

Revisión sistemática de literatura sobre tecnologías emergentes aplicadas a la vigilancia
tecnológica en entornos industriales

Vladimir Andrés Muñoz Gómez

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Industrial

Director

Ferney Mauricio Calderón

Magister en Gerencia de Negocios - MBA

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Ingeniería Industrial
Bucaramanga
2026

Dedicatoria

Quiero dedicar mi trabajo de grado, principalmente, a mis padres.

A mi mamá, Tiany Gómez, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme a no rendirme incluso en los momentos más difíciles. Todo este esfuerzo también es por ella; así como alguna vez se dijo “yo juego para vos,

mamá”, en mi caso, cada logro académico y este trabajo son para ella.

A mi papá, Vladimir Muñoz, por sus constantes palabras de aliento y por acompañarme en cada etapa de este proceso, siempre impulsándome a seguir adelante.

A mi hermana, Mónica López, por su presencia y acompañamiento desde el inicio de mi carrera, y a mi hermano, Álvaro López, por escucharme y apoyarme en los momentos más difíciles, cuando más lo necesitaba durante este camino académico.

A mi abuelita Marcolina, por su amor y ternura, y porque siempre estuvo presente en mis pensamientos.

A mi mejor amiga, Valentina Amaya, quien es como una hermana para mí y una de las personas más importantes en mi vida. Gracias por acompañarme desde el inicio de este camino, por escucharme en cada momento y por brindarme apoyo incluso en los días más difíciles.

También a mi amigo Leonardo, uno de los pocos amigos que hice durante la carrera, quien siempre me ayudó en todo lo que estuvo a su alcance.

A mi gato Yorke, porque tal vez sin él no estaría aquí.

Y finalmente, a mí mismo, porque, a pesar de las dudas y de los momentos en los que pensé en rendirme, logré seguir adelante y culminar este proceso.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me acompañaron y apoyaron a lo largo de mi carrera y durante el desarrollo de este trabajo.

En primer lugar, agradezco al profesor Ferney Calderón, quien, en uno de los momentos más difíciles de mi vida académica, aceptó ser mi director de trabajo de grado. Su confianza y apoyo significaron mucho para mí.

A mis hermanos, por su respaldo incondicional en cada etapa de este proceso. A todos mis amigos de la universidad, especialmente a William, por su constante ayuda y disposición.

A mi tío Idi Gómez y a su hijo Esteban Gómez, quien es prácticamente un hermano para mí; les agradezco de corazón por su apoyo y motivación.

A mis mejores amigos, los “Ingenieros del Balón Pie”, por estar siempre presentes. En los momentos en los que sentí que caía, fueron ellos quienes me levantaron. Tal vez no sean mi familia de sangre, pero son la familia que elegí.

A mis amigas Melisa, Valentina y Mafe, por su apoyo constante y por estar siempre para mí.

Finalmente, agradezco profundamente a mis padres, por darme la oportunidad de estudiar, por creer en mí y por acompañarme en cada paso. Todo lo que soy y todo lo que hago es gracias a ellos.

Al final, somos una mezcla de todas las personas que han sido parte de nuestro camino.

Me alegra saber que muchas de ellas son parte esencial de quien soy hoy.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción.....	11
Cumplimiento de objetivos.....	13
1. Generalidades del proyecto.....	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
2. Objetivos.....	16
2.1. Objetivo general.....	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. Marco de referencia.....	16
3.1. Marco de antecedentes.....	16
3.2. Marco teórico.....	18
3.2.1. La vigilancia tecnológica en el contexto industrial.....	18
3.2.2. Tecnologías novedosas.....	18
3.2.3. Metodologías clave para la transformación de datos en inteligencia estratégica.....	19
4. Metodología.....	20
4.1. Fase 1: Diseño de la revisión.....	21
4.2. Fase 2: Desarrollo de la revisión.....	21
4.3. Fase 3. Análisis de los resultados.....	22
4.3.1. Análisis bibliométrico (tendencias).....	23
4.3.2. Análisis cualitativo de metodologías.....	23
4.3.3. Evaluación de aplicabilidad y efectividad.....	23
5. Revisión de literatura.....	24
5.1. Análisis bibliométrico.....	24

5.1.1. Ecuación de búsqueda.....	24
5.1.2. Evaluación de pertinencia (método del semáforo).....	26
5.1.3. Análisis de tendencias.....	27
5.2. Análisis VosViewer	30
5.3. Análisis preliminar de literatura.....	33
6. Resultados de la investigación	38
6.1. Tendencias en el uso de tecnologías emergentes para la vigilancia tecnológica.....	38
6.2. Metodologías para implementar vigilancia tecnológica	44
6.2.6. Tabla de metodologías	48
6.2.7. Clasificación de las metodologías.....	53
6.3. Aplicabilidad y efectividad de tecnologías emergentes en vigilancia tecnológica.....	55
7. Conclusiones	65
8. Recomendaciones	68
Referencias Bibliográficas	70

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Cumplimiento de objetivos</i>	13
Tabla 2. <i>Palabras clave</i>	24
Tabla 3. <i>Ecuación de búsqueda</i>	25
Tabla 4. <i>Resumen de uso de tendencias en la vigilancia tecnológica</i>	42
Tabla 5. <i>Metodologías para implementar vigilancia tecnológica</i>	49
Tabla 6. <i>Clasificación de metodologías</i>	54
Tabla 7. <i>Aplicabilidad y efectividad de tecnologías emergentes</i>	58

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Documentos por año Scopus</i>	28
Figura 2. <i>Países donde se publicaron los artículos</i>	29
Figura 3. <i>Documentos por área temática</i>	29
Figura 4. <i>Mapa de concurrencia de términos</i>	31
Figura 5. <i>Mapa de densidad de términos</i>	33

Lista de Apéndices

Apéndice A. *Método del semáforo*

Apéndice B. *Tecnologías*

Apéndice C. *Propuesta de artículo publicable*

Resumen

Título: Revisión sistemática de literatura sobre tecnologías emergentes aplicadas a la vigilancia tecnológica en entornos industriales *

Autor: Vladimir Andrés Muñoz Gómez **

Palabras Clave: Vigilancia tecnológica; análisis bibliométrico; tecnología; Industria 4.0; Industria 5.0; minería de texto; inteligencia artificial

Descripción:

La transformación digital de la industria 4.0 y su evolución hacia la industria 5.0 ha impulsado la invención acelerada de tecnologías como la inteligencia artificial (IA), internet de las cosas (IoT), entre otras; sin embargo, el creciente volumen de publicaciones científicas y documentos de patentes genera dificultades para la identificación sistemática de tendencias emergentes y oportunidades tecnológicas con valor estratégico para los sectores productivos. En este contexto, el objetivo de la presente investigación es analizar las tendencias tecnológicas en el uso de tecnologías emergentes para la vigilancia tecnológica en entornos industriales, mediante la identificación de metodologías, herramientas y enfoques prevalentes en la literatura científica reciente, mediante una revisión de literatura apoyada en técnicas de análisis bibliométrico. La metodología se desarrolla bajo un enfoque de una revisión estructurada que contempla: La definición de estrategias, la aplicación de dichas estrategias y la selección de estudios y por último el análisis comparativo y temático de la evidencia. Como resultado se consolida un panorama de tecnologías y metodológicas predominantes para la detección de tendencias, destacando enfoques basados en IA, análisis bibliométricos, analítica predictiva y minería de texto. Finalmente, se discuten brechas y oportunidades de investigación a fortalecer procesos de vigilancia tecnológica. Los hallazgos evidencian que las tecnologías basadas en inteligencia artificial, minería de texto y analítica predictiva presentan el mayor potencial para transformar los procesos de vigilancia tecnológica, al permitir la automatización del análisis y la detección temprana de oportunidades de innovación. No obstante, su implementación enfrenta barreras relacionadas con la disponibilidad de infraestructura tecnológica, la capacidad institucional y el rezago temporal propio de las fuentes de información utilizadas.

* Trabajo de grado

** Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería Físicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Ferney Mauricio Calderón. Magister en Gerencia de Negocios MBA.

Abstract

Title: Systematic literature review on emerging technologies applied to technology intelligence in a industrial environments *

Author: Vladimir Andrés Muñoz Gómez **

Key Words: Industry 4,0; Industry 5,0; Technology intelligence; Bibliometric analysis; Text Mining; Technological trends; artificial intelligence

Description:

The digital transformation associated with industry 4.0 and its evolution toward industry 5.0 has accelerated the development of emerging technologies such as Artificial Intelligence (AI), the internet of things (IoT), cyber-physical systems, and advanced analytics. However, the sustained growth of scientific publications and patent documents makes the structured identification of emerging trends and technological opportunities with strategic value for productive sectors difficult. In the context, the objective is to identify and analyze technological trends related to both industries through a literature review supported by bibliometric analysis techniques. The methodology is developed under a structured review approach that includes the definition of strategies, the application of these strategies, the selection of studies, and finally the comparative thematic analysis of the evidence. As a result, an overview of predominant technologies and methodologies for trend detection is consolidated, highlighting approaches based on artificial intelligence, bibliometric analysis, predictive analytics, and text mining. Finally, research gaps and opportunities are discussed to strengthen technological surveillance processes. The findings reveal that technologies based on artificial intelligence, text mining, and predictive analytics present the greatest potential to transform technology intelligence processes by enabling automated analysis and early detection of innovation opportunities. However, their implementation faces barriers related to technological infrastructure availability, institutional capacity, and the temporal lag inherent in the information sources used.

* Degree Work

** Industrial University of Santander, Faculty of Physics Mechanics Engineering, School of Industrial and Business Studies. Director: Ferney Mauricio Calderón. Master in Business Management MBA.

Introducción

El rápido crecimiento tecnológico ha transformado totalmente la forma en que la industria gestiona: la información, la innovación y la competitividad. En este sentido, la vigilancia tecnológica se encarga de la recopilación, análisis y la difusión de información científica y técnica para respaldar la toma de estrategias de la empresa (Porter & Cunningham, 2019), lo cual se ha vuelto esencial para anticipar los cambios en el entorno e identificar posibles mejoras y oportunidades de innovación. La aparición de la Industria 4.0 ha impulsado un cambio significativo en los sistemas de producción ya que ha incorporado nuevas tecnologías como la Inteligencia Artificial (AI), el Internet de las Cosas (IoT), el aprendizaje automático y el análisis de Big Data en los sistemas de monitoreo tecnológico, el objetivo es optimizar las capacidades analíticas y predecirlas (Ardito, 2021).

Estas tecnologías no solo han permitido un procesamiento de información más rápido, sino también el descubrimiento de patrones y tendencias previamente desapercibido. De este modo, ofrecen una nueva manera de ver y de comprender la dinámica tecnológica y competitiva en diversas industrias, las herramientas basadas en inteligencia artificial o Big Data permiten ahora evaluar los avances en sectores específicos, monitorizar patentes como también el poder identificar innovaciones y anticipar los cambios en el mercado (Myagmar-Ochir & Kim, 2023). A pesar de su rápido crecimiento, aún no hay una visión única sobre cómo se utilizan estas tecnologías en los procesos de monitorización tecnológica y qué métodos son más eficaces para las distintas industrias. La información se encuentra dividida en varios estudios, lo que dificulta comprender el panorama general y limita las oportunidades para aprovechar totalmente su potencial.

Se busca realizar una revisión sistemática de la literatura para facilitar la estructuración y síntesis del conocimiento actual sobre las nuevas tecnologías en el campo de la vigilancia

tecnológica en entornos industriales y el objetivo que se abordará en el estudio es identificar las principales tendencias, métodos y herramientas de los últimos cinco años, evaluar su eficacia y determinar las áreas de mayor impacto, de igual manera se busca establecer una base sólida para futuras investigaciones y apoyar a empresas, universidades e instituciones en el desarrollo de estrategias tecnológicas más informadas.

Comprender cómo las nuevas tecnologías están transformando la vigilancia tecnológica no solo constituye una contribución académica, sino también una oportunidad para fortalecer la innovación, la competitividad y la adaptabilidad institucional ante los desafíos de la era digital, también contribuye a la comprensión de un campo en constante evolución donde la información, la tecnología y la inteligencia estratégica interactúan para impulsar el desarrollo industrial, tanto hoy como en el futuro.

Cumplimiento de objetivos**Tabla 1.***Cumplimiento de objetivos*

Objetivo	Cumplimiento
Identificar las principales tendencias en el uso de tecnologías emergentes para la vigilancia tecnológica en entornos industriales, mediante el análisis de literatura científica.	Capítulo 6.1
Examinar las metodologías más utilizadas en la literatura para implementar vigilancia tecnológica, considerando enfoques como análisis bibliométrico y analítica predictiva.	Capítulo 6.2
Evaluar la aplicabilidad y efectividad de tecnologías emergentes reportadas en vigilancia tecnológica para entornos industriales y sectores productivos.	Capítulo 6.3

1. Generalidades del proyecto

1.1. Planteamiento del problema

El acelerado avance de la transformación tecnológica que acompaña a la Industria 4.0 y más recientemente a la Industria 5.0 ha propiciado grandes modificaciones en la forma en que las organizaciones producen, gestionan y toman decisiones. La generación de nuevas herramientas como la inteligencia artificial, el internet de las cosas (IoT), el machine learning, el Big Data, entre otras ha dado lugar a un escenario industrial cada vez más complejo y altamente competitivo, donde adaptarse o anticiparse a la innovación se ha convertido más que en una opción, en una necesidad.

En este sentido, la vigilancia tecnológica tiene una función necesaria ya que permite recoger, analizar y transformar información tanto científica como técnica en la generación de conocimiento empleado para la toma de decisiones estratégicas. No obstante, a pesar del valor ampliamente reconocido, su uso en el marco del entorno industrial aún presenta limitaciones importantes. Pues, en ocasiones, las empresas no disponen de metodologías estructuradas en el marco de la vigilancia tecnológica o bien, no saben en qué tecnologías emergentes deben apoyarse para mejorar.

