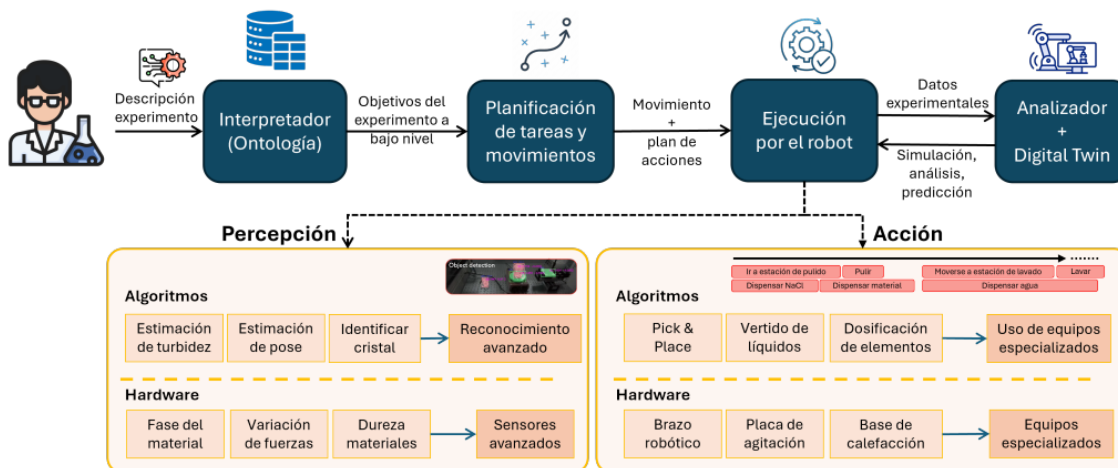


Fuente: Tomado de Oña et al., 2025, p.

De igual manera, en la siguiente figura, se pueden apreciar las etapas

de ejecución de un experimento químico realizado por un robot.

Figura 2. Etapas para ejecución autónoma de experimentos químicos por un manipulador robótico



Fuente: Tomado de (Oña et al., 2025, p. 6)

Entre las aplicaciones más destacadas de este tipo de robots colaborativos, Agüero y Pedraza (2023) las describen según la siguiente relación:

- Monitoreo: detección de condiciones cambiantes de espacio en el lugar de trabajo.
- Visión artificial: detección y reconocimiento sobre la presencia y orientación de un objeto o pieza, realizar tareas de inspección y selección como así también analizar los resultados de una operación y tomar las decisiones correspondientes.
- Adaptación: ajuste de la orientación respecto a la tarea que debe ejercer, controlar la fuerza requerida para alguna

aplicación o detectar posibles colisiones y evitarlas.

- Aprendizaje: predicción y diagnóstico de errores en la producción, identificando patrones en forma automática.
- Implementación: comienzo de una tarea en poco más de una hora, sin necesidad de programadores o personal externo. Gracias a la comunicación inteligente, los cobots pueden conectarse entre sí e intercambiar flujos de datos.
- Supervisión de maquinaria: realización de aplicaciones de supervisión de maquinaria, control, organización de tareas y mejoras en la eficiencia de los equipos cercanos. (p. 22).

Los cobots son robot dotados de una serie de versatilidades que les da no solo su configuración de hardware sino también su integración con la inteligencia artificial, lo que los hace más valiosos para mejorar la seguridad y productividad de los espacios laborales en los que se encuentran, gracias a sus interfases relativamente sencillas son fáciles de manipular, reduciendo el esfuerzo manual y las cargas excesivas lo que reduce considerablemente las

posibilidades de lesiones en los trabajadores por realizar tareas de forma repetitiva (Abdullayev et al., 2024, p. 10).

Es importante mencionar, que tanto los cobots como los robots de uso industrial son robots que tienen funcionalidades diferentes, sin embargo, pueden compartir algunas características, tal como se denota en la siguiente figura:

