CIENCIAS APLICADAS
Ciencia Vital, Vol. 4, No. 3, julio-septiembre 2026
https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.03.apl.02
e0403APL02

La nueva era de la movilidad autónoma:

ingeniería mecánica y diseño industrial

Luis Arturo Meléndez Valdez[1]





1 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
al251477@alumnos.uacj.mx.
https://orcid.org/0009-0008-6429-5369

RESUMEN

Los robots de entrega ya no son una idea futurista: circulan entre peatones, esquivan baches y transportan pedidos en silencio. Detrás de esa aparente simplicidad se esconde una compleja unión entre la ingeniería mecánica y el diseño estético. Este texto explica cómo la suspensión, tradicionalmente vista como un componente técnico, se convierte en un puente entre funcionalidad y estética.

Introducción

La pandemia de COVID-19 incrementó significativamente la demanda de transporte urbano de mercancías, impulsada por el crecimiento del comercio electrónico y las compras en línea, lo que derivó en envíos más frecuentes y de menor tamaño en las zonas urbanas [1]–[3].

Actualmente, estos sistemas ya se utilizan en diversas ciudades, donde robots autónomos realizan entregas sin supervisión humana directa (Figura 1). Los confinamientos y las restricciones de movilidad reforzaron la preferencia por entregas rápidas y sin contacto, intensificando los desafíos de la logística de última milla y afectando las redes de transporte urbano [4].

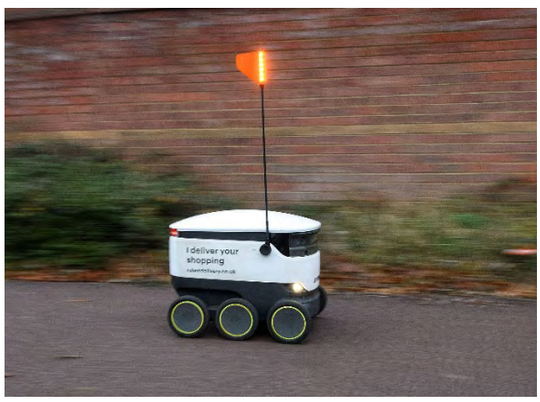

Figura 1. Robot autónomo de entrega urbana de la empresa Starship Technologies, utilizado en entornos reales para distribución de última milla. Fuente: Starship Technologies, "Autonomous Delivery Robots". Disponible en: https://www.starship.xyz/our-robots/. Consultado: 10 de noviembre de 2025.

En este contexto, el mercado de la entrega exprés ha crecido de forma acelerada. Las ventas globales en línea alcanzaron 5.311 billones de dólares en 2022 y se proyecta que superen los 8 billones para 2027, lo que incrementa la presión sobre los sistemas de distribución [5]. Estos factores (Figura 2) han sido analizados mediante distintos enfoques, destacando la influencia combinada de aspectos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales [3].

Este artículo tiene como objetivo explicar cómo la suspensión de los robots autónomos de reparto funciona como un elemento clave que integra la ingeniería mecánica con el diseño industrial, permitiendo mejorar su desempeño en entornos urbanos y su aceptación por parte de los usuarios.

Desafío urbano: estabilidad y navegación

Los robots autónomos deben adaptarse a múltiples tipos de terreno en entornos urbanos. Por lo regular, los robots con ruedas funcionan bastante bien en superficies lisas y ofrecen estabilidad; el desafío aparece en terrenos irregulares. Los robots con patas, en cambio, pueden desplazarse por distintos tipos de terreno e irregularidades ajustando su postura, marcha y

puntos de apoyo para mantener el equilibrio y la estabilidad (Figura 3). Sin embargo, este tipo de diseños conlleva una mayor complejidad [6], [7].

