



**El futuro de la higiene en espacios comerciales: Modelos de limpieza sostenibles
con tecnología y talento humano**

Jose Wilson Leguizamón Pardo

Eliana Consuelo Ortegón Moya

Keila Yurany Sanjuan Collantes

Universidad EAN

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Maestría en Administración de Empresas (MBA)

Bogotá, Colombia

26/noviembre/2025

**El futuro de la higiene en espacios comerciales: Modelos de limpieza sostenibles
con tecnología y talento humano**

Jose Wilson Leguizamón Pardo

Eliana Consuelo Ortegón Moya

Keila Yurany Sanjuan Collantes

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Administración de Empresas

Director (a):

Angela María Parrado Castañeda

Modalidad:

Artículo de investigación

Universidad EAN

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Maestría en Administración de Empresas

Bogotá, Colombia

26/noviembre/2025

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

Dedicatoria

A nuestras familias, por acompañarnos,
inspirarnos y sostenernos en este camino
de aprendizajes y crecimiento. Su apoyo
ha sido la base para avanzar con
confianza y humildad, recordándonos
siempre que:

No llegamos a la meta solos; siempre hay
manos que nos sostienen en el trayecto

Agradecimientos

A los más de 13.000 colaboradores de Casalimpia, quienes con su esfuerzo, compromiso y dedicación diaria hacen posible que la organización se consolide como líder en el mercado. Este trabajo está inspirado en ustedes, pues son la razón por la cual buscamos profesionalizar el servicio mediante la incorporación de nuevas tecnologías y la optimización continua de nuestros procesos.

Resumen

Este estudio analiza la transición del sector de servicios de limpieza en Colombia hacia modelos híbridos sostenibles que integran tecnología, eficiencia ambiental y profesionalización del talento humano. La investigación parte de la necesidad de modernizar un sector tradicionalmente manual, caracterizado por alta variabilidad operativa, baja trazabilidad, exposición a riesgos ergonómicos y un uso intensivo de agua y productos químicos. El objetivo principal fue evaluar los modelos híbridos implementados a nivel internacional, especialmente los observados durante la misión académica en China, y compararlos con experiencias nacionales para identificar aprendizajes clave que permitan diseñar un modelo organizacional propio aplicable a Casalimpia S.A., empresa líder en el mercado colombiano como caso de estudio o empresas del segmento.

La metodología utilizada combinó revisión documental, análisis comparado, observación en campo y estudio de referentes tecnológicos como robótica de limpieza, plataformas digitales, sistemas IoT, equipos ecoeficientes y estrategias de formación técnica. Los resultados evidencian que los modelos híbridos incrementan la eficiencia, mejoran la trazabilidad, reducen los impactos ambientales y fortalecen la profesionalización del personal mediante nuevos roles técnicos y digitales. No obstante, en el contexto colombiano se identifican desafíos como brechas de formación, restricciones presupuestales, infraestructura limitada y resistencia cultural ante los procesos de automatización.

La discusión muestra que la adopción tecnológica solo es exitosa cuando se articula con liderazgo, gestión del cambio, cultura organizacional y estrategias de capacitación continua, elementos también presentes en los ecosistemas internacionales más avanzados. Se concluye que la implementación de un modelo híbrido sostenible es viable, necesaria y estratégica para mejorar la competitividad del sector en Colombia, permitiendo avanzar hacia operaciones más eficientes, sostenibles y alineadas con las tendencias globales del futuro del trabajo. El modelo propuesto constituye una guía práctica para organizaciones que buscan transformar sus servicios con base en criterios de innovación, sostenibilidad y desarrollo humano.

Palabras clave: Automatización; innovación organizacional; modelos híbridos; servicios de limpieza; sostenibilidad; talento humano; transformación digital.

Abstract

This study analyzes the transition of the cleaning services sector in Colombia toward hybrid sustainable models that integrate technology, environmental efficiency, and workforce professionalization. The research responds to the need to modernize a traditionally manual and labor-intensive industry characterized by high variability, low traceability, and intensive use of water and chemical products. The main objective was to evaluate international and national hybrid models—particularly those observed during an academic mission to China—and to derive key insights for designing a customized organizational model applicable to Casalimpia S.A., a leading company in the Colombian market.

A mixed descriptive and analytical methodology was employed, combining documentary review, sectoral benchmarking, field observation, and the comparative analysis of cases implementing robotics, digital platforms, IoT systems, eco-efficient equipment, and new formats of workforce specialization. The results show that hybrid models significantly increase operational efficiency, reduce environmental impacts, enhance biosecurity, and strengthen talent development through new technical and supervisory roles. National experiences reveal gradual progress but also highlight persistent barriers, including investment constraints, technical skill gaps, and cultural resistance to automation.

The discussion contrasts Colombian findings with advanced international ecosystems, demonstrating that the success of hybrid models depends not only on technological adoption but on the alignment of leadership, organizational culture, change management, and continuous training. The study concludes that implementing a sustainable hybrid model is both feasible and strategically necessary for organizational competitiveness in Colombia. This model offers a route toward more efficient operations, reduced ecological footprints, and dignified, future-oriented employment. The proposed framework serves as a practical and adaptable guide for companies seeking to modernize their service delivery while aligning with global sustainability standards and technological trends.

Keywords: Automation, cleaning services, digital transformation, hybrid models, organizational innovation, sustainability, workforce development.

Introducción

En el contexto actual de la prestación de servicios, la limpieza y la desinfección en grandes superficies y centros comerciales constituyen un campo estratégico tanto por su impacto en la salud pública como por su influencia en la sostenibilidad de las operaciones, además de ser, es un factor clave dentro de la experiencia del usuario.

Desde la revisión documental y experiencia se ha señalado que los modelos tradicionales de aseo, caracterizados por una alta dependencia de mano de obra, procesos manuales y uso intensivo de productos químicos convencionales, enfrentan limitaciones significativas en eficiencia, trazabilidad e impacto ambiental (Seijo, 2024).

Dichos modelos no sólo reducen la productividad, sino que también generan un consumo excesivo de agua y energía, así como condiciones laborales exigentes que explican en parte la alta rotación del personal en el sector, estimada en un promedio del 6% según la Federación Nacional de Empresas de Aseo (FENASEO, 2023).

Casalimpia S.A., empresa líder en servicios de aseo en Colombia y principal objeto de estudio en esta investigación, refleja esta realidad: el 85% de sus costos corresponde a gasto en mano de obra, mientras que solo un 15% se destina a insumos, maquinaria y márgenes directos (EMIS, 2023). A pesar de su consolidación como actor principal en el mercado, con más de 16.000 colaboradores y un crecimiento en ingresos operativos de 430.315 millones de pesos en 2023, enfrenta presiones relacionadas con la demanda de soluciones más innovadoras, sostenibles y rentables (EMIS, 2023, Casalimpia S.A.).

A nivel internacional, la transición hacia modelos híbridos que integran robótica, productos biodegradables y herramientas digitales constituye una tendencia creciente. De hecho, la adopción de tecnologías de limpieza digitalizada crece a un ritmo anual del 15% en mercados desarrollados (Sodexo, 2024). Sin embargo, en Colombia, su

incorporación aún es incipiente, lo que revela una brecha crítica de innovación tecnológica y sostenibilidad (Serveo, 2023). Estudios previos sobre innovación en el sector servicios han mostrado que la resistencia al cambio, la escasez de inversión y el desconocimiento técnico ralentizan la adopción de modelos avanzados, configurando una tesis aún no resuelta en países en desarrollo (Marcos, 2024).

El ámbito de conocimiento de esta investigación se enmarca en el campo de *emprendimiento y gerencia*, en la línea de investigación: *innovación para la sostenibilidad de las organizaciones*, del grupo de investigación G3PYMES adscrito al MBA. El problema que se plantea radica en la persistencia de esquemas intensivos en mano de obra y poco innovadores, que no satisfacen las demandas actuales de eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad ambiental. A nivel específico, los procesos de limpieza en pasillos de centros comerciales ilustran la magnitud de la problemática. De acuerdo con los datos obtenidos de un cliente de la empresa objeto de estudio, la limpieza manual de 21.000 m² en promedio requiere tres auxiliares de aseo con un rendimiento conjunto de 600 m² por hora, mientras que equipos robóticos como el SC Scrubber de Tecnovap alcanzan entre 800 y 1.490 m²/hora, con un ahorro mensual de hasta 2.000 litros de agua y menor desgaste físico para los trabajadores (Serveo, 2023; Tecnovap Latinoamérica, 2024).

En coherencia con lo anterior, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo pueden los modelos híbridos sostenibles de limpieza y desinfección, que integran tecnología y talento humano, mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental en centros comerciales y grandes superficies en Colombia?

De esta pregunta surge la hipótesis central del estudio: la adopción de modelos híbridos de limpieza y desinfección en centros comerciales y grandes superficies, sustentados en la integración de tecnología robótica, prácticas sostenibles y talento humano capacitado, se asocia con mejoras en la eficiencia operativa, la reducción del

impacto ambiental y el fortalecimiento de la competitividad organizacional en empresas del sector de limpieza en Colombia. Esta hipótesis se soporta en revisiones previas de empresas del mercado, procesos documentados y experiencia en campo que han demostrado que la integración de tecnologías avanzadas en procesos operativos intensivos reduce los costos laborales, mejora los indicadores de productividad y genera valor en términos de sostenibilidad (Sodexo, 2024; Serveo, 2023).

En este marco, Casalimpia S.A. se configura como un caso de estudio relevante, no solo por su liderazgo en el sector y su alcance nacional, sino porque constituye un escenario idóneo para explorar la viabilidad de modelos híbridos aplicables y replicables en grandes superficies. La presente investigación, en consecuencia, busca aportar no solo al conocimiento académico, sino también a la construcción de soluciones estratégicas que permitan responder a los retos de innovación, sostenibilidad y competitividad que enfrenta la industria de la limpieza profesional en Colombia.

Es así como con base a la problemática, la investigación plantea como objetivo general analizar los procesos de limpieza y desinfección en centros comerciales y grandes superficies, a partir de la implementación de modelos híbridos sostenibles que integran tecnología, innovación y talento humano, con el fin de identificar su contribución a la eficiencia operativa y a la reducción del impacto ambiental. Este objetivo se operacionaliza en tres propósitos específicos:

- Describir los modelos actuales de limpieza y desinfección en centros comerciales y grandes superficies, con énfasis en enfoques tradicionales basados en mano de obra.
- Analizar experiencias internacionales de implementación de tecnologías y robótica en el sector, integrando tanto la revisión documental como la experiencia vivencial de la misión académica en China.