El corpus científico muestra un interés creciente por la integración de herramientas como la inteligencia artificial y la analítica avanzada en la vigilancia tecnológica (Ardito 2021; Myagmar-Ochir & Kim, 2023), sin embargo, los resultados continúan siendo dispersos, no se habla de usar estas herramientas en sectores donde se obtienen resultados evidentes, ni se identifica alguna metodología que conduzca a resultados satisfactorios. Esta falta de sistematización dificulta la adopción de prácticas efectivas, sobre todo en contextos industriales donde los recursos tecnológicos son limitados.

Por lo tanto, será necesario realizar un análisis global sobre cómo están siendo utilizadas las tecnologías emergentes en los procesos de vigilancia tecnológica industrial, identificando las principales tendencias, metodologías y aplicaciones principales que permitan entender su impacto. Abordar en esta carencia permitirá poder establecer un punto de referencia clave para el diseño de estrategias más efectivas, capaces de optimizar la innovación y fortalecer la competitividad en los entornos productivos actuales.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Analizar las tecnologías emergentes aplicadas en procesos de vigilancia tecnológica dentro de entornos industriales, con el propósito de identificar las mejores prácticas, metodologías y aplicaciones.

2.2. Objetivos específicos

Identificar las principales tendencias en el uso de tecnologías emergentes para la vigilancia tecnológica en entornos industriales, mediante el análisis de literatura científica.

Examinar las metodologías más utilizadas en la literatura para implementar vigilancia tecnológica, considerando enfoques como análisis bibliométrico y analítica predictiva.

Evaluar la aplicabilidad y efectividad de tecnologías emergentes reportadas en vigilancia tecnológica para entornos industriales y sectores productivos.

3. Marco de referencia

3.1. Marco de antecedentes

En la Universidad Industrial de Santander (UIS), se ha trabajado muy poco la terminología de Vigilancia Tecnológica, en la revisión realizada se encuentran dos trabajos de grado de Fisicoquímica y dos de Fisicomecánicas, los cuales contribuyen en el fortalecimiento de la temática, abordando distintas áreas de aplicación y mostrando la polivalencia de esta herramienta para el análisis y la gestión del conocimiento científico y tecnológico en sectores estratégicos.

Álvarez Villamizar y Peralta Chaparro (2016) realizaron un estudio de vigilancia tecnológica sobre la digestión anaerobia en Colombia utilizando un software bibliométrico especializado, este trabajo de grado permite identificar las principales tendencias investigativas y relevantes del campo, este aporta una visión completa sobre el estado del arte y el desarrollo tecnológico tratado.

Beleño Mier (2015) aplica la vigilancia tecnológica a los procesos de biorremediación ex-situ con reactores de lodos activados, este tuvo un propósito de evaluar la viabilidad y el funcionamiento en la ciudad de Barrancabermeja. El estudio fue importante para el ámbito de la vigilancia tecnológica ya que resalta la identificación de tecnologías sostenibles aplicadas en un contexto más local.

Así mismo, Arias Barbosa y Garcia Badillo (2021) desarrollaron una vigilancia tecnológica enfocada en las tecnologías de conectividad transferibles al sector educativo rural, Este trabajo de grado evidencio como la vigilancia tecnológica se puede emplear para reducir las divisiones digitales, todo para orientar nuevas estrategias en materia para innovar en sectores educativos.

Por último, Gómez Chaparro y Puentes Maldonado (2018) realizaron un proceso de vigilancia tecnológica para la identificación de tecnologías medulares y emergentes que fortalecieron la competitividad del agrópolis en el Magdalena Medio, destacando su utilidad en la planificación territorial y en la formulación de políticas tecnológicas.

Estos cuatro trabajos de grado de la Universidad, muestran cómo se ha incorporado la vigilancia tecnológica en diversos contextos, ya sea ambiental, educativo, industrial, territorial, entre otros. Esto evidencia el crecimiento y el consolidado de la vigilancia tecnológica como herramienta clave e importante para el análisis y la innovación en diferentes sectores productivos.

3.2. Marco teórico

Se habla sobre la entrelazada de tres pilares conceptuales críticos: la vigilancia tecnológica, el proceso estratégico las tecnologías emergentes como unas herramientas de cambio y el entorno industrial donde se aplican.

3.2.1. La vigilancia tecnológica en el contexto industrial

La Vigilancia Tecnológica se considera un proceso metódico y ordenado de recopilación análisis distribución y uso de información estratégica, con la meta de ayudar en la toma de decisiones. Su rol principal es disminuir la incertidumbre acerca del futuro tecnológico el desarrollo del mercado y la posición competitiva de una organización. La importancia de la vigilancia tecnológica ha crecido muchísimo en los entornos industriales de hoy en día, movida por la Industria 4. 0 y la Industria 5. 0. Este ambiente se caracteriza por un rápido cambio tecnológico y la gran producción de datos Big Data. Frente a este ritmo acelerado, la habilidad de una entidad industrial para prever innovaciones, evaluar incesantemente su ubicación, y dominar el saber, se torna algo esencial; no sólo un beneficio. Mirándolo así, el seguimiento tecnológico sobrepasa su rol usual de soporte y ahora, se manifiesta como un propulsor de innovación y adaptación activa en las industrias.

3.2.2. Tecnologías novedosas

Para vencer los obstáculos presentes en los sistemas de rastreo habituales, que tienden a ser lentos para tratar altos cúmulos de datos y afrontar la intrincada información científica y de negocio, la monitorización tecnológica moderna se sustenta, básicamente, en las tecnologías

emergentes. Tales instrumentos fingen como los aceleradores permitiendo la puesta en marcha a gran escala de la analítica avanzada.

Entre las tecnologías importantes que motivan esta transformación de la monitorización tecnológica se puede mencionar:

Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático: Estas son, la raíz misma para mecanizar el proceso de descubrimiento y análisis. El Aprendizaje Automático, facilita la detección de patrones complicados, categorizar montones de texto, como patentes o artículos y, además, predecir cosas sin programar explícitamente cada cosa que hay que hacer. La inteligencia artificial cambia la transferencia tecnológica, de la mera vigilancia de palabras clave a una extracción activa de conocimiento oculto.

Big Data: esto no solo es la cantidad de información, sino también la rapidez con la que se crea, y la diversidad de formatos (texto, números, imágenes, etc.). El análisis de datos comprende todas las herramientas y técnicas necesarias para gestionar, guardar, limpiar y, a fin de cuentas, convertir estos montones enormes y diferentes de datos en la materia prima clave para la inteligencia estratégica.

El Internet de las Cosas (IoT): aunque primordialmente interseca sistemas y captura datos al instante dentro de la planta, los datos que genera sobre rendimiento de procesos, fallos y patrones de uso son una fuente crucial de información, apta para integrarse y monitorearse por sistemas de vigilancia tecnológica.

3.2.3. Metodologías clave para la transformación de datos en inteligencia estratégica

El proceso de vigilancia tecnológica se apoya en aplicar metodologías analíticas detalladas, para transformar datos crudos en inteligencia estratégica útil. Este análisis examina dos enfoques analíticos esenciales, que se fusionan en el ecosistema de la transferencia

tecnológica.

Análisis bibliométrico; esta metodología investigativa cuantitativa, usa métodos matemáticos y estadísticos para medir y analizar la producción científica y tecnológica, revistas, artículos, patentes. Dentro de la vigilancia tecnológica, el análisis bibliométrico permite trazar un dominio tecnológico, develando su estructura histórica y actual, por supuesto. Lograr esto implica cartografiar la actividad de autores países e instituciones y descubrir las redes de colaboración esto facilita discernir tendencias clave y áreas donde el saber se concentra intensamente, transformándose.

Análisis predictivo simboliza el avance de la vigilancia tecnológica, dirigiéndose a la previsión y predicción. Realmente, un cúmulo de técnicas que el aprendizaje automático y la inteligencia artificial impulsan, usando patrones de datos previos para anticipar resultados o caminos futuros. En tecnología, el análisis predictivo modela la curva de madurez de una innovación, predice el auge o declive industrial, o visualiza el accionar de la competencia.

4. Metodología

La metodología se basa en una revisión sistemática de literatura en la cual el enfoque estructurado es esencial para organizar y sintetizar el conocimiento existente, asegurando la rigurosidad y la trazabilidad del estudio. Este tipo de revisión se caracteriza por seguir un proceso estructurado y transparente para reducir y para asegurar la validez de los resultados obtenidos, para ello, se siguieron los lineamientos de PRISMA, que establece una secuencia para garantizar la

calidad del proceso (Page,2021). PRISMA 2020 se emplea como referencia metodológica central para la rigurosidad de la revisión, cada etapa, desde la identificación hasta el análisis final, se documenta de forma clara y coherente, siguiendo las recomendaciones de Page (2021), lo que asegura la confiabilidad del proceso y los estándares internacionales de una revisión sistemática.

En general la revisión de literatura se realiza en tres fases, desde la planeación, ejecución y análisis de los resultados que permite examinar las principales tendencias mediante un análisis bibliométrico, las metodologías más utilizadas mediante un análisis temático cualitativo y una evaluación de la aplicabilidad y efectividad de la vigilancia tecnológica en entornos industriales.

4.1. Fase 1: Diseño de la revisión

Esta fase se centra en la división precisa del alcance del estudio y de los criterios de búsqueda, los pilares temáticos utilizados fueron: Vigilancia tecnológica, tecnologías emergentes y los entornos industriales. Se utiliza la base de datos de Scopus, ya que tiene un alto nivel científico, resumido a un periodo de tiempo de 5 años (2020 a 2025), todo esto para garantizar los artículos más recientes de la vigilancia tecnológica

Se diseña una estrategia de búsqueda detallada donde se definieron grupos de palabras clave para cada pilar temático y se realiza una ecuación de búsqueda (Tabla 1 y 2 respectivamente).

4.2. Fase 2: Desarrollo de la revisión

Esta fase se centra en la ejecución de la ecuación de búsqueda y del proceso de depuración de los resultados encontrados. La búsqueda arroja 166 artículos, donde se realiza un proceso de depuración bastante riguroso, se procede a construir una plantilla de Excel, inicialmente con los datos referenciales extraídos de las bases de datos, se eliminan duplicados y se parte de esta información para la revisión inicial de títulos y resúmenes, con el fin de descartar o seleccionar los

estudios más relevantes que servirán de base para la investigación, especialmente los artículos puramente teóricos que no estaban en contextos industriales. Para finalizar se realiza una evaluación crítica medida por el método del semáforo, para asegurar la calidad de la selección, Rojo artículos enfocados en contextos diferentes o artículos irrelevantes a la revisión de literatura, Amarillo, relación media y Verde, artículos con alta relación. Este filtro permite reducir la cantidad inicial de 166 a un grupo depurado de 36 altamente relevantes, los cuales serán la base para el análisis sistemático.

4.3. Fase 3. Análisis de los resultados

En el análisis bibliométrico, se evalúan las tendencias de las publicaciones, como por año de publicación, el país o territorio (este puede dar contexto al artículo) y por área temática.

Se utiliza VOSviewer para mapear la estructura conceptual del campo, donde se generaron dos mapas: Concurrencia de términos y densidad de términos, en el análisis de contenido preliminar, se examinaron cualitativamente los artículos a identificar, metodologías clave (análisis bibliométrico, análisis predictivo, etc.) y temas de mayor impacto como lo son: sostenibilidad, gestión estratégica y eficiencia de producción.

Para el análisis más detallado, se procede a tomar la plantilla de Excel para revisar estos estudios, complementando en campos adicionales, datos de la metodología de investigación o principales hallazgos de interés que aportan en el cumplimiento de los objetivos, como el *sector industrial, tecnología descrita, objetivo del estudio, metodología aplicada, datos o fuentes usadas, métricas o resultados que evidencien la efectividad, limitaciones, recomendaciones*. Esto servirá para sintetizar la información del análisis de las principales tendencias de la temática, las metodologías aplicadas y la evaluación de la utilidad real de las tecnologías emergentes en los procesos de la vigilancia tecnológica en entornos industriales.

Para valorar el aporte real de las tecnologías emergentes en entornos industrial, se incorporaron métodos cualitativos, comparativos y de síntesis profunda que permiten identificar su potencial práctico.

4.3.1. *Análisis bibliométrico (tendencias)*

Evolución temporal de publicaciones.

Países, instituciones y autores destacados.

Redes de coautoría, co-ocurrencia de palabras clave.

Mapas de calor, clusters temáticos y diagramas de tendencias (VOSviewer)

4.3.2. *Análisis cualitativo de metodologías*

Identificación de metodologías más usadas en vigilancia tecnológica, como análisis bibliométrico, analítica predictiva, minería de texto, NLP (topic modelling, sentiment analysis), sistemas basados en IA, plataformas de vigilancia automática, entre otras. Finalmente se realiza una síntesis narrativa comparativa con la información recolectada.

4.3.3. *Evaluación de aplicabilidad y efectividad*

En esta etapa final, para valorar el aporte real de las tecnologías emergentes en entornos industrial, se incorporaron métodos comparativos y de síntesis profunda que permiten identificar su potencial práctico. Para lo cual se formula una tabla comparativa de tecnologías emergentes vs. sectores industriales, mediante la identificación de beneficios reportados (eficiencia, predicción, automatización, detección temprana), limitaciones de uso en industria real y madurez tecnológica de acuerdo con nivel de desarrollo y grado de adopción reportada (TRL u otro indicador si aplica).

Estas técnicas van a permitir determinar no solo que tecnologías emergentes existen, sino cuales son realmente útiles, viables y prometedoras dentro del sector industrial.