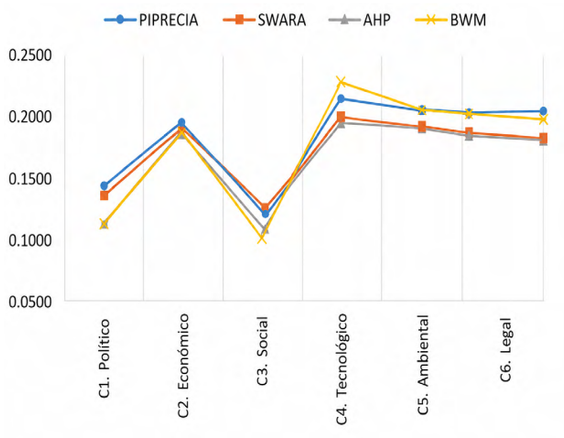

Figura 2. Comparación de los principales desafíos que afectan la implementación de robots autónomos de reparto según distintos métodos de evaluación: PIPRECIA, SWARA, AHP y BWM. Fuente: Adaptado de [3].



Figura 3. Representación esquemática de un robot hexápodo y su planeación de movimiento para superar obstáculos en terrenos irregulares. Fuente: Adaptado de [6].

La aparición de robots de entrega y vehículos autónomos está transformando la logística y exige soluciones cada vez más innovadoras en el diseño de suspensiones. Estos vehículos, que operan a la intemperie, deben enfrentarse a terrenos irregulares y obstáculos urbanos, además de proteger componentes electrónicos y mecánicos sensibles [8].

Una vez comprendidos los desafíos técnicos del entorno urbano, es necesario analizar cómo estos sistemas integran aspectos mecánicos y estéticos.

Integración del diseño mecánico y estético

El desarrollo de vehículos que no solo sean funcionales y eficientes, sino también atractivos y adaptados a las expectativas de los usuarios, requiere combinar conocimientos de ingeniería mecánica con principios de diseño industrial y estética [9]. Por ejemplo, se han comenzado a aplicar métodos inspirados en la neurociencia para cuantificar y mejorar características físicas relacionadas con la estética en el diseño de vehículos, complementando las limitaciones de los enfoques tradicionales [9]. Este tipo de aproximación puede entenderse mediante el marco de diseño propuesto en [27], donde las fases de análisis funcional, creación de escenarios y validación se integran en un proceso socialmente consciente (Figura 4).

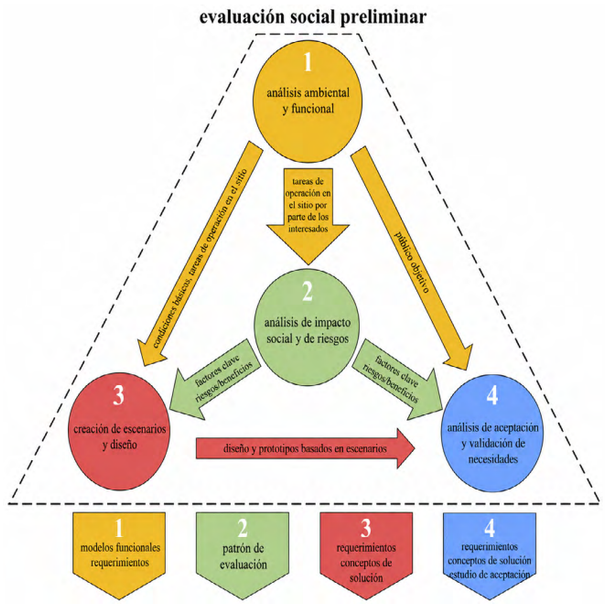

Figura 4. Marco de diseño que integra aspectos funcionales, sociales y estéticos en el desarrollo de robots de servicio urbano. Fuente: adaptado de [27].

La pregunta central que surge es: ¿cómo se combinan la precisión de la ingeniería mecánica con la creatividad del diseño industrial para crear una suspensión modular adaptable? Esta cuestión es fundamental, ya que la suspensión debe ser capaz de soportar y distribuir el peso del vehículo, superar obstáculos, mantener el contacto con el suelo y proteger los componentes internos, todo ello sin sacrificar la estética ni la experiencia del usuario [8], [9].

Diseño mecánico para modularidad y estabilidad

La modularidad en robótica, es decir, la capacidad de construir sistemas a partir de módulos intercambiables (Figura 5), permite que los componentes puedan ser intercambiados, reconfigurados y reemplazados fácilmente, lo que facilita el mantenimiento, la escalabilidad y la adaptación del robot a diferentes tareas y entornos [10]–[14]. Esta característica permite reducir la complejidad del diseño, disminuir el esfuerzo de desarrollo y reutilizar módulos en distintos sistemas o aplicaciones [11], [13].