- Evaluar los modelos híbridos implementados en Colombia mediante nuevas tecnologías, identificando aprendizajes y referentes que sirven de base para un modelo propio en la organización.

Para resolver la problemática planteada, el presente artículo está estructurado en 4 sesiones. La primera aborda el marco referencial el cual presenta inicialmente el marco teórico con teoría asociadas a la ventaja competitiva, la gestión del cambio y el *Design Thinking*, y el marco conceptual. Posteriormente se aborda la metodología identificando que es una investigación aplicada de enfoque cualitativo con un método documental. Se continuará con la presentación de los resultados especificando: i.) Análisis de los modelos actuales de limpieza y desinfección, ii.) Experiencia vivencial en China frente a la implementación de tecnologías y robótica en el sector, y iii.) Evaluación de los modelos híbridos implementados en Colombia mediante nuevas tecnologías. Finalmente se plantearán las discusiones y conclusiones.

Marco Referencial

Marco Teórico

El presente marco teórico aborda los fundamentos conceptuales que orientan esta investigación, integrando tres enfoques complementarios para comprender la dinámica de transformación en empresas del sector de servicio generales y facility services. La teoría de los recursos y capacidades explica cómo la ventaja competitiva se sustenta en los activos internos y competencias distintivas; la gestión del cambio aporta una ruta estructurada para liderar procesos de transformación organizacional; y el *Design Thinking* introduce una visión innovadora centrada en las personas y la co-creación de soluciones. En conjunto, estos enfoques conforman la base teórica que respalda el desarrollo de un modelo híbrido sostenible que articula tecnología, talento humano e innovación al servicio de la sostenibilidad empresarial.

Recursos y Capacidades como Fuente de Ventaja Competitiva

La Teoría de los Recursos y Capacidades, formulada por Jay Barney en 1991, sostiene que la ventaja competitiva sostenible de una empresa depende principalmente de sus recursos y capacidades internas, y no exclusivamente de factores externos del entorno (Barney, 1991). Esta teoría destaca que las organizaciones son heterogéneas debido a la variabilidad en sus recursos, lo que explica diferencias en desempeño y competitividad.

Los recursos son activos tangibles e intangibles que una empresa controla, como tecnología, capital financiero, conocimiento, cultura organizacional y habilidades del personal. Las capacidades, por su parte, son las habilidades para combinar y explotar esos recursos en la ejecución de procesos eficientes y efectivos, constituyendo competencias centrales que otorgan ventajas únicas.

Barney (1991) define cuatro atributos críticos que deben cumplir estos recursos y capacidades para conferir una ventaja competitiva sostenible, resumidos en las siglas VRIN: deben ser valiosos, raros, inimitables y no sustituibles. Solo aquellos recursos que contribuyen a aprovechar oportunidades o neutralizar amenazas, que son escasos, difíciles de copiar y sin sustitutos efectivos, permiten a la empresa superar a sus competidores de manera sostenida.

En la compañía objetivo de estudio, la ventaja competitiva radica en la integración de tecnologías avanzadas, como sistemas robóticos para limpieza, junto con un talento humano altamente capacitado. Estos recursos tecnológicos y humanos forman un conjunto único y valioso, difícilmente replicable por competidores, que atomizan su diferencia en el mercado (Barney, 1991). Además, su capacidad organizativa para gestionar eficientemente estos recursos y adaptarlos a las demandas de sostenibilidad ambiental y operativa constituye una fortaleza clave.

La cultura organizacional de innovación continua y el aprendizaje permanente son también capacidades internas que empresas del segmento utilizan para mantener y desarrollar estos recursos. La combinación sinérgica entre tecnología, procesos y talento aporta valor diferencial y mejora los indicadores operativos y ambientales, apoyando su posicionamiento competitivo.

En suma, la teoría orienta a las empresas de este sector a proteger, invertir y desarrollar continuamente sus recursos y capacidades estratégicas para asegurar la sostenibilidad y adaptabilidad en un entorno dinámico y competitivo (Barney, 1991).

Gestión del Cambio para la Transformación Organizacional

El modelo de gestión del cambio desarrollado por John P. Kotter en 1996 es una guía estructurada para implementar transformaciones organizacionales exitosas. Este enfoque

se basa en ocho pasos secuenciales diseñados para motivar, guiar y consolidar el cambio dentro de una empresa (Kotter, 1996).

Los primeros pasos se centran en crear un sentido de urgencia para el cambio, ayudando a que los miembros de la organización comprendan la necesidad imperiosa de adaptarse ante amenazas u oportunidades emergentes. Sin esta urgencia, los procesos de cambio suelen encontrar resistencia o falta de compromiso inicial. Posteriormente, se forma una coalición poderosa de líderes con diferentes roles para dirigir y sostener la iniciativa, asegurando visión, acción e innovación conjunta.

Crear y comunicar una visión clara que respalde el cambio es vital para alinear esfuerzos y generar consenso. Kotter enfatiza eliminar obstáculos y capacitar a las personas para que puedan actuar en favor del cambio, lo cual ayuda a superar resistencias y fomenta la participación. La celebración de pequeños logros confirma la validez del proceso y mantiene la motivación.

Finalmente, la consolidación y arraigo del cambio en la cultura organizacional garantizan que las transformaciones no sean temporales sino permanentes, facilitando la adaptabilidad futura.

Este modelo aporta valores centrales como la combinación de liderazgo fuerte y gestión práctica, la motivación tanto racional como emocional de los colaboradores (mente + corazón), y el equilibrio entre desarrollar nuevos líderes y comprometer a toda la organización (pocos selectos + muchos diversos). También promueve que las personas participen porque quieren, no solo porque deben, fortaleciendo el compromiso y el éxito duradero.

La teoría de Kotter ha sido ampliamente aplicada y validada en diferentes industrias y escenarios, incluidas empresas que atraviesan transformaciones digitales o cambios organizacionales complejos. Facilita el manejo de la resistencia al cambio y

ayuda a las organizaciones a construir procesos sistemáticos para que la gestión del cambio sea efectiva y sostenible.

***Design Thinking* como Metodología para la Innovación Centrada en el Usuario**

El *Design Thinking* es una metodología innovadora orientada a la solución creativa de problemas complejos con un enfoque centrado en las personas. Esta teoría se fundamenta en comprender profundamente las necesidades, emociones y comportamientos de los usuarios para diseñar productos, servicios o procesos que generen valor real y funcionalidad adaptada a contextos específicos (Brown, 2009). El proceso es iterativo e incluye fases de empatía, definición, ideación, prototipado y prueba, fomentando la experimentación y la retroalimentación continua para refinar soluciones.

En el contexto organizacional, el *Design Thinking* invita a equipos multidisciplinarios a colaborar de forma abierta, estimulando la creatividad y permitiendo responder ágilmente a retos y cambios del mercado (Liedtka, 2018). Su enfoque visual y participativo facilita la gestión del cambio al involucrar a los colaboradores en la generación directa de ideas y soluciones, lo que minimiza resistencias y favorece la adopción de innovaciones.

Para estas empresas, que enfrenta retos en la integración tecnológica y la optimización de sus procesos de limpieza sostenibles, el *Design Thinking* es una herramienta clave para entender a fondo las necesidades de sus clientes y del entorno, así como para desarrollar soluciones integrales y adaptadas que combinan tecnología avanzada, talento humano y prácticas responsables con el medio ambiente. Aplicando esta metodología, las empresas objetivo de estudio pueden explorar y prototipar nuevas formas de servicio, evaluar su viabilidad y ajustarlas continuamente en función del aprendizaje obtenido.

Además, el *Design Thinking* promueve la cultura de innovación dentro de la organización, incentivando la experimentación y el aprendizaje constante, valores fundamentales para mantener ventajas competitivas en un mercado dinámico y en transformación constante.

Resumiendo, el *Design Thinking* ofrece un marco práctico y flexible que potencia la creatividad aplicada y la colaboración, integrando la perspectiva humana en la gestión y desarrollo estratégico, alineándose con los objetivos de sostenibilidad e innovación que persiguen estas compañías (Brown, 2009; Liedtka, 2018).

En síntesis, el marco teórico establece una base integral que combina estrategia, gestión del cambio e innovación centrada en las personas, proporcionando los fundamentos necesarios para el diseño de un modelo híbrido sostenible aplicable al contexto organizacional.

Marco conceptual

El presente marco conceptual desarrolla los fundamentos que sustentan la transformación del sector de limpieza hacia modelos híbridos sostenibles, poniendo énfasis en la dimensión humana como eje central del cambio tecnológico. Allí se abordan conceptos de sostenibilidad, riesgos de exclusión laboral y especialización de labores, analizando cómo la automatización y la robótica pueden generar valor cuando se integran con estrategias de capacitación, *upskilling* y dignificación del trabajo.

Sostenibilidad social y riesgos de exclusión

Sustituir al personal de limpieza, compuesto mayormente por mujeres sin formación avanzada, por ingenieros o técnicos especializados no es socialmente sostenible. Según Frey y Osborne (2017), la automatización puede exacerbar las desigualdades si no se

acompaña de estrategias de recualificación, especialmente para trabajadores en ocupaciones de baja cualificación. Este reemplazo generaría desempleo entre poblaciones vulnerables, aumentando la brecha socioeconómica y perpetuando dinámicas de privilegio, donde personas con mayor acceso a educación desplazan a quienes tienen menos oportunidades. En cambio, un enfoque de *upskilling* permite a las trabajadoras actuales adquirir habilidades técnicas y digitales, como operación de robots, monitoreo de sistemas o mantenimiento básico, sin necesidad de credenciales académicas avanzadas. Esto no solo preserva sus empleos, sino que mejora sus condiciones laborales, reduce riesgos ergonómicos (al eliminar tareas físicas pesadas) y dignifica su trabajo, alineándose con los principios de justicia social y desarrollo sostenible (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2020).

La sostenibilidad social en la automatización radica en la capacidad para transformar los roles laborales sin desplazar a los trabajadores actuales, especialmente a aquellos en condiciones de vulnerabilidad, como mujeres sin educación formal que enfrentan barreras para acceder a otros empleos. En este sentido, la tecnología debe ser una vía para la transformación del empleo, no una amenaza, promoviendo roles de supervisión, análisis, mantenimiento técnico, gestión de datos y control de calidad (International Facility Management Association [IFMA], 2023). Este enfoque permite un modelo híbrido donde los robots realizan tareas repetitivas y los humanos asumen funciones de mayor valor, pero requiere un compromiso activo con el *upskilling* del personal existente.