Tabla 1. Robot vs. Cobots

Aspecto	Robots	Cobots
<i>Definición</i>	Los robots industriales tradicionales están diseñados para tareas de automatización y suelen operar de forma aislada	Son robots colaborativos, diseñados para trabajar junto a otras personas en un espacio de trabajo compartido
<i>Seguridad</i>	Operar en zonas aisladas con barreras de seguridad para proteger a los trabajadores	Equipado con funciones de seguridad avanzadas para interactuar de forma segura con los humanos
<i>Programación</i>	Tipicamente requiere programación especializada, conocimiento y pericia	Las interfases de programación fáciles de usar permiten una configuración y reprogramación más sencilla
<i>Flexibilidad</i>	Suelen estar fijos en un lugar y dedicados a tareas específicas	Altamente adaptable, se pueden reconfigurar y mover fácilmente para realizar diferentes tareas
<i>Interacción Humana</i>	Interacción limitada con humanos, generalmente trabaja de forma independiente	Diseñado para la colaboración directa con trabajadores humanos, ayudándoles con sus tareas
<i>Costo</i>	Generalmente los costos iniciales y requisitos de mantenimiento son más elevados	Por lo general son más rentables y fáciles de atender
<i>Aplicaciones</i>	Comunmente usado en fabricación a gran escala para tareas repetitivas o de alta velocidad	Se utiliza en diversos sectores, como la fabricación, la sanidad, la logística, para tareas que requieran precisión y colaboración
<i>Productividad</i>	Centrados en tareas de producción de alta velocidad y gran volumen	Mejora la productividad combinando la calidad humana con la eficiencia robótica
<i>Escalabilidad</i>	La aplicación de escala suele generar cambios significativos en la infraestructura.	Facilmente escalable mediante la adición de más cobots o la reconfiguración de la configuración ya existente.
<i>Factores humanos</i>	Menos consideración para humano ergonomía e interacción.	Diseñado para mejorar la comodidad humana, reducir el esfuerzo físico y mejorar la ergonomía.

Fuente: Tomado de (Abdullayev et al., 2024, p. 12)

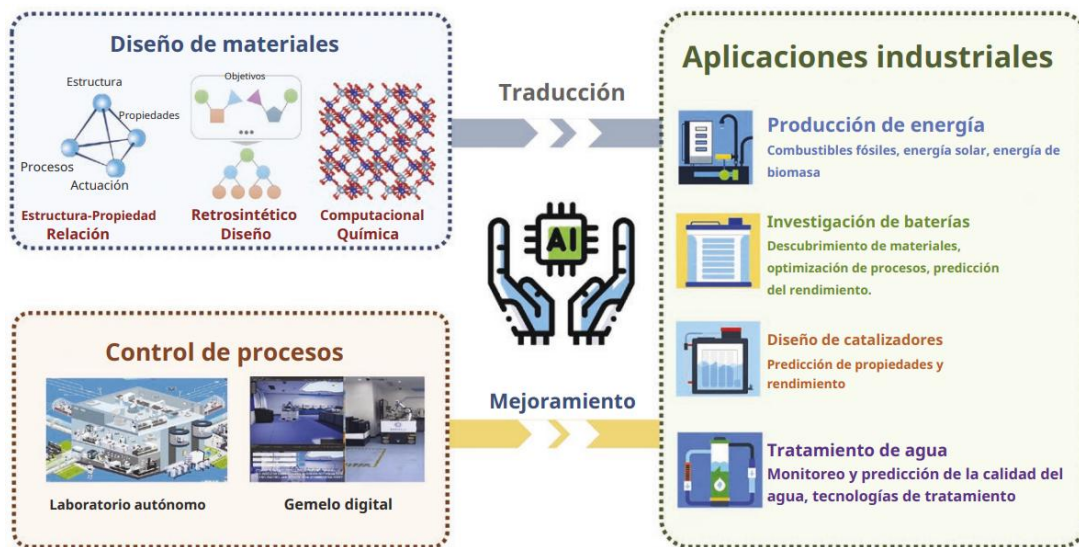
Takahashi et al. (2025) afirman que el uso de la automatización resulta muy conveniente en la industria química, ya que por medio de esta se pueden lograr avances muy significativos no solo en el ámbito de las tareas repetitivas como por ejemplo, en el pesaje y las mezclas de reactivos, o en la realización de mediciones y caracterizaciones rutinarias, también destacan la importancia de la reducción de errores en un ambiente de laboratorios, uno de las ventajas es el manejo y procesamiento de grandes cantidades de datos, permitiendo lograr resultados en menor tiempo y con más eficiencia (p. 1570).