5. Revisión de literatura

5.1. Análisis bibliométrico

5.1.1. Ecuación de búsqueda

Para el análisis bibliométrico se desarrolla inicialmente una estrategia de búsqueda de literatura siguiendo un proceso sistemático que permita recolectar información pertinente para el estado del arte. En la fase inicial, no se realiza un simple conteo, sino la construcción de una base de datos de documentos que aportan a la investigación. Se parte de la identificación de los conceptos o términos principales del tema de investigación como: *vigilancia tecnológica*, *tecnologías emergentes* y *entornos industriales*, y posteriormente se determinan sus sinónimos, variantes terminológicas o términos relacionados, que permitan relacionarse para la construcción de la ecuación de búsqueda que permita ampliar y optimizar los resultados de búsqueda.

Tabla 2.

Palabras clave

Términos Clave	Términos Asociados
Vigilancia tecnológica	technology surveillance, technological monitoring, technology foresight, technology intelligence, technology watch, tech mining, patent monitoring, trend analysis, bibliometric analysis, knowledge discovery, competitive intelligence, strategic intelligence, innovation monitoring.

Tecnologías emergentes	emerging technologies, artificial intelligence, AI, machine learning, ML, deep learning, neural networks, natural language processing, big data, data analytics, predictive analytics, internet of things, IoT, cloud computing, digital transformation, blockchain, smart system.
Industria o entornos industriales	industry, industrial sector, industrial applications, manufacturing, production systems, industrial engineering, industry 4.0, industrial processes, supply chain, smart manufacturing, industrial automation, cyber-physical systems, industrial innovation, digital manufacturing, production efficiency

El proceso se ejecuta sobre la base de datos de Scopus, la cual es reconocida por su alta calidad y nivel científico de artículos publicados y como criterio de inclusión se limite al rango de años de 2020 a 2025. Esta ventana de tiempo, de apenas cinco años, garantiza que los resultados reflejen las discusiones y las innovaciones más recientes en un sector que avanza y evoluciona constantemente.

Tabla 3.

Ecuación de búsqueda

Scopus	TITLE-ABS-KEY (("vigilancia tecnologica" OR "technology surveillance" OR "technological surveillance" OR "technology watch" OR "technology monitoring" OR "technology foresight" OR "technology scouting" OR "competitive intelligence" OR "trend analysis" OR "patent analysis") AND ("emerging technologies" OR "artificial intelligence" OR "AI" OR "machine learning" OR "ML" OR "deep learning" OR "neural networks" OR "natural language processing" OR "big data" OR "data analytic" OR	166 artículos
---------------	--	---------------

```
"predictive analytic" OR "internet of thing" OR "IoT" OR "cloud
computing" OR "digital transformation" OR "blockchain" OR
"smart system" ) AND ( "industrial sector" OR "industrial
application" OR "manufacturing" OR "production system" OR
"industrial engineering" OR "industry 4.0" OR "industrial process"
OR "supply chain" OR "smart manufacturing" OR "industrial
automation" OR "production efficiency" ) ) AND PUBYEAR >
2019 AND PUBYEAR < 2026 AND ( LIMIT-TO (
EXACTKEYWORD , "Competitive Intelligence" ) OR LIMIT-TO (
EXACTKEYWORD , "Patents And Inventions" ) OR LIMIT-TO (
EXACTKEYWORD , "Technology Foresight" ) OR LIMIT-TO (
EXACTKEYWORD , "Trend Analysis" ) OR LIMIT-TO (
EXACTKEYWORD , "Bibliometrics Analysis" ) )
```

La búsqueda inicial arroja 166 documentos, los cuales fueron sometidos a un proceso de depuración para garantizar su relevancia y coherencia con los objetivos del trabajo de grado. En esta etapa, se eliminan los duplicados y los que no abordaban directamente la relación entre vigilancia tecnológica y tecnologías emergentes. luego, se descartan artículos con enfoque puramente teórico o no aplicados a contextos industriales y se conservan los artículos que cumplen con los siguientes criterios:

- Aplicación de tecnologías emergentes dentro de procesos de vigilancia tecnológica.
- Enfoque orientado a entornos industriales o productivos.
- Publicación en revistas científicas indexadas entre 2020 y 2025.

5.1.2. Evaluación de pertinencia (método del semáforo)

Teniendo en cuenta que 166 artículos es un número elevado, pero la cantidad no necesariamente es sinónimo de calidad, se procede a depurar más la búsqueda y asegurar la calidad,

exportando en Excel los datos referenciales de los documentos y con ellos implementar un proceso crítico de selección llamado el método el semáforo:

- Rojo: Artículos los cuales al revisar el resumen se enfocaban en aspectos netamente teóricos o en contextos ajenos a la industria
- Amarillo: Relación media, su enfoque es útil para la investigación, pero el núcleo del trabajo está fuera de lo que se busca
- Verde: Artículos con alta relación ya que abordan temas de tecnologías emergentes (inteligencia artificial, Big Data, internet de las cosas, entre otras) a la vigilancia tecnológica dentro del contexto industrial

Este riguroso filtro es clave para pasar de una cantidad inicial de 166 documentos a un grupo depurado de 36 artículos altamente relevantes. Solo este grupo, con la luz verde, es el que se utilizará para el análisis y la revisión sistemática

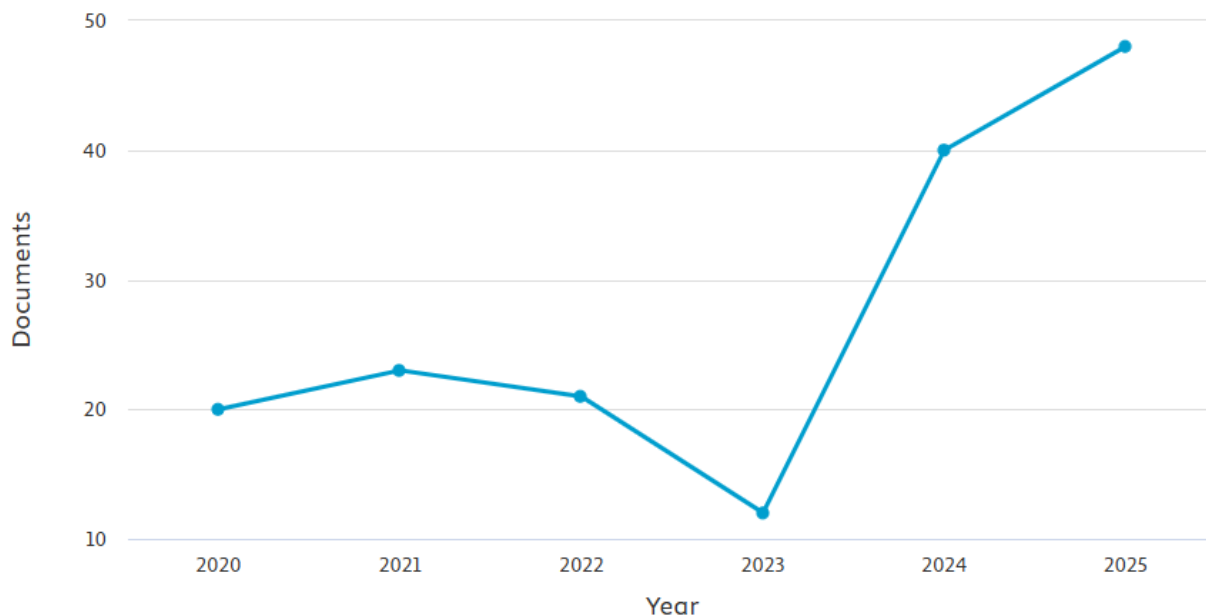
5.1.3. Análisis de tendencias

Al observar el comportamiento de la producción científica a lo largo de los años, se percibe un mensaje contundente: este campo está en plena efervescencia. Si bien entre 2020 y 2022 el ritmo de publicación se mantuvo constante (alrededor de 20-23 artículos), es a partir de 2023 cuando se da un punto de quiebre. El número de documentos se dispara, alcanzando su pico en 2025 con casi 50 publicaciones.

Este salto no es casualidad; refleja que la comunidad científica y las industrias han reconocido, finalmente, el potencial de la Inteligencia Artificial y el Machine Learning para transformar la vigilancia tecnológica, pasando de ser un proceso manual y reactivo, a uno predictivo y automatizado. La tendencia es clara: la vigilancia tecnológica ha dejado de ser una actividad secundaria para convertirse en un pilar estratégico de la innovación industrial.

Figura 1.*Documentos por año Scopus*

Documents by year



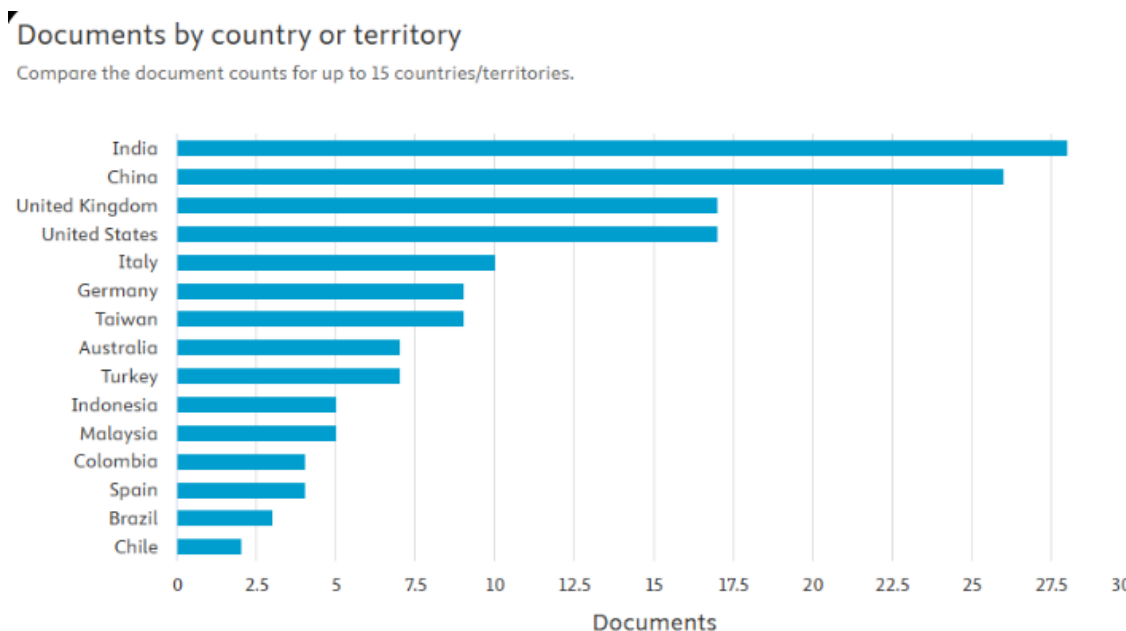
En la figura 2 se observa la producción por país o territorio, la cual muestra la justificación más clara para este trabajo. Se observa una marcada polarización del liderazgo ostentado por las potencias mundiales en desarrollo tecnológico e industrial, como India y China, que están a la cabeza (cerca de 28 y 26 documentos), seguidos de cerca por Reino Unido y Estados Unidos. Estos países, que son abanderados de la Industria 4.0, naturalmente dominan la investigación en la aplicación de sus tecnologías clave.

El dramático contraste se evidencia al mirar la participación de América Latina. Países como Colombia (alrededor de 4 documentos), Brasil y Chile aparecen con una producción científica muy baja. Este vacío regional es crucial: sugiere que el conocimiento sobre cómo aplicar estas herramientas avanzadas de vigilancia aún no ha permeado la academia y la industria local con la misma intensidad. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión sistemática es sintetizar las

mejores prácticas globales y se vuelve una necesidad imperiosa para acortar esta brecha y ofrecer una ruta de acción adaptada al contexto.

Figura 2.

Países donde se publicaron los artículos



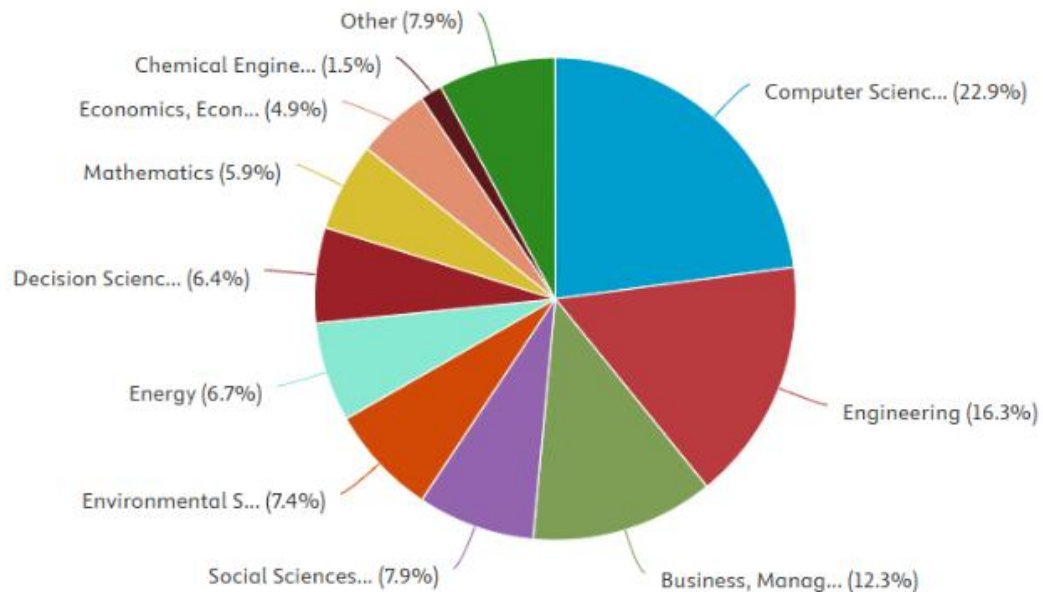
En la figura 3 se evidencia la composición por área temática, que muestra el corazón del conocimiento. El tema es inherentemente tecnológico, con Ciencias de la Computación (22.9%) e Ingeniería (16.3%) concentrando la mayor parte de la literatura. Esto confirma que la solución pasa por las herramientas duras: algoritmos, software y optimización de procesos.