Desde la perspectiva económica, el modelo reconoce que las empresas del sector no asumirían inversiones tecnológicas elevadas manteniendo inalterados sus costos laborales; por ello, la implementación de tecnología se concibe como un proceso gradual que permite compensar la inversión mediante la reducción de horas hombre destinadas a labores rutinarias, la optimización en el uso de insumos y el incremento de la

productividad por metro cuadrado atendido. De esta manera, el modelo híbrido propuesto equilibra eficiencia operativa, sostenibilidad social y viabilidad financiera.

Especialización de Labores

La era de la automatización y el nuevo objetivo de negocio, con apoyo de la robotización, busca además de ser un modelo rentable, generar un impacto social, pues dentro de los objetivos en el relevar de las cargas operativas al personal humano, se encuentra el de especializar al personal de aseo en actividades más desafiantes y técnicas, incluyendo labores que permitan aumentar su calidad de vida, eliminando tareas repetitivas o que sean exigentes físicamente.

La robótica y las tecnologías digitales se consolidan progresivamente como componentes estructurales de los modelos contemporáneos de limpieza profesional. Las empresas que no se adapten a estas, están sin duda, destinadas a desaparecer en un mediano plazo, “Desde hace tiempo, la mayoría de los fabricantes de equipos de limpieza industrial y para grandes superficies, se han lanzado a una carrera para posicionarse en el mercado de los robots de limpiezas industriales mediante la adopción de tecnologías innovadoras.” (Seijo. 2024), es por ello, que se deben incluir dentro de los objetivos y desafíos a enfrentar. La incorporación de robots autónomos en las tareas de aseo no solo optimiza tiempos y costos, sino que también mejora la calidad de vida de los trabajadores al reducir la carga física y las condiciones laborales adversas.

Los robots autónomos son efectivos para tareas repetitivas y de gran escala, como barrido, fregado y pulido de superficies en grandes áreas estructuradas (centros comerciales, aeropuertos, almacenes). Equipados con sensores y sistemas de navegación avanzados, operan eficientemente, reducen el esfuerzo físico, ahorran recursos como agua y detergentes, y contribuyen a la sostenibilidad ambiental (Seijo, 2024).

Sin embargo, no son adecuados para tareas que requieren adaptabilidad a superficies no uniformes (escaleras, paredes, áreas con obstáculos complejos) debido a limitaciones tecnológicas. Tareas que involucran interacción con personas, inspección detallada, o manejo de situaciones imprevistas (derrames de sustancias peligrosas) dependen de habilidades humanas para garantizar seguridad y precisión. La supervisión, mantenimiento de equipos y gestión de excepciones también requieren intervención humana, apoyando un modelo híbrido donde los robots realizan labores repetitivas y los humanos se enfocan en actividades de mayor complejidad (IFMA, 2023).

Los robots optimizan la limpieza de pisos en grandes superficies, mejorando eficiencia y condiciones laborales, mientras que las tareas que demandan adaptabilidad, interacción o manejo de imprevistos son realizadas por humanos, promoviendo un modelo de limpieza sostenible y eficiente.

La profesionalización del personal mediante el uso de herramientas tecnológicas fortalece la eficiencia del servicio al mejorar la capacidad de respuesta, la precisión en la ejecución de tareas y la calidad general del proceso de limpieza. Esto se traduce en una mayor cobertura operativa, una reducción en los tiempos de intervención y una optimización en el uso de insumos como agua, energía y detergentes. Al estar capacitado en el manejo de tecnologías como sensores inteligentes, sistemas de geolocalización, monitoreo remoto o aplicaciones de programación de robots, el talento humano puede supervisar de forma proactiva el desempeño operativo, anticipar fallas y garantizar estándares de higiene más altos (ISSA, 2022). En este sentido, la implementación de estrategias basadas en economía circular (como la reutilización de recursos o el diseño de procesos que minimicen residuos) y el monitoreo digital de operaciones representa un avance significativo en el desarrollo de procesos de aseo sostenibles en espacios comerciales, reduciendo el impacto ambiental y aumentando la

rentabilidad a largo plazo del servicio (McKinsey & Company, 2021; European Cleaning and Facility Services Industry (EFCI), 2023).

La tecnología no debe concebirse como una amenaza para el empleo, sino como una vía para su transformación. En este contexto, el talento humano puede evolucionar hacia funciones de supervisión, análisis, mantenimiento técnico de robots, gestión de datos operativos y control de calidad. Estas funciones requieren nuevas habilidades, pero también abren la puerta a una mejora significativa en las condiciones laborales, reduciendo los riesgos ergonómicos y generando una mayor dignificación del trabajo.

En general, se observa que la industria de la limpieza se enfrenta a un momento decisivo en el que debe equilibrar la tradición operativa con la incorporación de tecnologías emergentes. Las empresas que adopten modelos híbridos, donde la automatización y el talento humano convivan de forma complementaria, no solo aumentarán su eficiencia, sino que también promoverán condiciones laborales más dignas y sostenibles (International Labour Organization, 2019; World Economic Forum, 2020).

Casalimpia S.A., al interiorizar estas transformaciones desde una mirada estratégica, tiene la oportunidad de convertirse en un referente del sector, al impulsar modelos de servicio más rentables, respetuosos con el medio ambiente y centrados en el bienestar del trabajador.

Metodología

La presente investigación se plantea bajo un enfoque cualitativo de carácter documental y experiencial, fundamentado en la revisión, análisis e interpretación de información teórica, técnica y empírica relacionada con los procesos de limpieza y desinfección en centros comerciales y grandes superficies. El propósito metodológico consiste en comprender y sistematizar las transformaciones que experimenta el sector frente a la incorporación de tecnologías sostenibles, y cómo estas pueden integrarse a la realidad operativa.

De acuerdo con los lineamientos de Arias (2012), el método documental permite describir, analizar e interpretar hechos presentes en fuentes escritas, informes empresariales y marcos normativos, mientras que el componente experiencial recoge la observación y el conocimiento adquirido desde la práctica profesional. El estudio es de tipo descriptivo y analítico, dado que busca identificar patrones, ventajas y desafíos del modelo híbrido propuesto, más que realizar mediciones estadísticas o experimentales.

El diseño metodológico se estructura en tres fases articuladas con los objetivos específicos, que en conjunto buscan dar respuesta al propósito general del estudio.

Fase 1: Revisión teórica y contextual

Esta fase tiene como propósito examinar los fundamentos conceptuales y teóricos que sustentan la innovación, la transformación organizacional y la sostenibilidad en los servicios de limpieza. Se desarrollará una revisión documental sistemática de fuentes académicas, institucionales y técnicas, incluyendo literatura indexada, informes empresariales, políticas públicas y marcos internacionales. El análisis abarcará tres ejes:

- Modelos de innovación y transformación organizacional.
- Sostenibilidad y gestión organizacional.

- Modelos tradicionales de limpieza, identificados a partir de informes sectoriales, estudios académicos y documentos técnicos, con el fin de reconocer sus limitaciones en eficiencia operativa, impacto ambiental y bienestar laboral.

Fase 2. Análisis del contexto internacional y experiencial

Esta fase corresponde al objetivo específico 2: Analizar experiencias internacionales de implementación de tecnologías y robótica en el sector, integrando tanto la revisión documental como la experiencia vivencial de la misión académica en China.

Su propósito es examinar referentes globales de innovación en servicios de limpieza profesional que integran automatización, inteligencia artificial y sostenibilidad, con el fin de extraer aprendizajes aplicables al contexto colombiano. El desarrollo de esta fase contempla dos niveles de análisis complementarios:

- Revisión documental internacional: Se realizará una búsqueda sistemática en bases de datos científicas (Scopus, ScienceDirect, ResearchGate) y en informes de organismos como la International Federation of Robotics (2021), la European Cleaning and Facility Services Industry – EFCI (2023) y la International Labour Organization – ILO (2019).

El objetivo será identificar las tendencias, tecnologías y modelos de gestión híbridos implementados en países con altos niveles de automatización, tales como China, Japón, Corea del Sur y algunos miembros de la Unión Europea.

El análisis documental se organizará mediante matrices de contenido, que permitirán clasificar las experiencias según sus dimensiones tecnológica, humana y ambiental, y compararlas con la realidad de las empresas colombianas del sector.

- Sistematización de la experiencia vivencial en la misión académica a China: esta subfase se basará en la observación y documentación realizada durante la misión académica internacional del MBA de la Universidad EAN (2025). En ella se visitaron universidades, empresas tecnológicas y espacios de innovación en China, identificando prácticas avanzadas de automatización y transformación digital.

A partir de diarios de campo, registros visuales y memorias de visita, se elaborará un análisis interpretativo que permitirá contrastar los modelos observados con las necesidades del contexto colombiano.

El enfoque combinado de análisis documental y experiencial busca identificar aprendizajes transferibles, buenas prácticas y principios de gestión que orienten la formulación del modelo híbrido sostenible en la fase siguiente.

Fase 3. Diseño del modelo híbrido sostenible

En la tercera fase se desarrollará la propuesta del modelo híbrido sostenible, integrando los aportes teóricos y contextuales de la primera fase con los hallazgos derivados del análisis de los modelos tradicionales. El diseño se estructurará en tres dimensiones complementarias:

- Tecnológica: incorporación de soluciones robóticas y herramientas digitales para la optimización de procesos y la trazabilidad de resultados.
- Humana: redefinición del rol operativo hacia funciones de supervisión, mantenimiento y análisis de datos, acompañada de procesos de formación y profesionalización.
- Ambiental: uso racional de agua y productos biodegradables, alineado con las metas de sostenibilidad y los ODS.

El modelo se presentará como una propuesta conceptual y operativa, con lineamientos estratégicos que podrán ser posteriormente validados en contextos reales de prestación del servicio.

Criterios de validez y confiabilidad de la investigación

La validez de la investigación se garantizó mediante la triangulación de fuentes documentales académicas, informes sectoriales y la experiencia profesional directa en el sector de servicios de limpieza. La confiabilidad se aseguró a través de la selección de fuentes reconocidas y actualizadas, la revisión sistemática de literatura indexada y la coherencia interna entre los objetivos, el marco teórico y el análisis de resultados. Asimismo, la experiencia vivencial derivada de la misión académica en China fue

sistematizada mediante registros de observación y contrastada con evidencia documental, lo que permitió reducir sesgos interpretativos y fortalecer la consistencia del análisis.