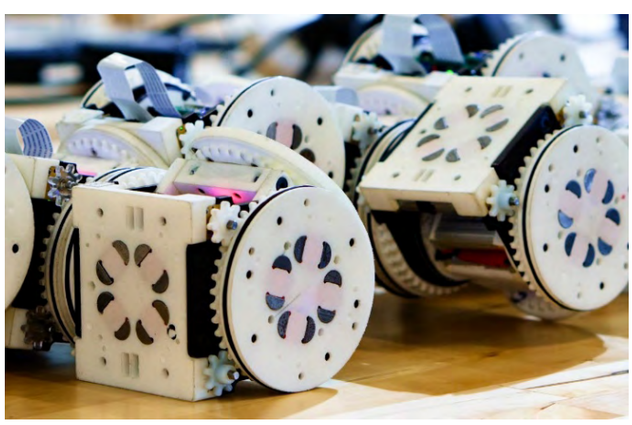

Figura 5. Ejemplo de robot modular tipo “bloques”, capaz de cambiar su estructura y adaptarse a distintas superficies. Fuente: ModLab, University of Pennsylvania, “SMORES Modular Robot System,” 2016.

Entre las principales ventajas de la modularidad se encuentran:

» Los módulos pueden reemplazarse o repararse fácilmente en campo, lo que reduce el tiempo de inactividad [11], [15].
» El uso de menos componentes diferentes simplifica el mantenimiento y puede disminuir sus costos [11].
» Es posible aumentar el número de módulos para ampliar capacidades, como los grados de libertad —es decir, la cantidad de movimientos independientes que puede realizar un sistema— o la longitud del vehículo, adaptándolo a distintas necesidades [11], [16].
» El robot puede cambiar su configuración para realizar diferentes tareas o desplazarse en distintos entornos [10], [12], [14].

Los sistemas modulares también enfrentan varios retos físicos que deben abordarse para garantizar un funcionamiento eficiente:

» La estabilidad del robot puede verse comprometida por la inclinación y las vibraciones generadas al enfrentar obstáculos. Un diseño modular con suspensión independiente permite que cada rueda responda de manera autónoma, reduciendo la inclinación y las vibraciones de la estructura [17], [18].
» Las vibraciones, entendidas como movimientos oscilatorios no deseados del sistema, son un problema común. La suspensión ayuda a absorberlas, mejorando el desempeño del robot [17], [18].
» El uso de materiales ligeros y resistentes, como el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y la silicona en las ruedas, ayuda a reducir el peso total del robot sin sacrificar durabilidad ni estabilidad [19], [20].
» Sistemas como el rocker-bogie, un tipo de suspensión utilizado en vehículos como los exploradores o rovers de Marte y diseñado para mantener las ruedas en contacto con el suelo, así como otras suspensiones pasivas, ayudan a distribuir la carga y minimizar el consumo de energía al reducir la necesidad de realizar ajustes constantes en la velocidad de los motores [21].
» La combinación de modularidad y suspensión puede permitir que el robot continúe operando incluso si algunos módulos presentan fallas [15].

Además del desempeño técnico, el diseño estético influye directamente en la percepción y aceptación del robot.

Diseño estético y experiencia del usuario

La apariencia física de estos sistemas, incluida su uniformidad visual, es importante para comunicar la propuesta de valor de una organización y mejorar la experiencia del usuario [22].

Asimismo, combinar formas geométricas simples con algunos rasgos humanoides puede crear un equilibrio entre una apariencia mecánica y otra más cercana a las personas [23].

El diseño estético también debe mantener un enfoque minimalista y funcional que contribuya a reducir costos y facilite el uso del sistema [24].

Equilibrio entre estética y funcionalidad mecánica

Un ejemplo de integración entre forma y función puede observarse en el robot Paquitop [25], cuyo diseño modular y sistema de suspensión articulada logran una apariencia equilibrada entre los aspectos técnicos y estéticos (Figura 6).



Figura 6. Diseño conceptual del robot Paquitop con estructura modular y suspensión de cuatro ruedas, que muestra su adaptabilidad a diferentes tareas. Fuente: adaptado de [25].