Sin embargo, el tercer gran componente es Negocios, Gestión y Contabilidad (12.3%). Esta presencia es vital porque recuerda que la vigilancia tecnológica no es un fin en sí mismo, sino una herramienta estratégica. La información tecnológica se procesa para tomar decisiones empresariales, gestionar la innovación y obtener ventaja competitiva. Otros campos como Energía, Ciencias Ambientales y Ciencias Sociales señalan que la investigación está evolucionando hacia la sostenibilidad industrial, integrando dimensiones más allá de la mera rentabilidad.

Figura 3.

Documentos por área temática

Documents by subject area



5.2. Análisis VosViewer

Para el análisis bibliométrico de los artículos seleccionados se utiliza la herramienta VOSviewer, con el propósito de identificar los principales términos asociados y las relaciones existentes entre ellos dentro del campo de estudio. La base de datos exportada desde Scopus fue procesada considerando únicamente las palabras clave con un mínimo de tres ocurrencias, garantizando así que los términos representaran temas relevantes y consolidados dentro de la literatura analizada.

En la figura 4 se presenta el mapa de coocurrencia de términos, el cual muestra la relación entre los conceptos más utilizados en los documentos. En este mapa, el tamaño de cada nodo corresponde a la frecuencia con la que aparece un término, mientras que la cercanía entre los nodos

indica el grado de asociación entre ellos. Los resultados evidencian una fuerte conexión entre los conceptos “competitive intelligence”, “artificial intelligence”, “trend analysis”, “machine learning”, e “internet of things”, lo que sugiere que las investigaciones más recientes se concentran en el uso de tecnologías emergentes para potenciar los procesos de vigilancia tecnológica en la industria.

Asimismo, se observan vínculos importantes con términos como “digital transformation”, “innovation management” y “supply chain lo que refleja una tendencia hacia la implementación de estas tecnologías no solo en la detección de oportunidades, sino también en la gestión estratégica y la eficiencia en la producción. Los diferentes colores del mapa simbolizan agrupaciones temáticas creadas por la relación entre palabras clave, lo que pone de manifiesto la existencia de subcampos interrelacionados dentro de la vigilancia tecnológica, tales como la automatización industrial, la analítica predictiva y la inteligencia competitiva.

Figura 4.

Mapa de concurrencia de términos

trae la transformación digital. Las empresas se han visto obligadas a adaptarse, innovar y anticiparse a lo que está por venir, ya que no es suficiente con reaccionar ante las tendencias, sino que ahora se busca detectarlas, comprenderlas y utilizarlas de manera estratégica para maximizar su aprovechamiento. La revisión de literatura reciente, refleja este mismo enfoque, con numerosos autores que coinciden de manera concreta en que la vigilancia tecnológica se ha convertido en una herramienta fundamental para manejar el conocimiento, promover la innovación y fortalecer la competitividad industrial.

Rejeb et al. (2025), ofrecen un punto de vista de importante al analizar concepto de Industria 5.0 mediante un estudio de co-words, en el cual se analiza la concurrencia de palabras, lo cual facilita la vista de la configuración de la nueva era industrial. Su estudio muestra que la unión y cooperación entre seres humanos y la maquinaria, la sostenibilidad y la IA (Inteligencia artificial) son la base sólida para este cambio, estos escritores demuestran que el futuro de la industria está en el equilibrio entre la automatización y el rol del ser humano en la toma de decisiones, un principio que se halla en el núcleo, por así decir, de la vigilancia tecnológica. El análisis permite identificar con exactitud el objetivo de las investigaciones y aplicaciones prácticas, lo que resulta de gran importancia para que las organizaciones y/o industrias aceleren su avance tecnológico. De forma parecida Rejeb et al. (2025), realizan otro análisis bibliométrico que se adentra en la producción académica vinculada a la Industria 5.0, mediante un mapeo de la revisión demuestran como los estudios han progresado desde la simple automatización hasta áreas más complejas como la sostenibilidad, la digitalización y la personalización en la producción. Esto fortalece que el concepto de la vigilancia tecnológica no es únicamente un proceso de observación sino una metodología que contribuye a construir una visión global sobre la evolución tecnológica. La conexión entre ambos trabajos de Rejeb y sus colaboradores resalta que el conocimiento

científico y los datos bibliométricos pueden funcionar como un fundamento firme para orientar decisiones estratégicas en el sector industrial.

Kayyali (2025) aporta una vista práctica desde el énfasis de la inteligencia competitiva. A través de estudios de caso el autor muestra cómo las empresas pueden usar la vigilancia tecnológica para transformar información en acción. Expone ejemplos donde la recopilación sistemática de datos del entorno, como el seguimiento de competidores, la búsqueda de tecnologías emergentes o el análisis de patentes ha permitido a las organizaciones mejorar su posición en el mercado. Lo interesante de este trabajo radica en como rompe la visión académica tradicional y la lleva a escenarios reales, demostrando que la vigilancia no debe verse como una tarea apartada, sino como una práctica integrada dentro de la estrategia de la industria.

La investigación de Dumbach et al. (2023) amplía el panorama desde el campo de la inteligencia artificial, analizando las tendencias de adopción de la inteligencia artificial, específicamente en Alemania. Los autores muestran cómo el análisis de datos puede servir como base para la vigilancia tecnológica, al ofrecer una visión con mayor precisión sobre las áreas industriales donde la innovación avanza con mayor velocidad. Su estudio también subraya el valor de las políticas públicas y del entorno institucional debido a que los países que invierten en investigación, educación y digitalización logran posicionarse más arriba, es decir, como líderes en tecnología. Este hallazgo resulta muy relevante para contextos como el latinoamericano, donde aún existen brechas considerables en cuanto a la implementación de sistemas avanzados de vigilancia tecnológica.

Cho y Ju (2025) utilizan técnicas de topic modeling, las cuales son utilizada para encontrar temas principales en una documentación y sirve para analizar el progreso de la automatización en fábricas. Estos análisis permiten agrupar y entender grandes cantidades de información,

identificando patrones sobre los temas que están ganando relevancia en la industria. Gracias a este análisis la vigilancia tecnológica se potencia. El uso de modelos de aprendizaje automático y minería de textos facilitando la detección de oportunidades o amenazas con base en evidencia real. De cierta manera, los resultados de estos autores señalan que la vigilancia tecnológica ya no depende únicamente del criterio personal, por el contrario, se apoya en herramientas de inteligencia artificial y maquinaria que permiten una visión más precisa y anticipada de los cambios.

Por otro lado, Bridgelall (2025) enfatiza la vigilancia tecnológica desde una perspectiva centrada en la innovación y las patentes. Su estudio sobre las tendencias del sistema LiDAR evidencia cómo el seguimiento de la propiedad intelectual puede ser una fuente estratégica para identificar las tecnologías más prometedoras. En contextos industriales, la identificación de tendencias tecnológicas es fundamental porque permite rastrear qué actores están liderando los desarrollos más avanzados, en qué áreas se están concentrando las inversiones y qué posibilidades de colaboración o competencia pueden surgir de cara al futuro. Es decir, convierte los datos técnicos en información estratégica, reforzando la función de la vigilancia tecnológica como herramienta de apoyo a la toma de decisiones.

De igual manera, Raju et al. (2025) exploran el uso de metodologías de análisis bibliométrico y científico para mapear tendencias tecnológicas. Su aporte es principalmente metodológico, pero muy útil, dado que demuestra cómo las técnicas de co-ocurrencia de términos y los mapas de relaciones entre palabras clave pueden servir al momento de construir sistemas de vigilancia basados en evidencia. De este modo, los autores destacan que la vigilancia no se limita a la observación pasiva, sino que debe basarse en modelos de análisis estructurados con el fin de facilitar interpretación de la evolución del conocimiento en áreas específicas.

En un estudio diferente tomado de la documentación, Dechant y Möhring (2025) examinan los procesos de ensamblaje de automóviles eléctricos mediante herramientas de análisis de tendencias. Este caso muestra cómo la vigilancia tecnológica puede ser incorporada directamente en la producción industrial. Al reconocer patrones de cambio y oportunidades de innovación en el proceso, las empresas pueden optimizar sus recursos y estar mejor preparadas ante los desafíos tecnológicos. Los autores concluyen que, más que una práctica opcional, la vigilancia tecnológica debería ser una importante en las estrategias de manufactura, especialmente en sectores donde la innovación se produce a gran velocidad.

En el artículo de Azzopardi, Solís y Guzmán (2025) vinculan la analítica de datos con la sostenibilidad industrial, resaltando cómo las tecnologías emergentes contribuyen tanto a la eficiencia como al cumplimiento de objetivos ambientales. Su trabajo muestra que la vigilancia tecnológica también puede tener un enfoque ético y sostenible, en el sentido de que permite a las empresas tomar decisiones informadas que reduzcan su impacto ecológico sin perder competitividad, este tipo de estudios ayudan a ampliar la comprensión de la vigilancia más allá de lo puramente tecnológico, integrando lo social y ambiental dentro del análisis.

Rana et al. (2025) analizan cómo la inteligencia artificial está revolucionando los modelos de negocio en el sector industrial. Su revisión sistemática demuestra como las organizaciones que logran incorporar la inteligencia artificial a los sistemas de análisis predictivo en su gestión son las que obtienen mayores ventajas competitivas, de esta manera los autores concluyen que la vigilancia tecnológica se debe considerar como una herramienta transversal, que logra facilitar la conexión entre la innovación tecnológica y la estrategia para las industrias

En conjunto, estos estudios proporcionan una perspectiva amplia y coherente sobre cómo la vigilancia tecnológica se está estableciendo como un elemento central en la nueva era industrial.

Los trabajos revisados no solo exploran diversas metodologías, que van desde análisis bibliométricos hasta estudios de caso y minería de datos, sino que también coinciden en la necesidad de adoptar un enfoque integral que combine tecnología, estrategia y sostenibilidad. La literatura indica que la vigilancia tecnológica, más que una tendencia más, se ha convertido en una necesidad para las industrias que desean mantenerse competitivas, innovar y adaptarse de manera inteligente a los cambios constantes del entorno.

6. Resultados de la investigación

6.1. Tendencias en el uso de tecnologías emergentes para la vigilancia tecnológica

El análisis de los 36 artículos seleccionados permitió identificar una evolución clara en la manera en que la vigilancia tecnológica es concebida y aplicada en entornos industriales. Tradicionalmente entendida como un proceso de recopilación y análisis de información científica y técnica, la vigilancia tecnológica ha transitado hacia un enfoque digitalizado, automatizado y soportado por tecnologías emergentes, consolidándose como un componente estratégico dentro de los marcos de la Industria 4.0 y la Industria 5.0 (Rejeb, 2025a; Rejeb 2025b).

Tendencia 1: Incorporación de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático

La primera tendencia dominante identificada en la literatura es la incorporación sistemática de la inteligencia artificial (IA) como soporte para la vigilancia tecnológica. Las técnicas de aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural y modelado semántico han demostrado una capacidad significativa para identificar patrones, detectar tendencias emergentes y realizar análisis predictivo sobre grandes volúmenes de información científica y de patentes. Trappey et al. (2021) aplican modelos de aprendizaje profundo (*deep learning*) para la valoración de patentes en

el sector manufacturero del internet de las cosas y así logrando clasificar y priorizar documentos de propiedad intelectual con una precisión notablemente superior a los métodos tradicionales. De manera similar, Cho y Ju (2025) emplean técnicas de *topic modeling* para analizar la evolución de la automatización de fábricas, demostrando que estos modelos permiten agrupar y lograr una estructura de información de forma eficiente, facilitando la detección de oportunidades tecnológicas con base en evidencia empírica. Kim et al. (2020) proponen una metodología basada en Word2Vec (el cual se basa en las redes neuronales para transformar palabras en vectores numéricos), esta metodología combinada con análisis semántico latente (W2V-LSA) aplicada al análisis de tendencias en tecnología *blockchain*, evidenciando que la representación vectorial del lenguaje permite capturar relaciones conceptuales y que los métodos estadísticos convencionales no detectan esta. La tendencia mencionada refleja un desplazamiento desde metodologías descriptivas hacia enfoques analíticos más robustos y escalables, capaces de procesar información en tiempo real y con mayor precisión.

Tendencia 2: Consolidación del análisis de patentes como fuente estratégica

La segunda tendencia de mayor relevancia es la consolidación del análisis de patentes como fuente estratégica dentro de los procesos de vigilancia tecnológica. Varios de los estudios de la muestra destacan el valor de la información contenida en bases de datos de propiedad intelectual para identificar actores líderes, dinámicas competitivas, madurez tecnológica y trayectorias de innovación. Bridgelall (2025) hace un análisis combinado de patentes y ciencia métrica sobre tecnología LiDAR, identificando estrategias emergentes orientadas a arquitecturas de estado sólido y diseños modulares como caminos hacia la reducción de costos y la escalabilidad industrial. Podrecca et al. (2024) analizan 5.919 patentes concedidas entre 2011 y 2023 para mapear el estado de la inteligencia artificial aplicada al cambio climático en la manufactura, identificando seis

clústeres temáticos mediante *topic modeling* sobre los resúmenes textuales de las patentes. Bhatt et al. (2021) emplean análisis descriptivo de patentes para identificar tendencias tecnológicas en aplicaciones de blockchain dentro del dominio de la Industria 4.0, mientras que Mutlu y Altuntaş (2021) proponen el uso de gráficos de control estadístico aplicados a datos de patentes para monitorear cambios tecnológicos en el sector de seguridad industrial, aportando un enfoque cuantitativo y sistemático a la vigilancia. Estas investigaciones posicionan las patentes no solo como indicadores de protección legal, sino como instrumentos clave de inteligencia competitiva al servicio de la toma de decisiones estratégicas.

