



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PUEBLA

PROGRAMA ACADÉMICO DE POSGRADO

**Detección de las aplicaciones de inteligencia artificial en el diseño automotriz mediante vigilancia tecnológica**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN GESTIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

PRESENTA:

**ING. MARYSOL AGUIRRE CÓRDOBA**

**Asesora:** Dra. María Auxilio Medina Nieto

**Co-asesora:** Dra. Gabriela Sánchez Esgua

Juan C. Bonilla, Puebla, México. Febrero 2026.

---



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PUEBLA  
MAESTRÍA EN GESTIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

# **Detección de las aplicaciones de inteligencia artificial en el diseño automotriz mediante vigilancia tecnológica**

TESIS REALIZADA POR:

**ING. MARYSOL AGUIRRE CÓRDOBA**

24 de Febrero del 2026

**Comité evaluador**

**(Firma)**

Dra. María Auxilio Medina Nieto .....

Dra. Gabriela Sánchez Esgua .....

M. C. Rebeca Rodríguez Huesca .....

M. I. Gudelia Pilar Pérez Conde .....



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PUEBLA  
MAESTRÍA EN GESTIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Derechos de autor: Universidad Politécnica de Puebla 2026

El contenido se distribuye bajo los términos de la Licencia Abierta  
*Creative Commons* (CC BY-NC-ND 2.5 MX)

*(Firma)*

.....  
Ing. Marysol Aguirre  
Córdoba

En el contexto de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, la industria y manufactura, así como el transporte, se consideran campos de aplicación de la inteligencia artificial. El objetivo de la tesis es detectar temas y herramientas de IA utilizadas en el diseño automotriz a nivel nacional e internacional mediante la implementación de actividades de vigilancia tecnológica, así, se obtuvo información estratégica relacionada con la formación y capacitación de recursos humanos en la Universidad Politécnica de Puebla. La investigación siguió un enfoque mixto, se realizaron revisiones sistemáticas de publicaciones científicas y búsquedas de solicitudes de patentes y patentes otorgadas en la bases de datos Espacenet, se usaron palabras clave en inglés y español, junto con los códigos de la Clasificación Internacional de Patentes del sección G clase 06: *computing; calculating; counting*. Los resultados incluyen números de solicitudes de patentes y patentes otorgadas de 2019 a 2025 organizadas por tema, países con mayor productividad en materia de patentes e identificación de actividades relacionadas con la propiedad intelectual de actores clave.

### **Palabras clave**

Diseño automotriz, inteligencia artificial, vigilancia tecnológica, patentes, bases de datos de patentes.

In the context of the World Intellectual Property Organization, industry and manufacturing, as well as transportation, are considered fields of application for artificial intelligence. The objective of the thesis is to identify AI topics and tools used in automotive design at the national and international levels through the implementation of technology watch activities. Strategic information related to human resources education and training at the Polytechnic University of Puebla was obtained. The research followed a mixed approach, with systematic reviews of scientific publications and searches for patent applications and patents granted in the Espacenet database, using keywords in English and Spanish, together with the codes of the International Patent Classification section G class 06: computing; calculating; counting. The results include the number of patent applications and patents granted from 2019 to 2025 organized by topic, countries with the highest patent productivity, and identification of intellectual property-related activities of key actors.

### **Keywords**

Automotive design, artificial intelligence, technology watch, patents, patent databases.

<b>1 Planteamiento del problema</b>	<b>6</b>
1.1 Introducción . . . . .	6
1.2 Objetivo general . . . . .	13
1.3 Objetivos específicos . . . . .	13
1.4 Justificación . . . . .	13
1.5 Alcances y limitaciones . . . . .	15
1.6 Alineación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible . . . . .	16
1.7 Contribuciones . . . . .	17
<b>2 Marco teórico</b>	<b>18</b>
2.1 Definiciones de conceptos clave . . . . .	18
2.2 Técnicas de IA e IA generativa . . . . .	19
2.3 Preámbulo de estándares y regulaciones de la industria automotriz asistida por IA . . . . .	20
2.4 Diseño automotriz, la IA generativa y otras herramientas . . . . .	21
2.5 Aplicaciones de la IA en el diseño automotriz . . . . .	22
2.5.1 Agrupación de aplicaciones de IA . . . . .	27
2.5.2 Beneficios del diseño automotriz asistido por IA . . . . .	29
2.6 Uso de herramientas IA con trabajos relacionados . . . . .	29
2.6.1 Claude . . . . .	29
2.6.2 Research Rabbit . . . . .	32
2.6.2.1 Documentos similares . . . . .	32
2.6.2.2 Enlaces entre autores . . . . .	32
2.6.2.3 Exportación de datos descriptivos . . . . .	33
<b>3 Metodología</b>	<b>36</b>
3.1 Vigilancia tecnológica . . . . .	36
3.2 Etapas para la VT . . . . .	37
<b>4 Resultados</b>	<b>41</b>
4.1 Estrategia de búsqueda en Espacenet . . . . .	41
4.1.1 Solicitudes de patentes . . . . .	43
4.1.2 Patentes otorgadas e información complementaria . . . . .	48