Resultados

Los resultados de esta investigación presentan una síntesis estructurada del análisis de contenido realizado sobre el sector de limpieza en grandes superficies, articulando tres dimensiones complementarias: la caracterización crítica de los modelos tradicionales de limpieza y desinfección, identificando sus limitaciones operativas, ambientales y laborales; los aprendizajes derivados de la experiencia vivencial en China, donde se observaron prácticas avanzadas de automatización, sostenibilidad y cultura tecnológica; y la evaluación de modelos híbridos implementados en Colombia, cuyos avances, desafíos y referentes permiten proyectar líneas de acción para un modelo organizacional aplicable al contexto nacional. Este apartado integra estas tres perspectivas para ofrecer una comprensión integral de la transformación del sector y de las oportunidades emergentes para la innovación y la sostenibilidad.

Análisis de los modelos actuales de limpieza y desinfección

El sector de servicios de aseo en Colombia es una parte esencial de la economía terciaria, encargada de actividades que no producen bienes tangibles pero que son fundamentales para el funcionamiento de otras industrias y el bienestar general. El sector de servicios de limpieza constituye un componente relevante del sector terciario y emplea a un número significativo de trabajadores, especialmente en actividades operativas de apoyo a otras industrias.

En los últimos años, se ha observado un aumento en la demanda de servicios de aseo ecológicos y sostenibles, lo que ha llevado a algunas empresas a ofrecer productos y técnicas de limpieza más amigables con el medio ambiente. Además, la tendencia

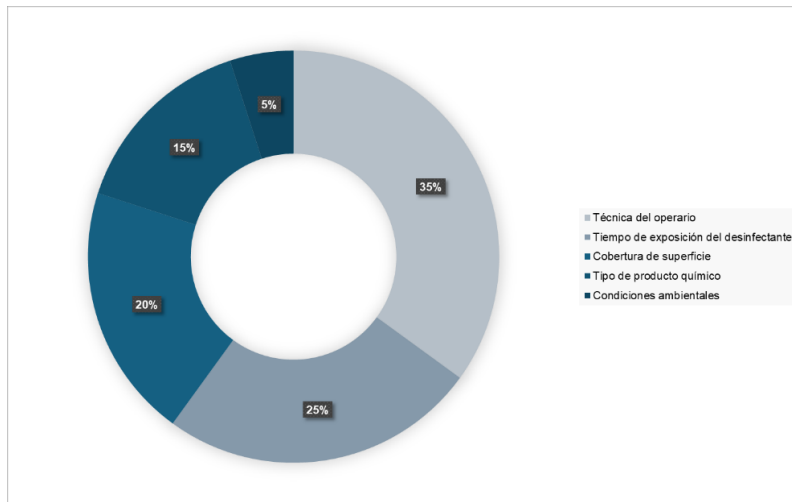
hacia la externalización de servicios ha impulsado el crecimiento de empresas especializadas en limpieza y mantenimiento. (Colombia Compra Eficiente, s.f.).

Los servicios de limpieza y desinfección en grandes superficies y centros comerciales en Colombia se soportan en gran medida en un modelo tradicional intensivo en trabajo manual, basado en operaciones secuenciales como el barrido, trapeado y desinfección química, bajo esquemas de horario fijo y con escasa integración de herramientas tecnológicas. Este enfoque, si bien probado y ampliamente usado, exhibe múltiples restricciones operativas, ecológicas y humanas.

Desde el punto de vista tecnológico, los modelos manuales participan poco de la trazabilidad, la automatización y la minimización de errores, lo que dificulta la supervisión del cumplimiento de estándares. En contraste, algunos estudios previos han documentado cómo robots de desinfección y tecnologías inteligentes pueden mejorar la repetitividad, consistencia y eficiencia del proceso (Ruan, Wu & Xu, 2021; Ramalingam et al., 2020). Como caso de ejemplo, Ruan et al. (2021) desarrollaron un “Smart Cleaner” basado en hidrógeno peróxido atomizado que genera mapeo interior y planificación automática de rutas, mostrando que ciertos desafíos del modelo manual pueden ser resueltos mediante automatización.

Figura 1

Factores que afectan la eficiencia del modelo tradicional de limpieza y desinfección.



Nota: La figura 1 resume los principales factores operativos, ambientales y laborales que inciden en la eficiencia de los modelos tradicionales de limpieza. Elaboración propia a partir del análisis documental y sectorial realizado en la investigación.

Uno de los puntos más críticos del modelo tradicional es su dependencia del recurso humano. En la práctica, la mayor proporción del costo operativo recae sobre la nómina, con efectos sobre la rotación laboral, los costos de reclutamiento y la continuidad del servicio. El mercado de servicios de limpieza por contrato a nivel global se estima en USD 417,71 mil millones en 2026, con proyecciones de crecimiento sostenido hacia el año 2031, lo que evidencia la relevancia estratégica de este sector en economías avanzadas y emergentes, así como la creciente demanda de soluciones tecnológicas y eficientes en higiene y saneamiento (Mordor Intelligence, 2026).

En el contexto colombiano, el salario mínimo legal mensual vigente (SMMLV) para 2026 fue fijado en \$1.750.905 COP, y al adicionarle el auxilio de transporte llega a

\$2.000.000 COP mensuales, lo que representa un incremento nominal de aproximadamente 23% frente al año anterior (Consultor Salud, 2026).

Este aumento histórico en el salario mínimo implica que los costos laborales en empresas intensivas en mano de obra, como las de servicios de aseo, aumenten significativamente, presionando la necesidad de modelos operativos que puedan mantener la competitividad sin sacrificar la formalización del empleo ni la calidad del servicio.

Estudios en servicios de limpieza han reportado condiciones laborales exigentes, presión del cliente y regulación como factores que afectan la calidad del trabajo y aumentan la rotación (Kirov et al., 2014). La carga física que implica el modelado tradicional, como el esfuerzo musculoesquelético repetitivo y el uso prolongado de productos químicos también ha sido cuantificada en estudios del sector de limpieza manual (Washington State Janitorial Workload Study, 2022).

En el contexto colombiano, los estudios empíricos que evalúan la eficacia de los procesos tradicionales relevan deficiencias sustanciales. Por ejemplo, el estudio de Anaya et al (2016) sobre una planta avícola en Cartagena encontró que los programas de limpieza y desinfección tradicionales no siempre logran controlar las cargas microbianas esperadas. En los laboratorios del Programa de Bacteriología de la UDES (Cúcuta), Villarreal (s.f.) concluyó que los procedimientos actuales muestran deficiencias en los ámbitos de control y sanidad, con cargas microbianas residuales tras los procesos. Gamboa Capacho (2019) también documenta variabilidad bacteriana significativa en equipos de imagenología en Colombia, aun cuando se aplican protocolos de limpieza, lo que evidencia que los métodos tradicionales no garantizan la eliminación completa de microorganismos.

Operativamente, los modelos manuales muestran escasa escalabilidad y eficiencia. Por ejemplo, de acuerdo con los datos obtenidos de la compañía base de

estudio, limpiar 21.000 m² de pasillos en centros comerciales requiere en promedio tres auxiliares de aseo con un rendimiento promedio de 600 m²/hora. Este rendimiento limita el progreso, y el uso intensivo de agua, productos químicos y tiempo que se traduce en mayores costos operativos y presión ecológica. En contraste, equipos robóticos industriales han demostrado rendimientos superiores, reducción en consumo de recursos y liberación de personal hacia tareas de mayor valor (Serveo, 2023).

Además, con los procesos manuales se acarrea una limitación fundamental: la trazabilidad y la medición objetiva del desempeño son débiles. La supervisión visual, común en modelos tradicionales, no siempre captura fallas sutiles o inconsistencias en la aplicación del desinfectante. En entornos hospitalarios, por ejemplo, el uso de marcadores fluorescentes y métodos cuantitativos ha permitido mejorar significativamente la minuciosidad de la limpieza (Gamboa Capacho, 2019). Aunque estos métodos son más usados en salud, indican la fragilidad del modelo manual si no se apoya en monitoreo robusto.

Figura 2

Principales limitaciones operativas, ambientales y laborales del modelo tradicional de limpieza.



Nota: La figura 2 representa las limitaciones estructurales del modelo tradicional de limpieza en grandes superficies, derivadas de la alta dependencia de mano de obra, el uso intensivo de recursos y la baja trazabilidad de los procesos. Elaboración propia con base en el análisis de los modelos tradicional de limpieza y desinfección.

Estudios internacionales respaldan estas observaciones sobre las limitaciones del modelo tradicional. Spencer (2017), en una investigación publicada en el *American Journal of Infection Control*, demostró que incluso tras la aplicación rigurosa de los protocolos convencionales de limpieza y desinfección, las superficies ambientales permanecen con contaminación microbiana residual. El estudio evidenció que los métodos manuales presentan una eficacia variable y dependiente del operario, afectada por factores como la técnica, el tiempo de contacto del desinfectante y la cobertura de las superficies. Estos hallazgos confirman que los procedimientos tradicionales, basados en mano de obra intensiva y desinfección química, no garantizan la eliminación completa de microorganismos patógenos, lo que subraya la necesidad de adoptar nuevos modelos

apoyados en tecnologías automatizadas que aseguren mayor consistencia y control en los resultados de limpieza.

En resumen, los modelos actuales en grandes superficies y centros comerciales en Colombia se caracterizan por su alta dependencia de mano de obra, escasa innovación tecnológica y eficiencia operativa limitada. Las evidencias locales apuntan a fallas reales en el control microbiológico y el desempeño esperado. Dicho escenario revela una brecha crítica que justifica la exploración de alternativas híbridas que integren tecnología, automatización y talento humano capacitado, para superar las limitaciones estructurales del modelo tradicional.

Experiencia vivencial en China frente a la implementación de tecnologías y robótica en el sector

El análisis de experiencias internacionales en la implementación de tecnologías y robótica en el sector de la higiene representa un eje esencial para comprender hacia dónde se orientan las prácticas sostenibles en los espacios comerciales. Esta fase integra una revisión documental de tendencias globales con la experiencia vivencial obtenida durante la misión académica en China, país que se ha consolidado como referente mundial en innovación tecnológica, automatización y sostenibilidad operativa.