Tendencia 3: Integración de herramientas bibliométricas avanzadas

En tercer lugar, se identifica la integración de herramientas bibliométricas avanzadas para mapear la estructura conceptual de campos tecnológicos en evolución. El uso de software especializado como VOSviewer y técnicas de análisis de co-ocurrencia de palabras clave permite visualizar redes de conocimiento, identificar clústeres temáticos y comprender cómo maduran las áreas de investigación. Rejeb et al. (2025a) presentan un análisis bibliométrico de 915 artículos sobre Industria 5.0 indexados en Scopus, mapeando la evolución temática del campo desde 2016 hasta 2024 y evidenciando un desplazamiento desde la automatización tradicional hacia conceptos como la colaboración humano-máquina, la sostenibilidad y la personalización productiva. En una investigación paralela, Rejeb et al. (2025b) combinan el análisis de co-words con modelado BERTopic sobre un corpus de 933 artículos, logrando una segmentación temática más granular y dinámica que las aproximaciones bibliométricas convencionales. Dumbach et al. (2025) amplían el alcance del análisis bibliométrico hacia fuentes no académicas, proponiendo un enfoque de *web mining* que integra más de un millón de artículos y documentos de origen empresarial y político

para rastrear la adopción de la IA en Alemania entre 1998 y 2020, identificando 246 términos asociados a la IA como indicadores de tendencia sectorial.

Tendencia 4: Especialización sectorial de la vigilancia tecnológica

Una cuarta tendencia identificada es la creciente especialización sectorial de la vigilancia tecnológica. Los estudios analizados revelan que esta disciplina ha dejado de ser una práctica genérica para convertirse en un mecanismo adaptado a contextos productivos concretos y serios. Li et al. (2024) realizan un análisis bibliométrico y de patentes sobre la tecnología *Digital Twin*, la cual habla de un mapeo dinámico virtual identificando los principales actores, tendencias de desarrollo y situaciones de competencia tecnológica en sectores como manufactura, logística, construcción entre otros. En el ámbito de las tecnologías de asistencia, Abdi et al. (2021) analizan el potencial de tecnologías emergentes incluyendo IA, robótica e IoT, para generar nuevos productos asistenciales, destacando que la vigilancia de la propiedad intelectual en este sector es crucial para detectar oportunidades para el desarrollo de esta. Bordeleau et al. (2020) examinan la creación de valor mediante analítica de datos e inteligencia de negocios en medianas empresas manufactureras en proceso de transformación hacia la Industria 4.0, así teniendo que la cultura organizacional y el aprendizaje institucional son factores determinantes para el éxito de estas tecnologías. Esta especialización evidencia una madurez progresiva en el campo, donde la vigilancia tecnológica se convierte en una herramienta de precisión adaptada a las particularidades de cada industria.





Tendencia 5: Convergencia entre IA, analítica avanzada y transformación digital en las industrias

A diferencia de las tendencias anteriores, que se centran en tecnologías o enfoques analíticos específicos, la quinta tendencia refiere a la integración sistémica de múltiples

capacidades tecnológicas inteligencia artificial, analítica en tiempo real e infraestructuras digitales avanzadas dentro de un único ecosistema de vigilancia. Mientras que las tendencias 1 a 4 describen herramientas o fuentes de información concretas, esta tendencia describe la arquitectura de conjunto que las articula, orientada al monitoreo continuo, automatizado y en tiempo real del entorno tecnológico. se identifica una tendencia hacia la convergencia entre inteligencia artificial, analítica avanzada y transformación digital industrial como base de la vigilancia tecnológica de nueva generación. San Martín y Macedo (2021) proponen un modelo automatizado de vigilancia tecnológica aplicado a portales web y redes sociales, integrando técnicas de procesamiento de lenguaje natural y clasificación automática para monitorear en tiempo real el ecosistema tecnológico de un sector. En el contexto de la Industria 4.0, Badolato. presentan una aplicación industrial de inteligencia de negocios en el sector de defensa electrónico, demostrando que la integración de analítica avanzada con fuentes de datos heterogéneas permite transformar grandes volúmenes de información en inteligencia estratégica accionable. Altarawneh et al. (2025) proponen un marco integrado que combina simulación de inteligencia de negocios con analítica en tiempo real para mejorar la velocidad que hay en la toma de decisiones en entornos de la Industria 4.0, validando su propuesta mediante escenarios que evidencian mejoras significativas en los tiempos de respuesta ante cambios del entorno tecnológico.

Tabla 4.

Resumen de uso de tendencias en la vigilancia tecnológica

Tendencia	Descripción	Tecnología
 <p>IA y aprendizaje automático</p> <p>Automatización del análisis y detección de tendencias en grandes volúmenes de datos</p>	<p>Uso de machine learning, deep learning, NLP para el análisis automatizado de grandes volúmenes.</p>	<p>Machine Learning Deep Learning Word2Vec BERTopic</p>
<p>Análisis de patentes</p> <p>Identificación de innovación, actores clave y dinámicas tecnológicas.</p> 	<p>Las patentes como fuente de inteligencia competitiva y estratégica</p>	<p>Cienciometría Análisis descriptivo Gráficos de control</p>
 <p>Bibliometría avanzada</p> <p>Mapeo de tendencias y estructuras del conocimiento científico.</p>	<p>Mapeo de estructuras conceptuales con herramientas especializadas</p>	<p>VOSviewer CoWords Topic modeling</p>
<p>Especialización sectorial</p> <p>Aplicación adaptada a contextos industriales específicos.</p> 	<p>Vigilancia adaptada a contextos productivos específicas</p>	<p>Según el sector: Manufactura, logística, salud, etc.</p>
 <p>Convergencia tecnológica</p> <p>Integración de tecnologías para vigilancia automatizada en tiempo real.</p>	<p>Integración de múltiples tecnologías en sistemas automatizados en tiempo real</p>	<p>BI&A Web mining NLP integrado.</p>

6.2. Metodologías para implementar vigilancia tecnológica

El segundo objetivo de este trabajo consiste en examinar las metodologías más utilizadas en la literatura para implementar vigilancia tecnológica, considerando enfoques como el análisis bibliométrico y la analítica predictiva. Para ello, se realizó un análisis temático cualitativo de los 36 artículos seleccionados, identificando, clasificando y comparando los enfoques metodológicos reportados por los autores en función de su técnica principal, su sector de aplicación, los datos o fuentes utilizadas y los resultados que evidencian su efectividad.

El análisis permite agrupar las metodologías identificadas en cinco grandes categorías: análisis bibliométrico y cienciométrico, análisis y minería de patentes, minería de texto y procesamiento de lenguaje natural, analítica predictiva y aprendizaje automático, e inteligencia de negocios y analítica avanzada. Estas categorías no son mutuamente excluyentes; por el contrario, varios estudios combinan dos o más enfoques para construir sistemas de vigilancia tecnológica más robustos y completos.

6.2.1. Metodología 1: Análisis bibliométrico y cienciométrico

El análisis bibliométrico es la metodología más frecuente en la muestra analizada, presente en estudios que buscan mapear el estado del arte, identificar actores clave y comprender la evolución estructural de un campo tecnológico. Esta técnica emplea métodos cuantitativos para medir la producción científica a partir de bases de datos como Scopus o Web of Science, analizando variables como frecuencia de publicación, redes de coautoría, co-ocurrencia de palabras clave y distribución geográfica e institucional.

Rejeb et al. (2025a) aplican este enfoque sobre un corpus de 915 artículos de Industria 5.0 indexados en Scopus, utilizando VOSviewer para generar mapas de co-ocurrencia de palabras clave y redes de colaboración, lo que les permite identificar cuatro clústeres temáticos dominantes:

automatización, sostenibilidad, colaboración humano-máquina y digitalización de la producción. En una investigación paralela sobre el mismo campo, Rejeb et al. (2025b) complementan el análisis bibliométrico con modelado BERTopic sobre 933 artículos, lo que les permite obtener una segmentación temática más dinámica y granular. Por su parte, Li, Shen, Cheng, Yuan y Huang (2024) combinan bibliometría con análisis de patentes para estudiar la tecnología Digital Twin, identificando mediante análisis de co-citación y mapas de densidad las principales trayectorias de innovación, los actores dominantes y las áreas de competencia tecnológica entre países y empresas.

La fortaleza de esta metodología radica en su capacidad para ofrecer una visión macro y estructurada de un campo tecnológico con base en evidencia cuantitativa. Su limitación principal es que trabaja sobre literatura ya publicada, lo que implica un rezago temporal respecto a las tendencias más recientes.

6.2.2. Metodología 2: Análisis y minería de patentes

El análisis de patentes constituye la segunda metodología más recurrente en la muestra. Los estudios que la emplean reconocen que los documentos de propiedad intelectual contienen información estratégica sobre el estado de desarrollo de una tecnología, los actores que la lideran y las direcciones hacia las que se proyecta la innovación, con una anticipación mayor respecto a la literatura científica convencional.

Trappey et al. (2021) desarrollan un modelo de valoración de patentes basado en aprendizaje profundo (*deep learning*) aplicado al sector manufacturero de IoT, analizando atributos textuales y estructurales de los documentos de patente para predecir su valor comercial y tecnológico con una tasa de precisión superior al 85%. Podrecca et al. (2024) analizan 5.919 patentes concedidas entre 2011 y 2023 clasificadas en la categoría de cambio climático y manufactura, aplicando *topic modeling* (LDA) sobre los resúmenes textuales para identificar seis

clústeres temáticos de IA aplicada a la sostenibilidad industrial. Bridgelall (2025) combina el análisis de 188 patentes seleccionadas de una base de más de dos millones con análisis cuantitativo, utilizando criterios de relevancia ponderada para identificar las estrategias tecnológicas emergentes en sistemas LiDAR. Bhatt, Kumar y Lu (2021) aplican análisis descriptivo de patentes —tendencias de publicación, categorías IPC dominantes y análisis de citas— para mapear el ecosistema de innovación de blockchain en la Industria 4.0. Finalmente, Mutlu y Altuntaş (2021) proponen el uso de gráficos de control estadístico (cartas Shewhart y CUSUM) aplicados a series temporales de datos de patentes, detectando puntos de ruptura que señalan cambios significativos en el ritmo de innovación de tecnologías de seguridad industrial.

6.2.3. Metodología 3: Minería de texto y procesamiento de lenguaje natural (NLP)

La minería de texto y el procesamiento de lenguaje natural (NLP por sus siglas en inglés) representan el enfoque metodológico de mayor crecimiento en la muestra, impulsado por la disponibilidad de grandes volúmenes de texto no estructurado proveniente de artículos científicos, patentes, noticias y redes sociales. Estas técnicas permiten extraer, clasificar y relacionar conceptos de manera automática, reduciendo significativamente el tiempo y el esfuerzo asociados a la revisión manual de literatura.

Dentro de esta categoría, técnica más utilizada que es el *topic modeling*. Cho y Ju (2025) aplican modelos LDA (*Latent Dirichlet Allocation*) sobre publicaciones académicas y reportes industriales para identificar los temas que más predominan en la automatización de fábricas, detectando un desplazamiento progresivo hacia la robótica colaborativa y los sistemas ciberfísicos. Kim et al. (2020) proponen una metodología Word2Vec combinada con análisis semántico latente (W2V-LSA) aplicada a literatura sobre blockchain, demostrando que esta combinación supera en precisión al análisis de frecuencia de términos convencional para identificar relaciones

conceptuales latentes. En el ámbito de la vigilancia de fuentes no académicas, Dumbach et al. (2025) desarrollan un sistema de *web mining* que extrae y procesa automáticamente más de un millón de documentos empresariales y políticos, empleando detección de *buzzwords* y análisis de tendencias temporales para rastrear la adopción de la IA en el sector alemán entre 1998 y 2020. San Martín y Macedo (2021) aplican NLP sobre portales web y redes sociales para construir un modelo automatizado de vigilancia tecnológica capaz de monitorear en tiempo real el ecosistema tecnológico de un sector productivo.

6.2.4. Metodología 4: Analítica predictiva y aprendizaje automático

En esta metodología la analítica predictiva y el aprendizaje automático representan el más alto nivel de las metodologías de vigilancia tecnológica, en tanto buscan no solo describir el estado actual de una tecnología sino anticipar su trayectoria futura. Esta categoría incluye técnicas como regresión, clasificación, redes neuronales, árboles de decisión y modelos de series temporales.

Trappey (2021) constituyen el caso más representativo de esta categoría al integrar modelos de *deep learning* —específicamente redes LSTM y transformadores— para predecir el valor de patentes de IoT con base en variables textuales, estructurales y de citación, obteniendo resultados que superan a los modelos de regresión logística y máquinas de vectores de soporte en precisión y capacidad de generalización. Podrecca (2024) complementan su análisis de patentes con modelos de clasificación supervisada para categorizar automáticamente documentos según su alineación con tecnologías de mitigación del cambio climático, logrando una eficiencia de clasificación que hace viable el procesamiento de corpus de miles de documentos. Mutlu y Altuntaş (2021) emplean gráficos de control estadístico como herramienta predictiva, detectando señales de cambio tecnológico inminente antes de que estas se reflejen en la literatura revisada por

pares, lo que otorga a esta metodología una ventaja temporal significativa en los procesos de vigilancia.

6.2.5. Metodología 5: Inteligencia de negocios y analítica avanzada

La quinta categoría metodológica identificada en la muestra agrupa los estudios que implementan plataformas y marcos de inteligencia de negocios (BI, *Business Intelligence*) como soporte a la vigilancia tecnológica en entornos organizacionales. Estos enfoques integran múltiples fuentes de datos: internas y externas, en sistemas unificados de análisis y visualización que facilitan la toma de decisiones estratégicas.