Las decisiones estéticas en el diseño de robots no son independientes de su funcionamiento: en algunos casos pueden modificar la manera en que la máquina responde dinámicamente, vibra o se equilibra. Un color puede alterar la percepción del peso y una textura puede sugerir velocidad o solidez. Sin embargo, no todas las elecciones visuales afectan la mecánica; algunos detalles, como una superficie, un tono o una curva, pueden incorporarse sin modificar los elementos esenciales del sistema [26].

Enfocarse solo en la apariencia puede ser tentador, sobre todo porque lo visual suele ser lo primero que atrae la atención. Sin embargo, si la estética domina sobre los aspectos funcionales, el desempeño mecánico puede verse comprometido. El equilibrio entre ambos enfoques es lo que da sentido al diseño: el resultado no solo cumple su función, sino que también mejora la experiencia del usuario [26].

Diseñar la suspensión de un robot de servicio no es un proceso lineal. Implica pruebas, correcciones y nuevas ideas que surgen cuando una pieza no encaja o una forma interfiere con un sensor. Las fases iniciales —definir el problema, imaginar soluciones y evaluar cómo la estructura soporta la función— no siempre ocurren de manera ordenada: pueden mezclarse y repetirse a lo largo del proceso [27].

La forma, en última instancia, se juzga no solo por su apariencia, sino también por su capacidad para moverse, adaptarse y resistir. En ocasiones, las características de los materiales condicionan las decisiones del diseñador; en otras, las necesidades de movilidad imponen su propia estética. Cada cambio de forma responde a una pregunta práctica: ¿puede funcionar mejor sin dejar de verse coherente? [28].

Con base en la información recopilada, estos elementos pueden sintetizarse de la siguiente manera (Tabla 1):

Aspecto de diseño	Principio mecánico	Principio estético	Ejemplo de integración
Selección de material	Garantiza movilidad y ejecución de tareas	Puede afectar la apariencia y la percepción al tacto	Evitar superficies pegajosas o excesivamente ásperas
Diseño exterior	Formas geométricas orientadas a la función	Rasgos humanoides para favorecer la aceptación del usuario	Bocetos de diseño híbrido
Interfaz de usuario	Arquitectura simple y escalable	Apariencia minimalista y atractiva	Robots domésticos tipo *Roomba*

Tabla 1. Integración de principios mecánicos y estéticos en el diseño de robots. Fuente: elaboración propia.

Aceptación del usuario y calidad de la interacción

La aceptación de los robots autónomos de reparto está influida tanto por aspectos técnicos, como la capacidad de navegación, la interfaz de usuario y la adaptabilidad, como por características estéticas, entre ellas los rasgos humanoides. Los problemas técnicos y una complejidad excesiva pueden provocar rechazo, mientras que un enfoque práctico y centrado en las personas favorece su aceptación [29].

La autonomía de los robots de reparto puede mejorar la eficiencia de las entregas y la experiencia del usuario. A su vez, una interacción sencilla y adecuada con estas tecnologías puede contribuir a generar una mayor confianza y favorecer su adopción [30], [31].

La inteligencia artificial (IA) puede generar formas, optimizar movimientos y predecir trayectorias. Sin embargo, la valoración de aquello que hace que un objeto resulte agradable, coherente o adecuado para las personas continúa dependiendo en buena medida del criterio humano. La experiencia humana da sentido al proceso al vincular la utilidad con la percepción y la emoción [26], [28], [29].

Limitaciones y retos actuales

A pesar de los avances en el desarrollo de robots autónomos de reparto, aún existen limitaciones importantes. Entre ellas se encuentran el desempeño en condiciones climáticas adversas, la dificultad para navegar en entornos urbanos altamente dinámicos y los desafíos relacionados con la aceptación social y la regulación de estas tecnologías. Estos aspectos representan áreas clave para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos.

Además, la durabilidad de los componentes, el mantenimiento en campo y los costos de implementación representan retos importantes para su adopción a gran escala.