Tendencias internacionales en limpieza tecnológica y sostenible

La literatura académica y técnica reciente ha evidenciado una transformación profunda en los modelos de limpieza y mantenimiento en entornos comerciales e institucionales. En países como Japón, Alemania, Estados Unidos y China, se han incorporado sistemas de limpieza inteligente basados en robótica, inteligencia artificial (IA), sensores del Internet de las Cosas (IoT) y análisis de datos, con el fin de optimizar recursos, mejorar la

eficiencia y reducir la huella ambiental (International Facility Management Association [IFMA], 2023).

Las soluciones más avanzadas incluyen robots autónomos de limpieza, capaces de mapear espacios, identificar zonas con mayor tránsito, detectar suciedad y adaptar sus recorridos según la densidad de uso. Empresas chinas como Gaussian Robotics (imagen 1) y ECOVACS Robotics lideran el desarrollo de estas tecnologías, orientadas a sustituir tareas repetitivas y a liberar al personal humano para funciones de supervisión, mantenimiento especializado y control de calidad (McKinsey & Company, 2022).

a sostenibilidad se ha convertido en un criterio transversal dentro de estas innovaciones. Los equipos actuales emplean materiales reciclables, consumen menos energía y agua, y utilizan sistemas de dosificación inteligente que reducen el uso de productos químicos (World Economic Forum [WEF], 2023). De acuerdo con la IFMA (2023), la adopción de soluciones automatizadas en limpieza puede generar reducciones del 30 % al 35 % en los costos operativos y disminuir hasta un 25 % el consumo de agua en instalaciones de alto tráfico.

Figura 3

Robot autónomo de limpieza para grandes superficies como ejemplo de automatización operativa.

**SCRUBBER
50**

Menos es más.
Las cosas buenas vienen en paquetes pequeños.



Nota: La figura 3 ilustra un robot autónomo de limpieza utilizado en entornos comerciales de alta circulación, representativo de las soluciones tecnológicas actualmente empleadas en modelos híbridos de limpieza. Scrubber SC 50, robot de limpieza Gaussian Robotic. Obtenido de <https://www.gaussianrobotics.com/home>.

Estas experiencias internacionales evidencian que la sostenibilidad y la tecnología no actúan como elementos aislados, sino como componentes complementarios que potencian la calidad del servicio y la eficiencia operativa (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2022).

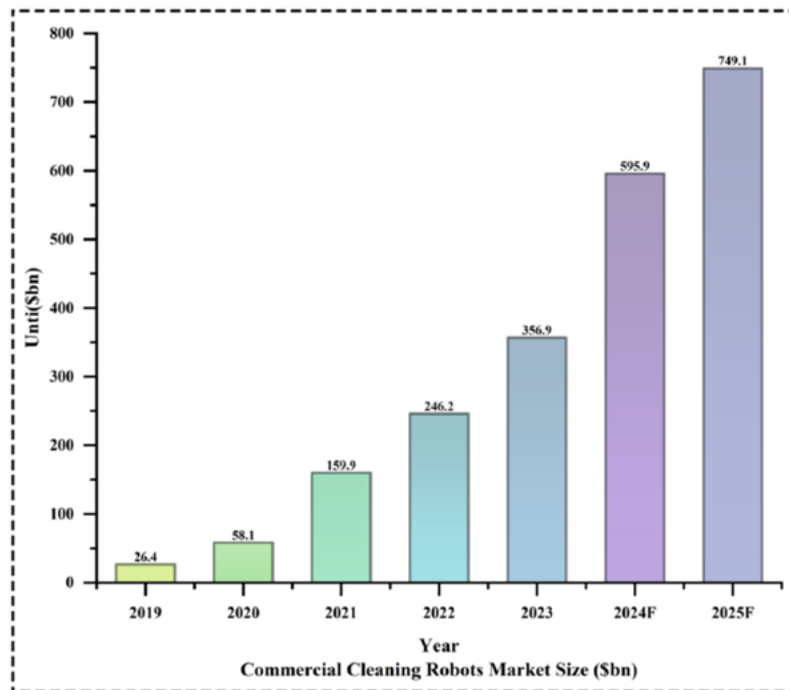
Dimensión tecnológica: tendencias globales en automatización y robótica de limpieza

A nivel mundial, la robótica de servicios ha mostrado un crecimiento sostenido durante la última década, especialmente en aplicaciones de limpieza y desinfección. Según la International Federation of Robotics (2024), las ventas globales de robots de servicio profesional aumentaron un 30% en 2023, alcanzando más de 205.000 unidades, de las cuales el 80% se concentra en la región Asia-Pacífico, liderada por China, Japón y Corea del Sur. Este incremento se explica por la madurez tecnológica de estos países y su inversión sistemática en automatización industrial y comercial (IFR, 2024).

De acuerdo con el informe de sostenibilidad de Liu, et al (2024), el mercado global de robots de limpieza comercial presentó un crecimiento exponencial del 184% entre el año 2019 y el año 2024. Un crecimiento acelerado que refleja el proceso de automatización que atraviesa la industria de la limpieza profesional impulsado principalmente por la pandemia de COVID-19 y por la necesidad global de garantizar altos estándares de higiene y eficiencia.

Figura 4

Crecimiento global de robots de limpieza comercial (2019 – 2025)



Nota: La figura 4 muestra la evolución del mercado global de robot de limpieza comercial, evidenciando el crecimiento sostenido de la automatización del sector. Obtenido de: A Design Study on Commercial Cleaning Robots Based on Kano-QFD. Liu et al 2024.

Este reciente estudio, presenta un modelo de diseño para robots de limpieza comercial basado en la integración de los enfoques Kano y Quality Function Deployment (QFD). La investigación demuestra que esta combinación permite identificar con precisión los atributos funcionales más valorados por los usuarios como: la autonomía, la seguridad y la sostenibilidad, y traducirlos en requisitos de diseño eficientes. Este enfoque confirma la tendencia global hacia la automatización centrada en el usuario y la sostenibilidad tecnológica, ofreciendo un referente metodológico aplicable al desarrollo del modelo híbrido sostenible propuesto en esta investigación.

En China, la robótica aplicada a servicios se ha consolidado como un eje de política nacional en la estrategia Made in China 2025. Los informes de McKinsey & Company (2022) sobre digitalización en retail destacan la adopción de robots autónomos, sensores inteligentes y plataformas de trazabilidad en centros comerciales, con el fin de monitorear indicadores de desempeño, consumo de recursos y niveles de limpieza en tiempo real. Este modelo integra hardware, software y análisis de datos, configurando una red inteligente de gestión operativa.

En Corea del Sur y Japón, la integración de robots autónomos móviles (Autonomous Mobile Robots, AMR) es aún más avanzada. Estudios de Ruan, Wu y Xu (2021) demostraron que los robots de desinfección basados en navegación inteligente pueden alcanzar niveles de cobertura y consistencia superiores al 90% respecto a los métodos manuales, garantizando uniformidad en las rutinas y reducción en el uso de químicos. Estas soluciones emplean algoritmos de mapeo, planeación de rutas y sensores de proximidad, características esenciales para el diseño del modelo híbrido propuesto en este estudio.

Por su parte, investigaciones recientes como la de Wang et al. (2023) refuerzan que la tendencia global apunta hacia sistemas colaborativos multi-robot, capaces de distribuir tareas de limpieza en grandes superficies mediante asignación dinámica. Este avance permite mejorar la productividad y liberar personal humano para labores de mayor valor agregado, principio central del modelo híbrido sostenible.

Desde el enfoque europeo, la EFCI (2023) reporta que las empresas de facility services han adoptado tecnologías de monitoreo remoto, sensores IoT y software de planificación digital para optimizar tiempos, trazabilidad y sostenibilidad. Dichas experiencias muestran que la automatización no busca reemplazar la mano de obra, sino aumentar la eficiencia y profesionalizar el servicio, alineándose con la transición hacia la digitalización sostenible promovida por la Unión Europea.

Experiencia vivencial en China: innovación, sostenibilidad y cultura tecnológica

La misión académica desarrollada en China (2025) permitió observar de primera mano cómo la automatización, la robótica de servicios y la sostenibilidad conforman pilares estratégicos en los ecosistemas empresariales y tecnológicos más avanzados del mundo. Las visitas a empresas, universidades y entidades públicas evidenciaron que la innovación no ocurre de manera aislada, sino dentro de sistemas integrados en los que la tecnología, el talento humano y la gestión ambiental se articulan para transformar procesos operativos, incluidos los relacionados con los servicios de limpieza profesional.

En Sany, empresa líder en maquinaria pesada y energías renovables, se constató cómo la eficiencia energética, la automatización de procesos y la reducción de emisiones se han incorporado como componentes estructurales del modelo productivo. Si bien su actividad principal no se centra en el sector de limpieza, su enfoque en innovación sostenible resulta extrapolable, especialmente en lo referente a la optimización de recursos y la gestión del ciclo de vida de los equipos, principio clave para el desarrollo de modelos híbridos de aseo industrial.

En Xiaomi Headquarters, la integración entre domótica, Internet de las Cosas (IoT) e inteligencia artificial mostró cómo la gestión de espacios puede ser más inteligente, eficiente y sostenible. Sus sistemas de sensores y plataformas de datos permiten monitorear la calidad del aire, la temperatura y la ocupación, aportando un marco conceptual directamente aplicable a la limpieza comercial mediante rutinas dinámicas activadas por uso o condiciones reales del entorno. La robótica doméstica de Xiaomi, basada en navegación LIDAR y optimización mediante algoritmos de aprendizaje, representa la base tecnológica de los robots autónomos móviles (AMR) empleados actualmente en centros comerciales y aeropuertos.

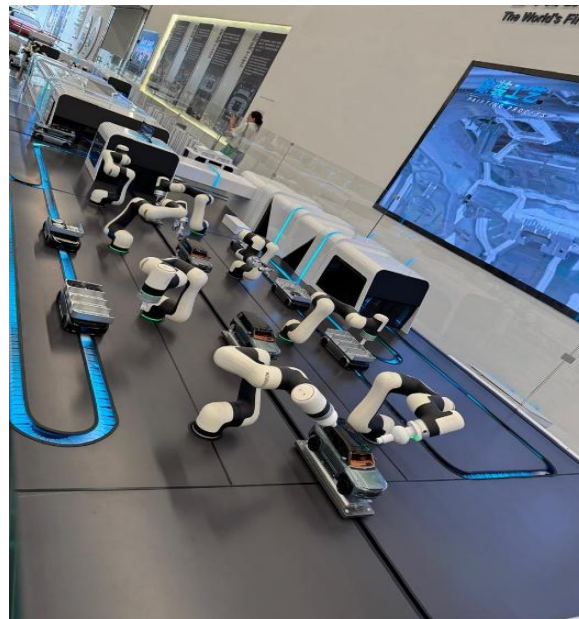
Por su parte, ZTE Corporation evidenció que la robótica y la automatización sólo son sostenibles cuando existe una infraestructura robusta de conectividad. Sus

desarrollos en 5G y edge computing permiten coordinar flotas de robots, procesar datos en tiempo real y mantener la continuidad operativa. Esta experiencia refuerza la idea de que la adopción de automatización en el sector de limpieza colombiano requerirá inversiones en redes de datos, telemetría y plataformas de monitoreo, elementos indispensables para la trazabilidad y el control del servicio.