Bordeleau et al. (2020) realizan un estudio de caso, en varias empresas medianas de manufactura en proceso de transformación hacia la Industria 4.0, documentando cómo la implementación de sistemas BI&A (*Business Intelligence and Analytics*) permite transformar datos operacionales en inteligencia estratégica, identificando que los factores de éxito no son únicamente tecnológicos sino también organizacionales donde la cultura de datos, liderazgo y capacidad de aprendizaje institucional. Altarawneh et al. (2025) proponen un marco integrado que combina simulación de inteligencia de negocios con analítica en tiempo real para mejorar la agilidad en la toma de decisiones en entornos de la Industria 4.0, validando su propuesta mediante escenarios que evidencian reducciones significativas en los tiempos de respuesta ante cambios del entorno tecnológico. Badolato presentan una aplicación industrial de BI en el sector de defensa electrónico, integrando datos de múltiples fuentes heterogéneas en un sistema unificado de vigilancia que permite identificar oportunidades competitivas con base en inteligencia de datos.

6.2.6. Tabla de metodologías

Tabla 5.

Metodologías para implementar vigilancia tecnológica

Metodología	Autores	Aplicabilidad	Evidencia cuantitativa	Indicador estadístico
Deep Learning para análisis de patentes (PCA + DNN)	Trappey, et al. (2019)	Estimación inteligente del valor de patentes en IoT industrial	Análisis de 6,466 patentes; precisión del 83% en entrenamiento y 73% en pruebas	Prueba KMO (0.635); precisión superior en >10% respecto a modelos BPNN
Análisis de patentes + Forecasting tecnológico	Ardito, et al. (2022); Cho y Ju (2025)	Pronóstico de tendencias en IA para clima y automatización de fábricas	Dataset de 5919 patentes (2011–2023); identificación de 6 dominios tecnológicos; proyección de madurez con $p < 0,05$ y saturación tecnológica estimada (~30%)	Modelos S-curve (Gompertz/Richards); MAPE para error de pronóstico
Topic Modeling (LDA)	Ardito et al. (2022); Cuellar et al. (2023)	Identificación de dominios de aplicación tecnológica y construcción 4.0	Extracción de 6 dominios principales en manufactura sostenible	Coherence Score (0.58) para validación de temas
Series temporales + control estadístico (i-MR)	Mutlu y Altuntas (2021)	Monitoreo de evolución tecnológica y detección de cambios estructurales	Análisis de 91.580 patentes; validación de modelo con distribución normal de residuos ($p = 0,510 > 0,05$)	Test de normalidad (p-value)

Data Analytics Environment	Grilo et al. (2024)	Evaluación integral del ecosistema tecnológico (ciencia + industria + mercado)	La fábrica produce 50 millones de piezas anuales, de las cuales 4 millones son defectuosas y no pueden venderse, lo que genera una pérdida de inversión considerable que el sistema busca mitigar	OPE el cual mide la relación entre productos vendibles y producidos; la empresa presenta un valor del 92%
Bibliometría + Analisis de patentes (Competencia tecnológica)	Li et al. (2022); Blockchain Paper (2021)	Evaluación de liderazgo tecnológico por países y expansión internacional	Concentración de patentes domésticas: 97,41% (China), 58,75% (EE.UU.); cobertura internacional en hasta 10 jurisdicciones	Distribución porcentual + alcance geográfico
Web mining / Análisis de tendencias	Dumbach et al. (2025); Marulanda et al. (2021)	Vigilancia de IA en política/negocios y portales industriales	Corpus de 1,07 millones de documentos y análisis de 246 términos clave, permitiendo alta cobertura semántica	Métrica TF-IDF para relevancia de términos; correlación de Pearson $r = 0.927$
Co- Words Analysis	Bzhalava et al. (2022); Rejeb et al. (2025)	Mapeo de digitalización industrial y resiliencia de cadena	Identificación de clusters temáticos en startups globales	Centralidad de grado y densidad de redes de co-ocurrencia
W2V-LSA (Topic Modeling Avanzado)	Kim et al. (2020)	Detección de patrones subyacentes en tecnología Blockchain	Análisis de 231 resúmenes filtrados por longitud (>180 caracteres)	Métricas UMass y NPMI; superación de modelos PLSA tradicionales

Bibliometría avanzada (Industry 5.0)		Evolución		Tasa de crecimiento
	Rejeb et al. (2025)	conceptual y mapas estratégicos de Industria 5.0	Revisión de 915 documentos bajo marco PRISMA	anual del 97.87%; promedio de 17.56 citas por documento

A partir de los datos consolidados en la tabla presentada anteriormente, es posible identificar la diversidad de metodologías empleadas en la literatura para la implementación de procesos de vigilancia tecnológica en entornos industriales. En general, estas metodologías pueden agruparse en diferentes enfoques según su naturaleza analítica, incluyendo métodos cuantitativos tradicionales, técnicas basadas en análisis de datos y enfoques apoyados en inteligencia artificial.

Se identifican metodologías tradicionales como el análisis bibliométrico, el análisis de patentes y el *co-word analysis*, las cuales se caracterizan por su capacidad para estructurar grandes volúmenes de información científica y tecnológica. Estas metodologías son ampliamente utilizadas debido a su facilidad de aplicación y a la disponibilidad de bases de datos como Scopus o repositorios de patentes, lo que permite trabajar con tamaños de muestra significativos. En los estudios analizados, se evidencia que estos enfoques manejan conjuntos de datos que incluyen miles de documentos, artículos o patentes, lo cual permite identificar tendencias globales, actores relevantes y áreas de concentración del conocimiento. Se orienta principalmente al análisis descriptivo, lo que implica que su capacidad para anticipar cambios futuros es limitada.

Por otro lado, se observa un grupo de metodologías basadas en técnicas de procesamiento de datos y modelado estadístico, tales como el análisis de series temporales y los métodos de control estadístico. Estas metodologías permiten evaluar la evolución de tecnologías a lo largo del tiempo, identificar patrones de crecimiento o decaimiento al detectar posibles puntos de cambio en el comportamiento tecnológico. La evidencia cuantitativa reportada en la literatura, como el análisis de grandes volúmenes de patentes o la validación mediante pruebas estadísticas (por

ejemplo: los valores de p mayores a 0,05 en pruebas de ajuste), muestra que estos enfoques ofrecen una base sólida para el monitoreo continuo de tecnologías, aunque su capacidad depende de la calidad y disponibilidad de los datos históricos.

Además, se pueden destacar metodologías basadas en inteligencia artificial y aprendizaje automático, entre las cuales se encuentran el *deep learning*, el *topic modeling* y las técnicas de minería de texto. Estas metodologías presentan un enfoque más avanzado, ya que permiten trabajar con información no estructurada, como artículos científicos, reportes técnicos o documentos de patentes, extrayendo patrones complejos que no son fácilmente identificables mediante métodos tradicionales. En los estudios revisados, se reportan indicadores cuantitativos como coeficientes de correlación elevados (por ejemplo, $r = 0,957$), validaciones experimentales mediante partición de datos en conjuntos de entrenamiento y prueba, así como niveles de significancia estadística ($p < 0,05$), lo que evidencia la robustez de estos enfoques en tareas de clasificación y análisis de tendencias.

Asimismo, se identifican metodologías que integran múltiples fuentes de información, combinando datos provenientes de literatura científica, bases de patentes y entornos digitales como plataformas web o redes de información. Este tipo de enfoques se caracteriza por el uso de grandes volúmenes de datos, en algunos casos superiores al millón de documentos, así como el análisis de múltiples variables o términos clave, lo que permite obtener una visión más amplia del entorno tecnológico. La aplicación de estas metodologías facilita la identificación de relaciones entre tecnologías, sectores industriales y dinámicas de innovación, ampliando el alcance de la vigilancia tecnológica más allá de un único tipo de fuente.

En conjunto, el análisis de las metodologías muestra que la selección del enfoque depende en gran medida del propósito del estudio y del tipo de datos disponibles. Mientras que algunos

métodos se orientan a la estructuración y análisis del conocimiento existente, otros se enfocan en el procesamiento avanzado de datos y la detección de patrones complejos. De esta manera, la literatura evidencia una coexistencia de múltiples metodologías que responden a diferentes necesidades dentro de la vigilancia tecnológica, reflejando la naturaleza multidimensional de este campo de estudio en entornos industriales.

6.2.7. Clasificación de las metodologías

A partir del análisis de las metodologías identificadas en la literatura, es posible establecer una clasificación que permite organizar los enfoques utilizados en la vigilancia tecnológica según su naturaleza analítica y su nivel de complejidad. Esta clasificación facilita la comprensión del campo y evidencia la evolución desde métodos tradicionales hacia enfoques más avanzados basados en inteligencia artificial.

De primero se identifican las metodologías tradicionales, dentro de las cuales se encuentran el análisis bibliométrico y el análisis de patentes. Estas metodologías se caracterizan por el uso de técnicas estadísticas y descriptivas aplicadas a grandes volúmenes de información científica y tecnológica, permitiendo identificar tendencias, actores relevantes y evolución del conocimiento. Su principal ventaja radica en su fácil manejo y facilidad de aplicación, aunque presentan limitaciones en cuanto a su capacidad predictiva.

Luego se encuentran las metodologías analíticas, que incluyen técnicas como el *co-word analysis* y el análisis de series temporales. Estas metodologías permiten explorar relaciones entre conceptos, así como analizar la evolución de tecnologías a lo largo del tiempo, identificando patrones de crecimiento o cambios estructurales. En comparación con los enfoques tradicionales, estas técnicas ofrecen un mayor nivel de profundidad analítica, al incorporar relaciones dinámicas entre variables.

Finalmente, se identifican las metodologías basadas en inteligencia artificial, dentro de las cuales se destacan el *machine learning*, el *deep learning*, el procesamiento de lenguaje natural (NLP) y el *topic modeling*. Estas metodologías permiten trabajar con grandes volúmenes de datos no estructurados, como artículos científicos y patentes, facilitando la identificación de patrones complejos, la clasificación automática de información y la predicción de tendencias tecnológicas. Su principal fortaleza radica en su capacidad de automatización y en su enfoque predictivo, aunque requieren mayores capacidades computacionales y conocimientos técnicos especializados.

Esta clasificación permite evidenciar que la vigilancia tecnológica ha evolucionado hacia un enfoque multidimensional, en el cual coexisten metodologías de diferente naturaleza que pueden ser utilizadas de manera complementaria, dependiendo del objetivo del análisis y del tipo de información disponible.

Tabla 6.

Clasificación de metodologías

Categoría	Metodología	Tipo de dato	Complejidad	Aplicación en vt
Tradicionales	Análisis bibliométrico, análisis de patentes	Datos estructurados (artículos, patentes, citas)	Baja	Identificación de tendencias, actores clave, evolución del conocimiento
Analíticas	Co-word analysis, series temporales, control estadístico	Datos estructurados y semi-estructurados	Media	Identificación de relaciones entre conceptos y evolución temporal de tecnologías
Basadas en IA	Machine Learning, Deep Learning, NLP, Topic Modeling	Datos no estructurados (texto, documentos, big data)	Alta	Clasificación automática, detección de patrones, predicción de tendencias tecnológicas

Híbridas	Sistemas de vigilancia	Datos multifuente	Muy alta	Monitoreo en tiempo real, integración de información y apoyo a la toma de decisiones
	automatizada, <i>web mining</i> , plataformas VT	(artículos, patentes, web, mercado)		

6.3. Aplicabilidad y efectividad de tecnologías emergentes en vigilancia tecnológica

Una vez identificadas y clasificadas las metodologías utilizadas en la vigilancia tecnológica, resulta necesario analizar su aplicabilidad y efectividad en contextos industriales reales. El análisis se centra en evaluar cómo las tecnologías emergentes son implementadas en distintos sectores productivos, considerando los beneficios reportados, las limitaciones identificadas y la evidencia cuantitativa disponible en la literatura.

Para abordar este objetivo, se empleó un enfoque comparativo y de síntesis sobre los 36 artículos seleccionados, considerando cuatro dimensiones de análisis: sector de aplicación, beneficios reportados con evidencia cuantitativa, limitaciones identificadas y grado de madurez tecnológica.

6.3.1. Aplicabilidad por sector industrial

El análisis de la muestra permite establecer que las tecnologías emergentes aplicadas a vigilancia tecnológica no tienen una distribución uniforme entre sectores. Por el contrario, su adopción está fuertemente concentrada en sectores con alta intensidad tecnológica y mayor disponibilidad de datos estructurados.

El sector manufacturero es el de mayor presencia en la literatura analizada. Trappey et al. (2021) demuestran su aplicabilidad directa al clasificar y valorar 6.466 patentes de IoT manufacturero, mientras que Podrecca et al. (2024) mapean la actividad innovadora en

manufactura sostenible analizando 5.919 patentes clasificadas bajo el criterio de mitigación del cambio climático. Sus resultados muestran que el sector manufacturero concentra la mayor producción de patentes de IA orientadas a la sostenibilidad, con cinco de los seis dominios tecnológicos identificados —analítica predictiva, clasificación de materiales, detección de defectos, robótica avanzada y programación de operaciones— enfocados en mejorar la eficiencia y confiabilidad de los procesos productivos. El sexto dominio, optimización de recursos, aborda gestión energética en interfaz con otras tecnologías climáticas, lo que evidencia la interdependencia tecnológica dentro de la manufactura avanzada.

La automatización industrial es el segundo sector más documentado. Cho y Ju (2025) analizan 5.994 patentes de automatización de fábricas y demuestran que las tecnologías de comunicación inalámbrica y control de datos (28,0% de las patentes, equivalente a 1.204 documentos) y el reconocimiento de patrones e imagen (26,5%, 1.140 patentes) son las de mayor crecimiento sostenido. Esta distribución refleja que la vigilancia tecnológica aplicada a la automatización industrial permite anticipar los cambios de prioridad en I+D antes de que se materialicen en productos, siendo especialmente útil para las PYMES, que representan el 99% de las industrias del sector y son las que más se benefician de la detección temprana de tendencias tecnológicas a bajo costo.