Conclusión

La integración de la ingeniería mecánica y el diseño industrial es un elemento clave en el desarrollo de robots autónomos de reparto y vehículos destinados a la logística de última milla. A lo largo de este trabajo se analizó el papel de la suspensión como un componente fundamental para garantizar la estabilidad, la adaptabilidad y la protección de los sistemas en entornos urbanos.

Se identificó que el diseño mecánico define el desempeño funcional del robot, particularmente su capacidad de desplazamiento, absorción de vibraciones y contacto con el terreno. Por

su parte, el diseño industrial complementa estos aspectos al influir en la percepción del usuario, la facilidad de uso y la aceptación del sistema.

En este sentido, una integración adecuada entre funcionalidad y diseño permite desarrollar soluciones más eficientes, confiables y alineadas con las necesidades reales del entorno urbano. El desarrollo futuro de estos sistemas dependerá de la capacidad de equilibrar ambos enfoques para lograr un desempeño óptimo y una mejor experiencia del usuario.

Referencias

[1] Ş. İmre, D. Çelebi y F. Koca, "Understanding barriers and enablers of electric vehicles in urban freight transport: Addressing stakeholder needs in Turkey," *Sustainable Cities and Society*, vol. 68, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102794.

[2] Y. Su, H. Ghaderi y H. Dia, "The role of traffic simulation in shaping effective and sustainable innovative urban delivery interventions," *EURO Journal on Transportation and Logistics*, vol. 13, 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.ejtl.2024.100130.

[3] E. Ayyildiz y M. Erdogan, "Addressing the challenges of using autonomous robots for last-mile delivery," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 190, 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110096.

[4] J. El Ouadi, N. Malhene, S. Benhadou y H. Medromi, "Shared public transport within a physical internet framework: Reviews, conceptualization and expected challenges under COVID-19 pandemic," *IATSS Research*, vol. 45, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2021.03.001.

[5] L. Jiang, J. Yan, Y. Xie y J. Dong, "Customers' reuse intention to autonomous delivery vehicles in terminal delivery service: A valence theory perspective," *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 82, 2025, doi: https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.104150.

[6] C. Chen, J. Lin, B. You, J. Li y B. Gao, "Hexapod robot motion planning investigation under the influence of multi-dimensional terrain features," *Frontiers in Neurorobotics*, vol. 19, 2025, doi: https://doi.org/10.3389/fnbot.2025.1605938.

[7] M. H. Korayem y H. R. Adriani, "Pursuing a target by wheel-legged mobile robot using NMPC while optimizing obstacles passing," *ISA Transactions,* vol. 158, 2025, doi: https://doi.org/10.1016/j.isatra.2024.12.035.

[8] U. S. P. Srinivas Aditya, R. Singh, P. K. Singh y A. Kalla, "A Survey on Blockchain in Robotics: Issues, Opportunities, Challenges and Future Directions," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 196, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103245.

[9] M. Watanabe, N. Michida, A. Kishi y K. Nishikawa, "Global structures of automotive interiors revealed by algorithms of the visual brain," *Design Studie*s, vol. 62, 2019, doi: https://doi.org/10.1016/j.destud.2018.10.004.

[10] P. Wang, X. Liu y A. Song, "Actuation and Locomotion of Miniature Underwater Robots: A Survey," *Engineering*, vol. 51, 2025, doi: https://doi.org/10.1016/j.eng.2024.10.022.

[11] R. M. Grassmann, C. Shentu, T. Hamoda, P. T. Dewi y J. Burgner-Kahrs, "Open continuum robotics–one actuation module to create them all," *Frontiers in Robotics and A*I, vol. 11, 2024, doi: https://doi.org/10.3389/frobt.2024.1272403.

[12] S. Cicerone, G. Di Stefano y A. Navarra, "A structured methodology for designing distributed algorithms for mobile entities," *Information Sciences*, vol. 574, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.ins.2021.05.043.

[13] A. Martin y M. R. Emami, "A fault-tolerant approach to robot teams," Robotics and Autonomous Systems, vol. 61, 2013, doi: https://doi.org/10.1016/j.robot.2013.07.015.

[14] S. Hauser, M. Mutlu, P.-A. Léziart, H. Khodr, A. Bernardino y A. J. Ijspeert, "Roombots extended: Challenges in the next generation of self-reconfigurable modular robots

and their application in adaptive and assistive furniture," *Robotics and Autonomous Systems,* vol. 127, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103467.