En BYD, la combinación de electrificación, automatización de plantas y gestión avanzada de baterías representa una referencia práctica para el manejo de flotas robóticas. Su modelo de mantenimiento predictivo y control de eficiencia energética demuestra la importancia de la gestión del ciclo de vida de los equipos, principio aplicable a la operación de robots de limpieza que buscan reducir costos y extender su vida útil.

Figura 5

Simulación del proceso de fabricación automatizado y gestión tecnológica de flotas robóticas.



Nota: La figura 5 representa un esquema del proceso de automatización y gestión tecnológica observado durante la visita académica a la planta de BYD en China, utilizado como referente

conceptual para el análisis de modelos híbridos sostenibles. Elaboración propia a partir de la observación directa.

La visita a Tsinghua University, una de las instituciones más prestigiosas de Asia, permitió comprender cómo la educación en ingeniería, robótica e innovación se articula con proyectos de impacto urbano y ambiental. Sus desarrollos en robótica colaborativa, gestión de residuos y sostenibilidad urbana evidencian la relevancia del talento humano como catalizador de la transformación tecnológica. Este aprendizaje resalta la necesidad de promover en Colombia perfiles híbridos: técnicos operadores de robótica de limpieza, supervisores con competencias analíticas y coordinadores de flota orientados a la eficiencia y la calidad del servicio.

La experiencia en CCPIT Shanghai (Chinese Council for the Promotion of International Trade) mostró el papel estratégico del Estado en la promoción de ecosistemas de innovación. La articulación entre políticas públicas, empresas y universidades ha permitido que China consolide un modelo de innovación colaborativa que impulsa la automatización en múltiples sectores. Este enfoque evidencia que la adopción tecnológica debe estar respaldada por políticas de fomento, incentivos financieros y programas de formación, elementos replicables en el contexto latinoamericano.

Asimismo, la observación de espacios de servicio como hoteles Hilton, Radisson Blu y aeropuertos internacionales en Beijing, Hong Kong y París, permitió constatar la aplicación real de estas tecnologías en entornos de alta exigencia operativa. En los hoteles, los robots de servicio realizan tareas de limpieza y atención, coexistiendo con el personal humano que asume roles de supervisión y control de calidad. En los aeropuertos y estaciones de tren, las soluciones automatizadas de aseo con sensores de presencia y equipos eléctricos silenciosos optimizan las rutinas de limpieza de acuerdo

con el flujo de usuarios, garantizando altos estándares de higiene, eficiencia y sostenibilidad.

Estas experiencias demuestran que el éxito de la automatización no depende únicamente de la adquisición de tecnología, sino de la creación de sistemas integrados de datos, infraestructura de soporte y desarrollo de capacidades humanas. En todos los casos observados, la transformación tecnológica se sustenta en tres pilares: infraestructura digital avanzada, políticas de sostenibilidad y cultura de mejora continua.

En el contexto colombiano, estas lecciones adquieren relevancia estratégica. La adaptación de los modelos internacionales requerirá fortalecer la formación digital del personal operativo, promover la adopción gradual de tecnologías sostenibles y consolidar alianzas público-privadas que impulsen la modernización del sector de limpieza. Más allá de la innovación tecnológica, el verdadero valor radica en transformar el rol del trabajador, posicionándolo como gestor de tecnología, supervisor de calidad y agente de sostenibilidad, alineando la competitividad empresarial con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En síntesis, los aprendizajes obtenidos durante la misión académica y la revisión internacional permiten concluir que el futuro de la higiene en espacios comerciales dependerá de la articulación entre robots autónomos, analítica de datos, infraestructura conectada y talento humano especializado. Esta integración constituye la base sobre la cual se construirá el modelo híbrido sostenible que se desarrollará en la siguiente fase del proyecto.

Evaluación de los modelos híbridos implementados en Colombia mediante nuevas tecnologías

El avance tecnológico y la búsqueda de sostenibilidad han transformado los servicios de limpieza e higiene en Colombia, generando un tránsito desde modelos tradicionales hacia modelos híbridos, donde la interacción entre tecnología y talento humano es determinante. Estos modelos integran soluciones digitales, automatización y prácticas sostenibles, sin perder de vista el valor del trabajo humano en la gestión y supervisión de procesos. Este capítulo evalúa la evolución de dichas experiencias en el contexto colombiano, los aprendizajes derivados de su implementación y los referentes que podrían servir de base para construir un modelo propio dentro de las organizaciones del sector.

Contexto colombiano de la adopción tecnológica en servicios de limpieza

En Colombia, el sector de servicios generales y limpieza ha comenzado un proceso de transformación impulsado por la digitalización y la sostenibilidad. De acuerdo con la Cámara de Servicios de la ANDI (2023), las empresas dedicadas a la limpieza profesional han incorporado gradualmente tecnologías orientadas a la eficiencia energética, la trazabilidad de procesos y la optimización de recursos humanos.

Entre las tendencias más destacadas se encuentran la automatización parcial de tareas, el uso de equipos eléctricos o híbridos, la implementación de sensores de ocupación, y los sistemas de monitoreo remoto de limpieza (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [Minciencias], 2023). Estas herramientas permiten identificar los momentos y zonas de mayor uso dentro de edificios corporativos, centros comerciales y entidades públicas, facilitando una programación dinámica de las actividades de higiene.

A pesar de estos avances, la adopción de tecnologías en el sector aún enfrenta desafíos relacionados con la inversión inicial, la resistencia cultural y la necesidad de

capacitación del personal operativo (Gómez & Serrano, 2022). Por ello, las empresas que han logrado implementar modelos híbridos exitosos en el país lo han hecho combinando innovación tecnológica con programas sólidos de formación, liderazgo y gestión del cambio.

Modelos híbridos en operación: experiencias relevantes en Colombia

Varios actores del sector privado han comenzado a desarrollar modelos híbridos que integran tecnología con trabajo humano de manera complementaria. En este contexto, se destacan casos como los presentados en la siguiente tabla.

Tabla 1

Modelos híbridos en operación: experiencias relevantes en Colombia

Aseo Integral y la digitalización operativa	La empresa Aseo Integral S.A.S., con presencia en ciudades como Bogotá, Medellín y Barranquilla, ha incorporado una plataforma digital de control operativo que permite monitorear en tiempo real la ubicación del personal, el cumplimiento de rutas de limpieza y el uso eficiente de insumos. Esta herramienta, basada en IoT y geolocalización, permite reducir los tiempos muertos y mejorar la trazabilidad de los procesos (Aseo Integral, 2023).
OPL y la eficiencia sostenible	La compañía OPL Cleaning Services, especializada en servicios para entidades financieras y hospitalarias, ha implementado un modelo de limpieza sostenible basado en máquinas eléctricas de bajo consumo y productos biodegradables. Además, la empresa ha introducido robots de limpieza autónomos en áreas de gran extensión, los cuales son supervisados por operarios especializados en programación y mantenimiento (Portafolio, 2023). Este enfoque híbrido ha permitido aumentar la productividad sin desplazar la mano de obra, sino transformando su rol hacia la gestión tecnológica.
Facility Management en	En el ámbito del Facility Management, empresas que gestionan infraestructura corporativa en Bogotá y Medellín han comenzado

edificios inteligentes	a integrar sistemas de gestión centralizada de servicios, que permiten controlar iluminación, ventilación y limpieza desde plataformas unificadas (Cámara Colombiana de la Construcción [Camacol], 2023). Esta integración de servicios, apoyada en tecnologías 4.0, favorece la sostenibilidad energética y la eficiencia de las operaciones.
Sector hotelero y aeropuertos	El sector hotelero colombiano también ha adoptado prácticas híbridas. Cadenas como Hilton Bogotá y Movich Hotels han implementado soluciones digitales para el seguimiento del mantenimiento y limpieza de habitaciones mediante aplicaciones móviles que asignan tareas y controlan la calidad del servicio (Revista La Barra, 2022). Asimismo, el Aeropuerto Internacional El Dorado ha incorporado robots de limpieza autónomos en zonas de alto tráfico, reduciendo la exposición del personal a riesgos operativos y mejorando la eficiencia del servicio (Opaín, 2023).

Nota: La tabla 1 sintetiza experiencias representativas de implementación de modelos híbridos de limpieza en el contexto colombiano, integrando tecnologías digitales, automatización parcial y redefinición del rol de talento humano. Elaboración propia con base en fuentes sectoriales y literatura especializada.

El análisis de estas experiencias revela varios aprendizajes clave para el desarrollo de modelos híbridos sostenibles en Colombia:

1. El talento humano es el eje del modelo tecnológico. Las tecnologías de limpieza requieren de personal capacitado para su programación, mantenimiento y supervisión. Las empresas exitosas han invertido en la formación técnica y digital de su personal operativo, transformando su rol de ejecutores a gestores de tecnología (Gómez & Serrano, 2022).

2. La sostenibilidad es un diferenciador competitivo. Las organizaciones que han incorporado prácticas verdes, como el uso de insumos biodegradables y equipos eléctricos, han mejorado su posicionamiento en licitaciones y contratos corporativos (ANDI, 2023).
3. La inversión inicial se recupera en eficiencia. Aunque la adquisición de tecnología representa un costo elevado, los modelos híbridos permiten una reducción progresiva en los gastos operativos y en el consumo de recursos como agua y energía (Camacol, 2023).
4. El liderazgo organizacional es determinante. La implementación de tecnología no tiene éxito sin una cultura interna de innovación y una gestión del cambio que involucre a todos los niveles de la organización (Minciencias, 2023).

Referentes para un modelo propio organizacional

Los aprendizajes del contexto colombiano permiten plantear la construcción de un modelo propio de limpieza sostenible con tecnología y talento humano, basado en tres dimensiones principales:

- Dimensión tecnológica: adopción de herramientas digitales de monitoreo, automatización parcial de procesos, uso de maquinaria eléctrica y sistemas IoT que garanticen eficiencia y trazabilidad.
- Dimensión humana: desarrollo de competencias digitales, liderazgo operativo y formación continua del personal para su adaptación a nuevas tecnologías.
- Dimensión sostenible: reducción del impacto ambiental mediante la optimización del uso de agua, energía e insumos, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2022).