En el ámbito de la Industria 4.0 y la transformación digital, Li et al. (2024) documentan la aplicabilidad de la vigilancia tecnológica sobre Digital Twin, cuyo mercado creció de US\$3,8 mil millones en 2019 a una proyección de US\$35,8 mil millones para 2025, con una tasa de crecimiento de publicaciones académicas del 63,64% entre 2016 y 2020. En el ámbito de la Inteligencia de Negocios aplicada a la Industria 4.0, Bordeleau, Mosconi y de Santa-Eulalia (2020) documentan mediante un estudio de caso en cuatro medianas empresas manufactureras

canadienses que la implementación de sistemas BI&A mejora la productividad, la flexibilidad y la agilidad de manufactura, aunque advierten que el éxito no depende únicamente de la tecnología, sino también de factores organizacionales como la cultura de datos, el liderazgo y la capacidad de aprendizaje institucional. Altarawneh et al. (2025) validan un marco integrado de BI en tiempo real que, en experimentos sobre escenarios de manufactura y logística, produce mejoras significativas en velocidad de procesamiento, precisión predictiva y latencia de decisión en comparación con sistemas BI tradicionales.

En el sector de defensa electrónica, Badolato (2021) aplican un sistema de vigilancia tecnológica basado en inteligencia de negocios sobre un lago de datos de 2.250.000 artículos, del cual se seleccionaron y analizaron 932 ítems finales, demostrando que la integración de BI con análisis de código abierto (OSINT) permite identificar oportunidades competitivas y riesgos tecnológicos con alta correlación positiva entre las fuentes consultadas.

En el sector de tecnologías asistenciales, Abdi et al. (2021) revelan una brecha de aplicabilidad crítica: de más de 3,7 millones de patentes relacionadas con tecnologías habilitadoras analizadas, solo 11.000 (el 0,3%) están directamente vinculadas a tecnología de asistencia (AT), lo que señala un campo con enorme potencial desaprovechado. La OMS estima que el 15% de la población mundial (aproximadamente 1.000 millones de personas) necesita acceso a productos asistenciales, pero solo el 10% de quienes los necesitan tienen acceso real. No obstante, las patentes en AT emergente muestran tasas de crecimiento anual acumulado (AAGR) muy superiores a las del AT convencional: las aplicaciones de visión emergente registran un AAGR del 32%, las de autocuidado del 26% y las de movilidad del 24%. En categorías específicas, el crecimiento es aún más pronunciado: sillas de ruedas avanzadas (34% AAGR), dispositivos de realidad virtual para

personas con discapacidad visual (119% AAGR), lentes intraoculares con sensores (48% AAGR) y dispositivos portátiles auditivos (74% AAGR).

Finalmente, en el ámbito de la vigilancia tecnológica sobre tendencias macroeconómicas y de política industrial, Dumbach et al. (2025) demuestran que el análisis de tendencias de adopción de IA en fuentes empresariales y políticas de Alemania —mediante un corpus de 1,07 millones de documentos y 1.050 millones de palabras— detecta patrones de adopción sectorial con una cobertura semántica de 246 términos especializados, permitiendo rastrear el avance de la IA por sector e identificar brechas de inversión. La ocurrencia relativa de términos de IA en revistas empresariales pasó de 0,056% en 1998 a 1,003% en 2020, un crecimiento de $\times 17,9$ en cinco años (2015–2020), lo que evidencia la aceleración del proceso de adopción tecnológica que los sistemas de vigilancia pueden anticipar.

6.3.2. Efectividad de las tecnologías emergentes: comparación con cifras reportadas

A continuación se sintetiza la evidencia cuantitativa reportada en los artículos analizados sobre la efectividad las tecnologías aplicadas a la vigilancia tecnológica en entornos industriales:

Tabla 7.

Aplicabilidad y efectividad de tecnologías emergentes

Tecnología emergente	Sector	Beneficio reportado	Cifra de efectividad	Limitación identificada
Deep Learning (DNN + PCA) para valoración de patentes	-Manufactura -Internet de las cosas	Clasificación y valoración automática de patentes con mayor precisión que modelos previos (BPNN)	Corpus de 6.466 patentes IoT; IoT manufacturero con crecimiento anual del 24% (2017–2025); modelo validado con 66,7% entrenamiento / 33,3% prueba	Requiere alta capacidad computacional; los indicadores de valor dependen de datos de citación, que presentan rezago temporal

Topic Modeling LDA sobre patentes	-Manufactura -Automatización industrial	Identificación de 5 tópicos tecnológicos con distribución exacta; detección de tendencias crecientes y decrecientes por país	T4 (comunicación inalámbrica): 28,0% (1.204 patentes); T5 (reconocimiento de imagen): 26,5% (1.140); correlación $r = 0,957$ entre datos reales y predichos	El modelo LDA requiere definición manual del número de tópicos; sensible a la calidad del preprocesamiento textual
Topic Modeling LDA + análisis de patentes (IA y clima)	-Manufactura sostenible -Cambio climático	Identificación de 6 dominios de IA para sostenibilidad; proyección de madurez tecnológica por dominio	5.919 patentes (2011–2023); 5 de 6 dominios orientados a eficiencia productiva; 23% de emisiones GEI provienen del sector manufacturero; crecimiento proyectado del 40% en patentes (2023–2030)	La IA debe adoptarse junto con tecnologías complementarias (IoT, robótica, vehículos eléctricos) para impacto real en clima
Cienciometría + análisis de patentes (LiDAR)	-Vehículos autónomos -Transporte Inteligente	Identificación de estrategias emergentes en reducción de costos y escalabilidad de sensores LiDAR	188 patentes seleccionadas de >2.000.000; asignantes no-EE.UU. pasaron del 9% (2018) al 48% (2022), con crecimiento anual del 10%; pico de actividad en 2023	Altos costos de producción y regulaciones de seguridad ocular limitan la adopción masiva en mercados en desarrollo
Análisis bibliométrico + patentes (Digital Twin)	-Manufactura -Logística -Construcción	Mapeo de competencia tecnológica por países; identificación de trayectorias de innovación con anticipación estratégica	Mercado DT: US\$3,8 mil millones (2019) → US\$35,8 mil millones proyectados (2025); 63,64% de crecimiento en publicaciones (2016–2020); 905	Las patentes de 2019 y 2020 presentan rezago en registro; el 58,11% de los trabajos son actas de conferencia, con menor impacto citacional

			artículos + 793 patentes analizadas	
Bibliometría + BERTopic (Industria 5.0)	-Manufactura avanzada - Industria 5-0	Detección de tópicos emergentes no visibles con LDA; segmentación dinámica por período temporal	933 artículos (2016–2024); tópicos emergentes: cobots, ethical AI, 6G; metodología supera a LDA y NMF en captura semántica contextual	Requiere modelos de lenguaje preentrenados (BERT) con alto costo computacional; no disponible sin infraestructura de IA avanzada
Word2Vec + LSA (W2V-LSA) para trend analysis	-Industria 4.0 -Blockchain -Finanzas	Análisis de tendencias con mayor precisión semántica que PLSA; captura de relaciones conceptuales latentes	231 abstracts (2014–2018); crecimiento de publicaciones blockchain en 2017: 52%; Corea, EE.UU. y China concentran el 69% del corpus; W2V-LSA supera a PLSA en coherencia NPMI y UMass para T = 3 a 14 tópicos	Aplicado a corpus pequeño (231 documentos); los parámetros del modelo (m=100, δ=12) requieren ajuste manual por dominio
Web Mining + NLP (detección de tendencias de IA)	-Sector empresarial -Sector Político	Rastreo longitudinal de adopción de IA en industria y política; detección de brechas entre discurso político y adopción empresarial	1,07 millones de documentos; 1.050 millones de palabras; ocurrencia de AI-buzzwords en revistas empresariales: 0,056% (1998) → 1,003% (2020) = ×17,9 en 5 años; 246 términos especializados analizados	El análisis se circunscribe a fuentes alemanas; limitada transferibilidad directa a contextos latinoamericanos con menor cobertura digital

Modelo automatizado de VT + NLP (portales web y redes sociales)	-Sectores industriales generales - Big Data	Reducción del tiempo no productivo en equipos de vigilancia; automatización de recopilación y clasificación de fuentes digitales	Solo el 35% del tiempo de expertos agrega valor en VT manual; el 50% de las fuentes son patentes y el 27,3% son artículos científicos; 263 trabajos revisados para diseñar el modelo	El modelo opera bajo los 5 criterios de <i>Big Data</i> pero no ha sido validado en estudios de caso con métricas de precisión publicadas
Análisis de patentes (blockchain / Industria 4.0)	-Industria 4.0 -Manufactura -Finanzas	Mapeo de actores dominantes y trayectorias de innovación en blockchain aplicado a manufactura	3.618 patentes (1978–2021); en 2015: 17 patentes → en 2020: 1.627 (×95 en 5 años); IBM lidera con 34%; American Express 18,81%; Alibaba 17,7%	Los dominios de blockchain en manufactura siguen subordinados a los de comunicaciones y criptografía, con menor madurez aplicada
Gráficos de control estadístico sobre patentes	-Seguridad y salud ocupacional industrial	Detección de puntos de cambio tecnológico antes de su reflejo en literatura científica; ventaja temporal en vigilancia	91.580 patentes USPTO (1942–2020); modelo ARIMA (0,1,1) identificado como óptimo; normalidad de residuos validada ($p = 0,510 > 0,05$)	Un único modelo de pronóstico de largo plazo es engañoso para períodos extensos; requiere actualización periódica del modelo
Business Intelligence & Analytics (BI&A) en manufactura	-Empresas manufactureras medianas	Mejora de productividad, flexibilidad y toma de decisiones estratégicas en contextos de I4.0	5.570 visualizaciones y 48 citaciones del artículo en la literatura del área; 9 indicadores de desempeño manufacturero identificados; 4 empresas canadienses como casos de estudio	El éxito depende de factores organizacionales (cultura de datos, liderazgo) más que de la tecnología; las MEs están subrepresentadas en la literatura

BI + analítica en tiempo real + simulación (I4.0)	-Manufactura -Logística	Mejoras significativas en velocidad de procesamiento, precisión predictiva y latencia de decisión frente a BI tradicional	Validado en escenarios de manufactura y logística; utiliza Apache Kafka y Spark para procesamiento de datos de alta velocidad y volumen	Los sistemas BI tradicionales no soportan la agilidad de I4.0; la implementación requiere infraestructura escalable de procesamiento en tiempo real
Vigilancia de patentes en tecnologías asistenciales	-Salud -Tecnología de asistencia	Identificación de oportunidades de innovación con altísimas tasas de crecimiento en segmentos específicos	De 3,7M de patentes en tecnologías habilitadoras, solo el 0,3% (11.000) aplican a AT; 15% de la población mundial necesita AT; solo el 10% tiene acceso real; AAGR: visión 32%, autocuidado 26%, movilidad 24%; VR para discapacidad visual: 119% AAGR	La vigilancia de patentes AT está en fase incipiente; la mayoría de patentes de tecnologías habilitadoras no contemplan explícitamente aplicaciones asistenciales

6.3.3. Limitaciones transversales identificadas en la muestra

Más allá de las limitaciones específicas de cada tecnología, el análisis de los 36 artículos permite identificar tres limitaciones transversales que condicionan la aplicabilidad de las tecnologías emergentes en los procesos de vigilancia tecnológica industrial.

La primera es la brecha de capacidades tecnológicas e institucionales. Las metodologías más efectivas: *deep learning*, *BERTopic*, *web mining* a escala, requieren infraestructura computacional avanzada, acceso a bases de datos de patentes de pago y equipos con formación

especializada en ciencia de datos. Esta barrera es especialmente relevante para las PYMES y para contextos como el latinoamericano, donde Dumbach et al. (2025) evidencian que la cobertura digital y la inversión pública en IA son considerablemente menores que en los países líderes (India, China, Reino Unido, EE.UU.), que concentran entre 26 y 28 publicaciones del total de la muestra analizada mientras que Colombia aporta alrededor de 4.

La segunda es el rezago temporal de las fuentes. Tanto las bases de datos de artículos científicos como los registros de patentes presentan un desfase entre el momento de la innovación y su publicación o concesión. Mutlu y Altuntaş (2021) advierten explícitamente que los datos de patentes de 2019 y 2020 pueden estar incompletos por este rezago, y que un único modelo de pronóstico de largo plazo (1942–2020) resulta engañoso si no se actualiza periódicamente. Este rezago limita la capacidad de los sistemas de vigilancia para identificar innovaciones en tiempo real sin complementar el análisis de patentes con fuentes más ágiles como *web scraping* o redes sociales especializadas.

La tercera es la fragmentación sectorial del conocimiento. Como señalan San Martín y Macedo (2021), solo el 35% del tiempo de los equipos expertos en vigilancia tecnológica agrega valor real cuando se trabaja con procesos manuales de revisión. La automatización resuelve parcialmente este problema, pero la ausencia de plataformas de vigilancia integradas que combinen patentes, literatura científica y fuentes digitales en tiempo real sigue siendo la limitación práctica más frecuente en los entornos industriales con recursos tecnológicos limitados.

6.3.4. Síntesis de efectividad / Balance de impacto / Evaluación de resultados metodológicos

El análisis de la muestra indica que las tecnologías emergentes aplicadas a vigilancia tecnológica son altamente efectivas cuando se cumplen tres condiciones: disponibilidad de datos estructurados y suficientes (contiene cientos de documentos), integración de múltiples fuentes

complementarias (literatura + patentes + fuentes digitales), y capacidad institucional para implementar y actualizar los modelos analíticos. Los sectores con mayor madurez en la adopción son manufactura avanzada, automatización industrial e Industria 4.0, mientras que sectores como tecnología asistencial o sostenibilidad industrial presentan oportunidades de crecimiento muy superiores, pero con niveles de adopción aún incipientes. La evidencia cuantitativa reportada, tasas de crecimiento de patentes de hasta (x95) en cinco años, crecimiento anual superiores al 100% en segmentos emergentes, y mercados que se multiplican por nueve en seis años confirma que la vigilancia tecnológica basada en tecnologías emergentes no es solo viable sino estratégicamente indispensable para las organizaciones que buscan anticipar los cambios del entorno tecnológico industrial.