[15] T. Cordie, J. Roberts, M. Dunbabin, R. Dungavell y T. Bandyopadhyay, "Enabling robustness to failure with modular field robots," *Frontiers in Robotics and AI,* vol. 11, 2024, doi: https://doi.org/10.3389/frobt.2024.1225297.

[16] J. Lin y F. Zhang, "Modular vehicle-based transit system for passenger and freight co-modal transportation," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 160, 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2024.104545.

[17] Q. Fu y C. Li, "Robotic modelling of snake traversing large, smooth obstacles reveals stability benefits of body compliance," *Royal Society Open Science*, vol. 7, 2020, doi: https://doi.org/10.1098/rsos.191192.

[18] F. Xu, S. Dai, Q. Jiang y X. Wang, "Developing a climbing robot for repairing cables of cable-stayed bridges," *Automation in Construction,* vol. 129, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103807.

[19] M. L. Hakim, Herianto y M. A. Muflikhun, "Next-gen strain sensors: Self-healing, ultra-sensitive, lightweight, and durable MWCNT-silicone rubber for advanced human motion tracking," *Journal of Engineering Research*, 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.10.009.

[20] A. Soleimani, "The soft computing approaches in optimising multi-objective mechanical design of a weeding robot," Smart Agricultural Technology, vol. 9, 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100674.

[21] A. Soleimani, "The soft computing approaches in optimising multi-objective mechanical design of a weeding robot," *Smart Agricultural Technology*, vol. 9, 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100674.

[22] C. Liu y L. Xie, "Formal versus casual: How do customers respond to service robots' uniforms? The roles of service type and language style," *International Journal of Hospitality Management*, vol. 114, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2023.103566.

[23] L.-Y. Qin, J. Z. Wen, C.-S. Chui y K.-S. Leung, "Housing design and testing of a surgical robot developed for orthopaedic surgery," *Journal of Orthopaedic Translation*, vol. 5, 2016, doi: https://doi.org/10.1016/j.jot.2016.02.002.

[24] R. Mateo Ferrús y M. Domínguez Somonte, "Design in robotics based in the voice of the customer of household robots," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 79, 2016, doi: https://doi.org/10.1016/j.robot.2016.01.010.

[25] L. Tagliavini, A. Botta, P. Cavallone, L. Carbonari y G. Quaglia, "On the Suspension Design of Paquitop, a Novel Service Robot for Home Assistance Applications," *Machines*, vol. 9, no. 3, p. 52, 2021, doi: https://doi.org/10.3390/machines9030052.

[26] M. B. Christiansen, A. Rafsanjani y J. Jørgensen, "Nature redux: interrogating biomorphism and soft robot aesthetics through generative AI," *Frontiers in Robotics and AI*, vol. 11, 2024, doi: https://doi.org/10.3389/frobt.2024.1472051.

[27] M. J. van der Schoor y D. Göhlich, "Integrating sustainability in the design process of urban service robots," *Frontiers in Robotics and AI*, vol. 10, 2023, doi: https://doi.org/10.3389/frobt.2023.1250697.

[28] R. Farkh, H. Marouani, K. Al Jaloud, S. Alhuwaimel, M. T. Quasim y Y. Fouad, "Intelligent Autonomous-Robot Control for Medical Applications," *Computers, Materials and Continua,* vol. 68, 2021, doi: https://doi.org/10.32604/cmc.2021.015906.

[29] C. Ohneberg et al., "Assistive robotic systems in nursing care: a scoping review," *BMC Nursing*, vol. 22, 2023, doi: https://doi.org/10.1186/s12912-023-01230-y.

[30] S. Xu, X. Zhang, R. Kim y M. Su, "Anthropomorphic last-mile robots and consumer intention: An empirical test under a theoretical framework," *Journal of Retailing and Consumer Service*s, vol. 81, 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.104028.

[31] L. Y. Koh y K. F. Yuen, "Individual-, task-, and technology-fit perspective of autonomous delivery robots confirmation and adoption in smart cities," *International Journal of Hospitality Management*, vol. 128, 2025, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2025.104182.