Un modelo híbrido exitoso debe integrar estos tres componentes bajo un enfoque de mejora continua, donde la innovación tecnológica esté al servicio de la sostenibilidad y la dignificación del trabajo humano.

Discusión y Conclusiones

Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que el sector de limpieza en Colombia avanza hacia una transición estructural basada en modelos híbridos que combinan digitalización, automatización, sostenibilidad y profesionalización del talento humano. Este cambio responde a la necesidad de superar las limitaciones del modelo tradicional, caracterizado por alta dependencia de mano de obra, baja trazabilidad y un uso intensivo de recursos. La evidencia revela que la incorporación de tecnologías como plataformas digitales, sistemas IoT y equipos robóticos permite mejorar la eficiencia operativa, aumentar la estandarización de los procesos y reducir la variabilidad asociada a la ejecución manual, elementos que históricamente han impactado la calidad del servicio.

Esta transformación no ocurre de manera aislada: se alinea con una tendencia global de modernización en industrias intensivas en trabajo físico, donde la automatización se utiliza para optimizar tareas repetitivas y disminuir riesgos ergonómicos, sin reemplazar el papel estratégico del trabajador (McKinsey, 2021). Al comparar estos avances incipientes con las prácticas observadas durante la misión académica en China, se confirma que los ecosistemas más desarrollados integran robots autónomos, sensores IoT y sistemas de analítica en tiempo real dentro de marcos organizacionales que promueven liderazgo adaptativo, infraestructura digital robusta e inversión sostenida en formación técnica. En estos entornos, la tecnología no se concibe como un fin, sino como un habilitador de modelos de gestión más eficientes y sostenibles.

Este hallazgo es congruente con lo planteado por Acemoglu y Restrepo (2019), quienes sostienen que la automatización genera valor cuando se implementa como

complemento del trabajo humano. Los modelos híbridos más exitosos no desplazan empleo, sino que transforman las funciones hacia actividades de mayor valor, como supervisión tecnológica, mantenimiento preventivo, gestión de datos y control de calidad.

De manera paralela, los resultados evidencian que la sostenibilidad ambiental se ha convertido en un criterio determinante tanto para clientes como para reguladores. En concordancia con United Nations Environment Programme (2021), los modelos híbridos basados en equipos eficientes, productos biodegradables y sistemas inteligentes de dosificación permiten disminuir consumos de agua, energía y químicos, reduciendo a su vez los impactos ambientales y los costos operativos asociados.

En conjunto, los hallazgos muestran que el modelo híbrido se configura como una solución integral y estratégica para el sector de limpieza en Colombia: incrementa la eficiencia, dignifica y profesionaliza el talento humano, reduce la presión ambiental y fortalece la competitividad organizacional frente a las nuevas demandas del mercado.

A partir de los hallazgos del proyecto, se formulan recomendaciones estratégicas para el sector de limpieza en Colombia, orientadas a fortalecer su competitividad y sostenibilidad en el mediano y largo plazo. En primer lugar, se sugiere implementar el modelo híbrido de limpieza y desinfección de manera progresiva, priorizando centros comerciales y grandes superficies con alta extensión física, donde la automatización genera mayores eficiencias operativas. En segundo lugar, se recomienda desarrollar un plan estructurado de capacitación del talento humano, enfocado en la supervisión de procesos automatizados, control de calidad y mantenimiento básico de equipos, lo cual permite mitigar el impacto social del cambio tecnológico. Adicionalmente, se propone incorporar indicadores de desempeño que midan productividad, consumo de insumos y reducción del impacto ambiental, con el fin de evaluar el retorno de la inversión tecnológica. Finalmente, se recomienda posicionar el modelo híbrido como una ventaja

competitiva en la propuesta de valor de la empresa, alineándolo con criterios de sostenibilidad exigidos por clientes corporativos y grandes superficies comerciales.

Conclusiones

Los resultados de la investigación permiten concluir que la transición del sector de limpieza en Colombia hacia modelos híbridos constituye un proceso necesario y estratégico, coherente con las tendencias globales de digitalización, automatización responsable y sostenibilidad. Este cambio responde directamente a las limitaciones del modelo tradicional, caracterizado por su alta dependencia de la fuerza laboral física, la baja estandarización operativa y un impacto ambiental significativo debido al consumo intensivo de agua, químicos y energía. Tal diagnóstico sustenta la necesidad de repensar el servicio desde una perspectiva integral que combine tecnología, talento humano y sostenibilidad ambiental.

El análisis del primer objetivo confirmó que los modelos actuales, basados casi exclusivamente en el trabajo manual, presentan restricciones que dificultan la escalabilidad del servicio y la mejora de los indicadores de productividad. Este hallazgo se alinea con la Teoría de Recursos y Capacidades (Barney, 1991), la cual señala que las organizaciones logran ventajas competitivas sostenibles cuando desarrollan recursos valiosos y difíciles de imitar. En el contexto de la limpieza profesional, la adopción de tecnologías robóticas, sistemas IoT y plataformas digitales se convierte en un recurso estratégico que, junto con el talento humano capacitado, fortalece la eficiencia operativa y añade valor a la propuesta de servicio.

El contraste con las experiencias internacionales, y de manera especial con los aprendizajes de la misión académica en China, se evidenció que los países líderes han integrado estas tecnologías dentro de estructuras organizacionales con una fuerte

orientación hacia la innovación, la formación técnica y la sostenibilidad. La sistematización de estas prácticas permitió identificar que la tecnología genera beneficios significativos solo cuando se implementa dentro de un proceso estructurado de cambio organizacional, lo cual coincide con los planteamientos del modelo de gestión del cambio de Kotter (1996). Elementos como el liderazgo visible, la construcción de una visión compartida, la eliminación de barreras internas y la celebración de victorias tempranas resultan determinantes para asegurar la adopción exitosa de modelos híbridos.

Asimismo, el enfoque de *Design Thinking* permitió reforzar la importancia de comprender el servicio desde las necesidades reales del usuario, del espacio y del personal operativo. La experiencia internacional demostró que los robots y las herramientas digitales son más efectivos cuando se diseñan para adaptarse a flujos reales de trabajo, condiciones arquitectónicas y dinámicas de uso, lo cual valida la necesidad de integrar innovación centrada en el usuario en el desarrollo del modelo organizacional propuesto.

Finalmente, la evaluación del contexto colombiano mostró que, si bien la adopción tecnológica aún es limitada, las experiencias existentes confirman mejoras en eficiencia, trazabilidad y seguridad operativa. Sin embargo, persisten barreras significativas relacionadas con la inversión inicial, la infraestructura digital disponible y la necesidad de fortalecer las competencias técnicas del talento humano. Estos desafíos resaltan la importancia de implementar programas de *upskilling*, estrategias de sensibilización y políticas internas que reduzcan la resistencia al cambio y faciliten la apropiación de las nuevas tecnologías.

En conclusión, la investigación demuestra que la adopción de un modelo híbrido sostenible es viable, pertinente y estratégica para el sector de limpieza en Colombia. La articulación entre capacidades tecnológicas, talento humano y cultura organizacional constituye la base para responder a los retos contemporáneos del sector, mejorar la

competitividad y avanzar hacia operaciones más eficientes, sostenibles y alineadas con el futuro del trabajo.

Referencias

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). *Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor*. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2) 3-30. <https://doi.org/10.1257/jep.33.2.3>
- Anaya, P. A., Castilla, Y., Guerrero, C., Jiménez, A. L., & Orozco, M. E. (2016). Evaluación microbiológica del programa de limpieza y desinfección de una planta procesadora de productos alimenticios avícolas de Cartagena-Bolívar, Colombia. *Revista de Investigación Agropecuaria y Desarrollo Sostenible (RIADS)*, 1(1), 10–22.
- ANDI. (2023). *Informe de sostenibilidad y transformación digital del sector servicios en Colombia*. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6.ª ed.). Caracas: Editorial Episteme.
- Asociación de Centros Comerciales de Colombia (Acecolombia). (2022). *Centros comerciales en Colombia* (1.ª ed.). AlfaGraphics.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). *Transformación digital y sostenibilidad en América Latina*. BID. <https://publications.iadb.org/>
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120.
- Brown, T. (2009). *Change by design: How design thinking creates new alternatives for business and society*. HarperBusiness.
- Cámara Colombiana de la Construcción. (2023). *Tendencias de automatización y sostenibilidad en infraestructura corporativa*. Camacol. <https://camacol.co/>
- Cámara de Servicios de la ANDI. (2023). *Informe de modernización del sector servicios en Colombia*. ANDI. <https://www.andi.com.co/>

Casalimpia S.A(2024a). Informe Interno de Rotación y Cobertura Operativa. Bogotá:

Dirección Nacional de Operaciones.

Casalimpia S.A. (2024b). Sitio oficial. <https://www.casalimpia.com/>

Colombia Compra Eficiente. (s.f.). Análisis del sector servicios generales de aseo.

Colombia Compra Eficiente.

[https://operaciones.colombiacompra.gov.co/sites/cce_public/files/documentos_adicionales_oc/analisis_del_sector_aseo_2025 - zona 1 ok 0.pdf](https://operaciones.colombiacompra.gov.co/sites/cce_public/files/documentos_adicionales_oc/analisis_del_sector_aseo_2025_-_zona_1_ok_0.pdf).

Congreso de Colombia. (2021). Ley 2101 de 2021: Por la cual se reduce la jornada laboral semanal de manera gradual, sin disminuir el salario de los trabajadores.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=168327>

Consultor Salud. (2026). Aumento del salario mínimo en Colombia 2026: esto es lo que debe saber – decretos 1469 y 1470 de 2025. [https://consultorsalud.com/aumento-](https://consultorsalud.com/aumento-del-salario-minimo-en-colombia-2026/)

[del-salario-minimo-en-colombia-2026/](https://consultorsalud.com/aumento-del-salario-minimo-en-colombia-2026/)

Costa, G. (2010). Shift work and health: current problems and preventive actions. *Safety and Health at Work*, 1(2), 112–123. <https://doi.org/10.5491/SHAW.2010.1.2.112>

de Souza, R. Q., Gomez, A. E. M., Bronzatti, J. A. G., Flores, P. L., Jiménez, D. J. V., Villalón, A. L., & Laranjeira, P. R. (2024). Directrices básicas latinoamericanas para la limpieza y preparación de dispositivos médicos para la esterilización. *American Journal of Infection Control*, 52(Suppl. 1), TS13–TS16.