7. Conclusiones

La presente revisión de literatura tuvo como propósito analizar las tecnologías emergentes aplicadas a los procesos de vigilancia tecnológica en entornos industriales, a partir del estudio principalmente de 36 artículos seleccionados mediante un proceso riguroso de depuración desde una búsqueda inicial de 166 documentos en Scopus. Los hallazgos obtenidos en los tres capítulos de resultados permiten formular las siguientes conclusiones, articuladas en respuesta directa a cada uno de los objetivos específicos planteados.

En la identificación de las principales tendencias en el uso de tecnologías emergentes para la vigilancia tecnológica en entornos industriales, la evidencia analizada confirma que el campo ha experimentado una transformación profunda y acelerada, centrada en cinco tendencias dominantes que configuran el estado actual de la vigilancia tecnológica: la incorporación sistemática de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, la consolidación del análisis de patentes como fuente estratégica de inteligencia competitiva, la integración de herramientas bibliométricas avanzadas para mapear estructuras conceptuales, la especialización sectorial creciente de las prácticas de vigilancia y la convergencia entre IA, analítica avanzada y transformación digital industrial. Estas tendencias no son independientes entre sí; por el contrario, configuran un ecosistema metodológico convergente en el que la vigilancia tecnológica transita desde un modelo descriptivo y reactivo hacia uno predictivo, automatizado y orientado a datos. El campo ha pasado de publicar entre 20 y 23 artículos anuales entre 2020 y 2022 a alcanzar cerca de 50 publicaciones en 2025, lo que confirma que se trata de un área en plena expansión y consolidación científica.

Las metodologías más utilizadas en la literatura para implementar vigilancia tecnológica se pueden clasificar en cinco grandes categorías metodológicas: análisis bibliométrico y

cienciométrico, análisis y minería de patentes, minería de texto y procesamiento de lenguaje natural, analítica predictiva y aprendizaje automático, e inteligencia de negocios y analítica avanzada. La evidencia indica que ninguna de estas metodologías es suficiente por sí sola; los estudios más completos y efectivos combinan al menos dos de ellas. El *topic modeling* LDA con coeficiente de correlación $r = 0,957$ entre datos reales y predichos, los modelos DNN aplicados a 6.466 patentes IoT, el análisis de 91.580 registros de patentes con validación estadística ($p = 0,510 > 0,05$), y el *web mining* sobre 1,07 millones de documentos con 246 términos especializados constituyen evidencia sólida de la madurez técnica que han alcanzado estas metodologías. La clasificación propuesta de metodologías tradicionales hacia metodologías híbridas basadas en IA también revela una evolución clara en la complejidad y capacidad analítica del campo, donde los enfoques más avanzados ofrecen mayor automatización y capacidad predictiva, pero demandan mayores recursos computacionales e institucionales.

Al evaluar la aplicabilidad y efectividad de estas tecnologías emergentes en vigilancia tecnológica para entornos industriales, los resultados muestran que la efectividad está fuertemente condicionada por el sector, la disponibilidad de datos y la capacidad institucional. El sector manufacturero concentra la mayor actividad, con tasas de crecimiento de patentes en blockchain de $\times 95$ en cinco años (de 17 en 2015 a 1.627 en 2020), un mercado de *Digital Twin* que creció de US\$3,8 mil millones en 2019 a una proyección de US\$35,8 mil millones para 2025, y un crecimiento proyectado del 40% en patentes de IA para sostenibilidad industrial entre 2023 y 2030. La automatización industrial evidencia que tecnologías como la comunicación inalámbrica y el reconocimiento de imagen concentran el 54,5% de las patentes analizadas (2.344 de 5.994) y muestran tendencia creciente sostenida. En sectores como tecnología asistencial, la vigilancia de patentes revela una brecha de aplicabilidad crítica: solo el 0,3% de más de 3,7 millones de patentes

en tecnologías habilitadoras está orientado explícitamente a este campo, a pesar de que la OMS estima que 1.000 millones de personas necesitan productos asistenciales y solo el 10% tiene acceso real, lo que representa una oportunidad estratégica de innovación de enorme magnitud.

Una conclusión que emerge del conjunto de la evidencia es que la vigilancia tecnológica basada en tecnologías emergentes enfrenta tres limitaciones estructurales que deben considerarse al momento de implementarla: la brecha de capacidades tecnológicas e institucionales, especialmente crítica en contextos como el latinoamericano donde Colombia aporta alrededor de 4 publicaciones del total de la muestra frente a las 26 - 28 de India y China; el rezago temporal inherente a las fuentes de patentes y literatura científica, que exige complementar el análisis con fuentes más ágiles; y la fragmentación del conocimiento entre sectores y estudios, que solo el 35% del tiempo de los equipos expertos logra convertir en valor real cuando los procesos son manuales.

8. Recomendaciones

A partir del análisis realizado en esta investigación, se pueden plantear algunas recomendaciones que pueden ser útiles tanto para el ámbito académico como para el sector industrial. Se observa que las empresas no deberían limitarse al uso de una sola metodología de vigilancia tecnológica. A lo largo del estudio se evidenció que los mejores resultados se obtienen cuando se combinan enfoques tradicionales, como el análisis bibliométrico o de patentes, con herramientas más avanzadas como la inteligencia artificial y la analítica de datos. Esta integración permite no solo entender lo que ya ha ocurrido, sino también anticipar posibles cambios en el entorno tecnológico.

También se identifica la necesidad de fortalecer las capacidades internas en las organizaciones. No es suficiente con contar con herramientas tecnológicas; se requiere personal capacitado que pueda interpretar los resultados y utilizarlos en la toma de decisiones. En este sentido, la formación en análisis de datos, machine learning y procesamiento de información adquiere cada vez mayor relevancia en los entornos industriales.

Se encuentra como oportunidad ampliar las fuentes de información utilizadas en los procesos de vigilancia tecnológica. Aunque muchas investigaciones se centran en artículos científicos y patentes, existen otras fuentes que pueden aportar información valiosa, como informes de mercado, bases de datos abiertas o contenido digital. Integrar diferentes tipos de fuentes puede mejorar significativamente la calidad del análisis y ofrecer una visión más completa del entorno tecnológico.

En el caso de América Latina, y particularmente en Colombia, los resultados muestran una baja producción científica en este campo. Esto sugiere la necesidad de fomentar investigaciones

aplicadas en contextos locales, que permitan adaptar las metodologías y tecnologías emergentes a las condiciones reales de la región.

Se debe considerar el caso de las pequeñas y medianas empresas, que representan una gran parte del sector productivo, pero que muchas veces no cuentan con los recursos necesarios para implementar sistemas avanzados de vigilancia tecnológica. Esto abre la posibilidad de desarrollar soluciones más accesibles y escalables, que faciliten su adopción sin requerir grandes inversiones.

Finalmente, queda como línea de trabajo seguir explorando la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el Big Data y el Internet de las Cosas en la vigilancia tecnológica, especialmente en el desarrollo de sistemas automatizados que permitan un monitoreo continuo del entorno y fortalezcan la toma de decisiones en la industria.

Referencias Bibliográficas

- Abdi, S., Kitsara, I., Hawley, M. S., & de Witte, L. P. (2021). Emerging technologies and their potential for generating new assistive technologies. *Assistive Technology*, 33(sup1), 17–26. <https://doi.org/10.1080/10400435.2021.1945704>
- Alareeni, B., & Hamdan, A. (Eds.). (2024). *Technology and business model innovation: Challenges and opportunities*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-55911-2>
- Álvarez Villamizar, C. A., & Peralta Chaparro, J. P. (2016). *Vigilancia tecnológica de digestión anaerobia en Colombia mediante el uso de software bibliométrico especializado* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/items/ef61cb5f-7cd7-452a-a5d6-e0f0b227986c>
- Arias Barbosa, P. D., & Garcia Badillo, B. A. (2021). *Vigilancia tecnológica para identificar tecnologías de conectividad transferibles al sector educativo rural en el departamento de Santander* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/items/c8b25a26-1511-4767-afc2-897e79ab02ee>
- Ardito, L., Rizzo, F., & Scuotto, V. (2021). Emerging technologies and industrial digital transformation. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120647. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120647>
- Badolato, C., Capuani, A., Concetti, V., Laura, L., Rossi, R., & Smacchia, M. (2021). An industrial application of business intelligence approach. En *ITAIS 2021 Proceedings*. <https://aisel.aisnet.org/itais2021/1>
- Beleño Mier, O. (2015). *Vigilancia tecnológica de procesos de biorremediación* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/items/0b011d04-80d4-42cb-8047-0a8b13efb904>

- Bhatt, P. C., Kumar, V., & Lu, T.-C. Identifying technology trends for blockchain applications in Industry 4.0 domain.
- Bordeleau, F.-E., Mosconi, E., & de Santa-Eulalia, L. A. (2020). Business intelligence and analytics value creation. *Production Planning & Control*, 31(2–3), 173–185. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1631458>
- Bridgelall, R. (2025). LiDAR innovations: Insights from a patent and scientometric analysis. *Designs*, 9(2), 47. <https://doi.org/10.3390/designs9020047>
- Bzhalava, L., Hassan, S. S., Kaivo-oja, J., Olsson, B. K., & Imran, J. (2022). Mapping industry digitalization. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 19(2), 2250001. <https://doi.org/10.1142/S0219877022500018>
- Cho, I., & Ju, Y. (2025). Trend analysis of factory automation using topic modeling. *Processes*, 13(7), 1952. <https://doi.org/10.3390/pr13071952>
- Comer, L., Donelle, L., Hiebert, B., Smith, M. J., Kothari, A., Stranges, S., & Facca, D. (2024). Digital surveillance during COVID-19. *JMIR Public Health and Surveillance*, 10, e47154. <https://doi.org/10.2196/47154>
- Cuellar, S., Grisales, S., & Castañeda, D. I. (2023). Industry 4.0 trends. *Automation in Construction*, 156, 105113
- Dechant, S., & Möhring, H.-C. (2025). Trend analysis in EV assembly. *Procedia CIRP*, 134, 603–608. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2025.02.20>
- Dumbach, P., Schwinn, L., Löhr, T., Elsberger, T., & Eskofier, B. M. (2023). AI trend analysis. *International Journal of Data Science and Analytics*, 20, 819–840. <https://doi.org/10.1007/s41060-023-00483-9>

- Gómez Chaparro, J. S., & Puentes Maldonado, J. M. (2018). *Vigilancia tecnológica en agrópolis Santander*. <https://noesis.uis.edu.co/items/264474ec-c3a7-492b-a56a-44a0aeb17a51>
- Grilo, A., et al. Data analytics environment: Combining visual programming and MLOps.
- Kayyali, M. (2025). Case studies in competitive intelligence. En *Competitive Intelligence in the Digital Age* (pp. 37–64). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-2690-0.ch002>
- Kim, S., Park, H., & Lee, J. (2020). Word2vec-based topic modeling. *Expert Systems with Applications*, 152, 113401. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113401>
- Krestel, R., et al. (2021). Patent text mining workshop. <https://doi.org/10.1145/3404835.3462816>
- Lerotić, M., & Prugovečki, S. (2020). LorisQ predictive maintenance.
- Li, X., Shen, Y., Cheng, H., Yuan, F., & Huang, L. (2024). Digital twin trends. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3166794>
- Mutlu, N. G., & Altuntaş, S. (2021). Monitoring technological changes. *Journal of Engineering*, 36(4), 1875–1892. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.815361>
- Myagmar-Ochir, Y., & Kim, W. (2023). Smart city surveillance systems. *Electronics*, 12(17), 3567. <https://doi.org/10.3390/electronics12173567>
- Page, M. J., et al. (2021). PRISMA 2020 statement. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Podrecca, M., Culot, G., Tavassoli, S., & Orzes, G. (2024). AI for climate change. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71
- Porter, A. L., & Cunningham, S. W. (2019). *Tech mining*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119614766>
- Raju, K. S., et al. (2025). Big data in supply chains. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-78931-1_42

- Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., & Süle, E. (2025). Industry 5.0 research. *Discover Sustainability*, 6, 402. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01252-3>
- Rejeb, A., Rejeb, K., Zrelli, I., & Süle, E. (2025). Industry 5.0 literature. *Discover Sustainability*, 6, 307. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01166-0>
- San Martin, D., & Macedo, D. D. J. (2021). Technological surveillance model. *Journal of Intelligent Information Systems*, 56, 561–579. <https://doi.org/10.1007/s10844-021-00641-0>
- Sharma, N., Chakrabarti, A., & Balas, V. E. (Eds.). (2020). *Data management, analytics and innovation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-9364-8>
- Sharma, V., & Gupta, S. (2025). AI-driven supply chain innovation. *Procedia Computer Science*, 259, 1169–1178. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.04.072>
- Shibata, M., & Takahashi, M. Technology visualization using patent classifier.
- Sowan, B. I., Altarawneh, A., & Fasha, M. BI and real-time analytics framework.
- Trappey, A. J. C., et al. (2021). Patent value analysis. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(5), 1334–1346
- Trappey, A. J. C., Baroroh, D. K., Santoso, H. B., & Darmawan, A. Human-cyber physical system trends.
- Yang, X.-S., Sherratt, S., Dey, N., & Joshi, A. (Eds.). (2020). *ICICT 2019 Proceedings*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-32-9343-4>
- Yuan, Y., Duan, X., & Yuan, X. (2024). Fuel cell EV trends. *Energies*, 17, 4208. <https://doi.org/10.3390/en17174208>
- Zayer, H. F., Ibrahim, A. A. N., & Abood, N. F. (2025). Industrial design technologies. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMI65310.2025.11141229>