A pesar de que existen múltiples beneficios derivados del uso de cobots en los laboratorios, también existen desventajas que se deben tener en consideración, al respecto, Lokesh et al. (2025) las mencionan de la manera siguiente:

- Alta inversión Inicial: Los costos asociados a la integración de tecnología colaborativa son realmente altos, sin embargo, su costo beneficios son de manera inmediata.
- Desplazamiento Laboral: Este es un punto álgido, ya que cuando se genera una automatización de procesos, muchos colaboradores que ocupan puestos en un laboratorio pasan a ser desplazados.
- Falta de Flexibilidad: En muchos casos, los robots pueden presentar dificultades para readaptarse a nuevos patrones de trabajo.
- Pérdida de Supervisión Humana: Debido a que las máquinas carecen de humanidad, estas pueden dejar pasar errores sutiles que un ojo experto de un ser humano tendría en cuenta.
- Riesgos para la Seguridad: A pesar de que los cobots mejoran notablemente la seguridad, también pueden surgir nuevos riesgos que deben tomarse en consideración.

Los entornos de trabajo en laboratorio con el uso de cobots e inteligencia artificial se pueden resumir en la siguiente figura:

Figura 3. Ciclo de desarrollo de materiales asistido por Inteligencia Artificial



Fuente: Tomado de Ding et al. (2025).

Sin embargo, a pesar de que los avances en la integración de los sistemas de inteligencia artificial y los robots está en un estado avanzado, se ha logrado identificar que aún se evidencia una brecha significativa, y es que la automatización robótica aún no ha mostrado un acople con la IA o los principios de la industria 5.0, lo que sugiere que la automatización robótica de procesos, debe estar acorde con los lineamientos y avances de la industria 5.0 (Patrício et al., 2025, p. 5).

Según Zambrano et al. (2025) aseveran que a pesar de la adopción de la IA en la industria, esta se ve frenada por diferentes razones, pero principalmente son tecnológicas y

sobre todo organizacionales, mencionan que uno de los problemas que más se encuentran es el relacionado con la adecuada experiencia en el área de IA, al menos un 42% reporta este dato, de igual manera, también describen que se debe invertir en el talento humano y en equipos tecnológicos acordes con las actualizaciones actuales que permitan lograr la integración de este tipos de tecnologías e IA colaborativa y generativa (p. 520).

Lo anterior también lo mantiene Peñalver (2025), al mencionar que para la automatización de los procesos mediante las IA, se deben tomar las decisiones pertinentes en cuanto a la inversión no solo en la adquisición de equipos de alta

tecnología, sino que debe existir una sinergia entre los elementos tecnológicos y de software que permitan la correcta aplicación de los cobots en los laboratorios (p.2).

4. Conclusiones

La llegada de esta cuarta generación robótica no es un simple cambio de equipos; es un vuelco total a la forma en que se concibe el trabajo diario en las ciencias aplicadas. Al integrarse los cobots con la inteligencia artificial, se logró un avance significativo en la manera en que estas maquinas realizan una tarea. La combinación va muchísimo más allá de solo delegar la tarea de mezclar reactivos; sino que se ha creado una plataforma de aprendizaje. Al incorporar ojos digitales mediante la visión artificial y entornos virtuales con los gemelos digitales, el robot deja de ser un peligro y se convierte en un compañero capaz de entender los imprevistos de un reactivo inestable. Esto no solo mitiga de golpe el miedo a los accidentes químicos, sino que le devuelve al investigador el tiempo para sentarse a discernir en los avances y problemas científicos.

Sin embargo, los costos altos forman una barrera muy importante, el golpe financiero de la inversión inicial es importante y no todas las instituciones pueden asumirlo. Además, está la frustración de ver cómo un robot, ante un cambio sutil no programado en el experimento, puede quedarse completamente paralizado, perdiendo ese sentido común e intuición que solo el ojo experto de un científico posee. Por otro lado, existe una verdadera preocupación en torno al factor humano, y es que existe un temor real al pensar que algunos puestos de trabajo pueden desaparecer.

Al revisar lo que dice la literatura científica actual, llama la atención que el freno en el progreso de la automatización total de los laboratorios no son precisamente los cobots, sino la brecha tecnológica que aún persiste, que casi la mitad de los entornos industriales, un 42% sostenga que no tienen la capacitación para manejar la IA es una señal de alerta.