EMIS. (2023). Casalimpia S.A. Financials and Key Metrics. Recuperado de:

<https://www.emis.com>

European Cleaning and Facility Services Industry (EFCI). (2023). Trends in the European cleaning industry: Sustainability and digitalization. Recuperado de

<https://www.efci.eu/publications/trends-2023>

FENASEO. (2023). Informe de Retos Operativos y Laborales del Sector Aseo en Colombia.

- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Gamboa Capacho, G. (2019). *Limpieza y desinfección relacionada con transmisión de microorganismos patógenos*. *Revista Criterios*, 26(1), 71-79. https://www.researchgate.net/publication/337613380_Limpieza_y_desinfeccion_re_lacionada_con_transmision_de_microorganismos_patogenos
- Gaussian Robotics. (n.d.). *Home*. <https://www.gaussianrobotics.com/home>
- Gómez, J., & Serrano, L. (2022). *Innovación tecnológica y sostenibilidad laboral en el sector de limpieza en Colombia*. *Revista de Administración y Competitividad*, 9(2), 57–73. <https://doi.org/10.26434/rac.2022.9.2.57>
- Hospitality Technology. (2022). *Automation in hospitality: Robots and AI redefine guest experience*. <https://hospitalitytech.com/>
- International Air Transport Association. (2023). *Sustainability and airport operations*. IATA. <https://www.iata.org/>
- International Facility Management Association (IFMA). (2023). *Workforce Evolution in Facility Services: Technology and Human Synergy*. IFMA Foundation.
- International Federation of Robotics. (2021). *World Robotics Report 2021: Service Robots*. <https://ifr.org/worldrobotics/>
- International Federation of Robotics - IFR. (2024). *World Robotics Report 2024, Service robots: Executive Summary*. International Federation of Robotics.
- International Labour Organization. (2019). *Work for a brighter future – Global Commission on the Future of Work*. International Labour Office. https://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_662410/lang--en/index.htm
- ISSA. (2022). *Cleaning Industry Management Standard (CIMS): Best practices for efficient and sustainable cleaning operations*. <https://www.issa.com/>

- Kirov, V., Thill, P., & Charles, N. (2015). Quality of work in the cleaning industry: A complex picture based on sectoral regulation and customer-driven conditions. *Transfer: European Review of Labour and Research*, 21(2), 171–185.
- Kotter, J. P. (1996). *Leading change*. Harvard Business School Press.
- Liedtka, J. (2018). Why design thinking works. *Harvard Business Review*, 96(5), 72–79.
- Liu, H., & Zhang, W. (2022). *Innovation ecosystems and robotics development in Chinese universities: The case of Tsinghua*. *Asian Journal of Innovation Policy*, 11(2), 34–49. <https://doi.org/10.7545/ajip.2022.11.2.34>
- Liu, W., Chen, J., Fei, Y., Hu, Z., Yu, C., & Gao, W. (2024). *A design study on commercial cleaning robots based on Kano–QFD*. *Sustainability*, 16(20), 8935.
- Marcos, J. (2024, 11 de junio). Revolución digital en el sector de la limpieza: innovación, sostenibilidad y desafíos. *Revistas limpiezas*. https://www.revistalimpiezas.es/especiales/servicios-de-limpieza/transformacion-digital-sector-limpieza_20240611.html
- Market Research Intellect. (2024, 12 de noviembre). Future of clean: Smart and robotic commercial floor cleaning machines transform facility maintenance. *Market Research Intellect*. <https://www.marketresearchintellect.com/blog/future-of-clean-smart-and-robotic-commercial-floor-cleaning-machines-transform-facility-maintenance/>
- McKinsey & Company. (2021). The future of operations: Technology and talent in service sectors. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/the-future-of-operations>
- McKinsey & Company. (2021). The future of work after COVID-19. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/mgi>
- McKinsey & Company. (2022). *The future of automation in facility management*. <https://www.mckinsey.com/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Guía de limpieza y desinfección.

https://madsigestion.minambiente.gov.co/files/mod_documentos/documentos/G-A-GAC-03/versiones/Limpieza%20y%20desinfeccion.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2023). *Informe sobre la adopción de tecnologías 4.0 en servicios empresariales en Colombia*. Minciencias. <https://minciencias.gov.co/>

Ministry of Commerce of the People's Republic of China. (2023). *China's innovation and technology policy report*. MOFCOM. <http://english.mofcom.gov.cn/>

Mordor Intelligence. (2026). Contract Cleaning Service Market – Size, Share & Industry Analysis. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/contract-cleaning-services-market>

Moreno. (2020). Modelo de negocio de empresas de aseo y desinfección: análisis de rentabilidad y sostenibilidad en Colombia [Trabajo de grado, Universidad EAFIT]. Repositorio Institucional EAFIT. <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/d19d007e-42d1-4cfd-b438-770c23ca1a1d/content>

Moviaseo. Empresas de aseo en Colombia: ¿es rentable contratarlas? Recuperado de <https://www.moviaseo.com/empresas-de-aseo-en-colombia-es-rentable-contratarlas/>

Moviaseo. Tendencias en el sector de empresas de aseo: lo que debes saber.

Recuperado de Tendencias en el Sector de Empresas de Aseo: Lo Que Debes Saber

Opaín. (2023). *Innovación y sostenibilidad en la operación aeroportuaria del Aeropuerto El Dorado*. Opaín S.A. <https://eldorado.aero/>

- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *Digital transformation and sustainable growth in China*. OECD. <https://www.oecd.org/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2022). *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: Innovación y ciudades sostenibles*. ONU. <https://www.un.org/>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2020). El futuro del trabajo en el sector de los servicios. https://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_762062/lang-es/index.htm
- Organización Internacional del Trabajo. (2020). El futuro del trabajo en un mundo digital: Hacia una transición inclusiva. OIT. https://www.ilo.org/global/topics/future-of-work/publications/WCMS_771749/lang-es/index.htm
- Organización Mundial de la Salud – OMS. (2021). Guías para limpieza institucional post-COVID-19.
- Portafolio. (2023, abril 15). *Empresas colombianas apuestan por la automatización en servicios de limpieza*. Portafolio. <https://www.portafolio.co/>
- Ramalingam, B., Yin, J., Elara, M. R., Tamilselvam, Y. K., Rayguru, M. M., Muthugala, M. A. V. J., & Gómez, B. F. (2020). A human support robot for the cleaning and maintenance of door handles using a deep-learning framework. *Sensors*, 20(12), 3543.
- Restauración Colectiva. 2024. Tecnología y sostenibilidad: últimas tendencias de limpieza en la restauración colectiva G2Green. Restauración colectiva. <https://www.restauracioncolectiva.com/n/ultimas-tendencias-de-limpieza-en-la-restauracion-colectiva-con-g2-green>
- Revista La Barra. (2022). *Transformación digital en el sector hotelero colombiano*. <https://www.revistalabarra.com/>

- Robottions. (2023). Automatización de la limpieza y mantenimiento industrial: beneficios, ventajas y tendencias. <https://www.robottions.com/automatizacion-limpieza-mantenimiento-industrial/>
- Ruan, K., Wu, Z., & Xu, Q. (2021). Smart Cleaner: A new autonomous indoor disinfection robot for combating the COVID-19 pandemic. *Robotics*, 10(3), 87.
- SAP Blog de Innovación. (2021). La inclusión de robots en el ámbito laboral puede mejorar la experiencia del empleado. SAP News Center Latinoamérica. <https://news.sap.com/latinamerica/2021/08/la-inclusion-de-robots-en-el-ambito-laboral-puede-mejorar-la-experiencia-del-empleado-blog/>
- Sebotics. Robots de limpieza industriales: cómo funcionan y qué ventajas ofrecen. <https://sebotics.com/es/robots-de-limpieza-industriales/>
- Seijo, L. (2024, 14 de marzo). Los robots de limpieza inteligentes han llegado para quedarse. *Revista limpiezas*. https://www.revistalimpiezas.es/especiales/maquinaria/robots-limpieza-inteligentes_20240314.html
- Serveo. (2023). Limpieza inteligente: optimizando la eficiencia. <https://serveo.com/limpieza-inteligente-optimizando-la-eficiencia>
- Sodexo. (2024). La era de la limpieza inteligente: tecnologías para un futuro sostenible. <https://es.sodexo.com/blog/2024/tecnologia-limpieza-sostenible>
- Spencer, M. (2017). *Evidence demonstrating the persistent contamination of environmental surfaces despite traditional cleaning and disinfection methods*. *American Journal of Infection Control*, 45(12), 1396–1402.
- Tecnovap Latinoamérica. (2024). *Lobby Scrubber 50 – Ficha técnica: Fregadora robótica con inteligencia artificial*. <https://www.tecnovap.co>

- Tennant Company. (2022). Robotics and the hybrid cleaning model: A collaborative approach to productivity and sustainability. Recuperado de https://www.tennantco.com/en_us/blog/robotics-in-cleaning.html
- United Nations. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- United Nations Environment Programme. (2021). *Sustainability in cleaning services: Reducing environmental impact through innovation*. UNEP. <https://www.unep.org>
- Villarreal, J. A. (s.f.). *Evaluación microbiológica de los procedimientos de limpieza y desinfección en los laboratorios del Programa de Bacteriología de la Universidad de Santander – UDES, Cúcuta*. Manuscrito inédito, Universidad de Santander.
- Wang, Y., Hong, X., Ma, Z., Ma, T., Qin, B., & Su, Z. (2023). Towards Practical Multi-Robot Hybrid Tasks Allocation for Autonomous Cleaning. arXiv preprint arXiv:2303.06531v2. <https://arxiv.org/abs/2303.06531>
- Washington State Department of Labor & Industries. (2022). *Janitorial workload study*. Division of Occupational Safety & Health (DOSH).
- World Economic Forum. (2020). The future of jobs report 2020.
- World Economic Forum. (2023). *Technology and sustainability in the service economy*. WEF. <https://www.weforum.org/https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>.
- Zhao, Y., Chen, X., & Li, D. (2021). *Smart environments and IoT-driven facility management: Case studies from China*. *Journal of Cleaner Production*, 310, 127–152. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127152>
- ZTE Corporation. (2023). *5G smart infrastructure and connected robotics report*. ZTE. <https://www.zte.com.cn/>