Bibliografía

- Abdullayev, V., Faizal, A., Seyidova, I., Michaelov, S., Mammadova, R., Pirverdieva, L., & Guliyev, E. (2024). Integración de la inteligencia artificial y la robótica en el sector industrial. Datos y metadatos, 3(209). doi:10.56294/dm2024.209
- Aguero, N., & Pedraza, S. (2023). Automatización de laboratorio químico mediante brazo robótico. Buenos Aires: Proyecto Final de Carrera Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de San Martín. Recuperado el 8 de Junio de 2026, de <https://ri.unsam.edu.ar/bitstream/123456789/2489/1/TING%20ESCYT%202023%20AN-PS.pdf>
- Ding, C., Gui, X., & Jiang, J. (2025). Avances en la tecnología de ingeniería química mediante inteligencia artificial. Energía limpia, 9(5), 55-74. doi:https://doi.org/10.1093/ce/zkaf036
- Echeverría Guzmán, A. Y., & Mérida Córdova, E. J. (2025). La robótica industrial como un motor de innovación y productividad: un estudio bibliométrico. European Public & Social Innovation Review(10), 01-14. doi:https://doi.org/10.31637/e-psir-2025-2394
- Lokesh, U., Jaswanth, B., & Babu Rao, C. (2025). Automatización y Robótica en la Industria Farmacéutica. Revista de Técnicas Modernas en Biología y Ciencias Afines, 2(1), 26-31. doi:https://doi.org/10.70604/jmtbas.v2i1.51
- Mazabanda Plasencia, M. G., Romero Bedón, F. R., & Paredes Anchatipán, A. D. (7 de Enero de 2025). Análisis de la integración de la robótica colaborativa en entornos industriales electromecánicos para mejorar la seguridad y la productividad. Revista Ingenio Global, 4(1). doi:https://doi.org/10.62943/ri-g.v4n1.2025.162
- Meza Terbullino, G. F., Franco Medina, J. L., Mencia Sánchez, N. G., Rivera Casavilca, R., & Lavado Puente, C. S. (23 de Septiembre de 2025). Integración de la inteligencia artificial en procesos de ingeniería: Un análisis crítico. e-Revista Multidisciplinaria del Saber, 3. doi:https://doi.org/10.61286/e-rms.v3i.221
- Oña, E. D., Mena, L., & Copaci, D. (2025). Desafíos en manipulación robótica inteligente en laboratorios autonomos. Jornadas de Automática(46).

- doi:<https://doi.org/10.17979/ja-cea.2025.46.12244>
- Patrício, L., Varela, L., Silveira, Z., Felgueiras, C., & Pereira, F. (2025). Un marco para la integración de la automatización robótica de procesos con la inteligencia artificial aplicada a la Industria 5.0. *Appl. Sci*, 15(13). doi:<https://doi.org/10.3390/ap15137402>
- Peñalver Higuera, M. J. (2025). Cuando la Inteligencia Artificial se encuentra con la Ingeniería. *INGENIUM ET POTENTIA*, 7(12). doi:<https://doi.org/10.35381/i.p.v7i12.4483>
- Redondo Polo, J. A. (10 de Septiembre de 2024). Robótica Educativa en Colombia: Percepciones y Desafíos en los Niveles de. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5). doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14096
- Rios Rosas, I. J., Calvo López, F. D., Percino Zacarías, M. J., Pérez Gutiérrez, E., Pinto Avendaño, D., & Salazar Ibargüen, H. (2025). Implementación de un robot colaborativo a procesos poliméricos. *Computación y Sistemas*, 28(4). doi:<https://doi.org/10.13053/cys-28-4-5281>
- Takahashi, L., Kuwahara, M., & Takahashi, K. (2025). Inteligencia artificial y automatización: democratizando la automatización y la evolución hacia la robótica verdaderamente autónoma basada en IA. *Chemical Science*, 16(35). Recuperado el 10 de Junio de 2026, de <https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2025/sc/d5sc03183d>
- Tan, L., Weining, C., Nangian, C., Qui, W., Fang Fang, G., Xing, Y., . . . Zhan, Z. (2025). El laboratorio inteligente impulsado por inteligencia artificial para la síntesis de química orgánica. *Applied Sciences*, 15(13). doi:<https://doi.org/10.3390/ap15137387>
- Zambrano Vélez, J. D., Arteaga Delgado, J. C., Mero Mero, J. L., & García Mera, J. A. (29 de Diciembre de 2025). Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático en la Industria: Aplicaciones de la inteligencia artificial en la industria, como la automatización de procesos y la toma de decisiones. *RECIAMUC*, 9(4), 514-522. doi:[10.26820/reciamuc/9.\(4\).diciembre.2025.514-522](https://doi.org/10.26820/reciamuc/9.(4).diciembre.2025.514-522)