---

4.2	Determinación de conceptos y temas de IA . . . . .	55
4.2.1	Descripción de códigos CIP de patentes otorgadas . . . . .	55
4.2.2	Temas de IA dirigidos a la formación y capacitación . . . . .	58
4.3	Identificación y seguimiento a actores clave . . . . .	58
4.3.1	Actividad inventiva de integrantes del RAI AVL en IA y diseño automotriz	59
4.3.2	Herramienta Observa . . . . .	59
4.4	Reporte de VT . . . . .	60
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>63</b>
	<b>Referencias</b>	<b>65</b>

1.1	Empresas automotrices establecidas en el Estado de Puebla [2]. . . . .	7
1.2	Impacto de la IA en la manufactura. . . . .	8
1.3	Aplicaciones de la IA en la manufactura. . . . .	9
1.4	Diagrama general de Ishikawa. . . . .	10
1.5	Causas relacionadas con las personas y el método. . . . .	10
1.6	Causas relacionadas con la medición. . . . .	11
1.7	Causas relacionadas con la máquina y el entorno. . . . .	11
1.8	Causas relacionadas con los materiales. . . . .	12
1.9	Reducción de la manufactura [8]. . . . .	14
1.10	Reporte mensual del RIAVL: septiembre del 2025. . . . .	15
2.1	Ejemplos de técnicas de IA (Adaptado de [4]). . . . .	19
2.2	Aplicaciones del diseño automotriz asistido por IA: grupos 1 y 2. . . . .	27
2.3	Aplicaciones del diseño automotriz asistido por IA: grupos 3 a 5. . . . .	28
2.4	Medio interactivo generado con Claude. . . . .	30
2.5	Beneficios e impactos del diseño automotriz generado con Claude. Parte 1. . . . .	31
2.6	Beneficios e impactos del diseño automotriz generado con Claude. Parte 2. . . . .	31
2.7	Documentos similares a [45]. . . . .	33
2.8	Enlaces e información de los autores de [45]. . . . .	34
2.9	Interfaz de la colección IA Y diseño Automotriz. . . . .	35
2.10	Datos repetidos en el atributo Authors. . . . .	35
3.1	Etapas de la VT (adaptación de [60]). . . . .	37
4.1	Figura de la página inicial de la solicitud KR20210146654A. . . . .	46
4.2	Figura de la página inicial de la solicitud W02024225500A1. . . . .	47
4.3	Datos descriptivos de la patente CN106127747B en Google Patents. . . . .	51
4.4	Transferencia tecnológica de la patente CN106127747B. . . . .	52
4.5	Resultados iniciales de la expresión de búsqueda 4.1. . . . .	54
4.6	Países con patentes. . . . .	59
4.7	Ejemplo de alerta tecnológica emitida por Observa. . . . .	60
4.8	Certificado para el reporte de VT [22]. . . . .	61
4.9	Número de visitas del reporte en el RI-UPPue. . . . .	62

1.1	Actividades económicas en la industria automotriz [2]. . . . .	6
1.2	Empresas automotrices en Puebla y estados colindantes [2]. . . . .	6
1.3	Atributos del informe del mercado global de la IA en la industria automotriz [9]. . . . .	14
2.1	Título de artículos científicos y de divulgación. . . . .	25
2.2	Trabajos relacionados que incluyen técnicas de IA con mayor número de citas. . . . .	25
2.3	Título y técnicas de IA de artículos científicos y de divulgación. . . . .	26
3.1	Códigos de la CIP recuperados con las expresiones de búsqueda. . . . .	40
4.1	Categorías tecnológicas para detectar aplicaciones de IA en el diseño automotriz. . . . .	42
4.2	Solicitudes de patente por título en inglés y expresión de búsqueda. . . . .	44
4.3	Solicitudes de patentes por título en español. . . . .	44
4.4	Solicitudes de patentes por códigos CIP, año y país. . . . .	45
4.5	Solicitudes de patente y tecnología de IA. . . . .	45
4.6	Solicitudes de patente otorgadas. . . . .	48
4.7	Patentes por título en inglés. . . . .	48
4.8	Patentes por título en español. . . . .	49
4.9	Patentes por códigos CIP, año y país. . . . .	50
4.10	Número de patentes por país. . . . .	53
4.11	Patente y tecnología de IA. . . . .	53
4.12	Titular de la patente US10977876B2. . . . .	53
4.13	Descripción de códigos CIP. . . . .	56
4.14	Traducción de la descripción de códigos CIP. . . . .	57
4.15	Temas de IA dirigidos a la formación y capacitación. . . . .	58
4.16	Solicitudes de patentes de integrantes del RIAVL. . . . .	59
4.17	Patentes de integrantes del RIAVL. . . . .	59

## Acrónimos

AMIA	Asociación Mexicana de la Industria Automotriz A.C.
IA	Inteligencia Artificial
IoT	<i>Internet of Things</i> , internet de las cosas
IMPI	Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
EMIM	Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PIB	Producto Interno Bruto
RAIAVL	Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros

## 1.1 Introducción

La industria y manufactura son elementos relevantes del desarrollo económico. En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) señaló a través de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM), que en 2024, este sector representó aproximadamente el 18.3% del Producto Interno Bruto (PIB) [1], datos específicos sobre las empresas<sup>1</sup> están disponibles desde el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) [2].

Esta tesis se enfoca en la industria automotriz, caracterizada por procesos constantes de transformación tecnológica. La Tabla 1.1 muestra los identificadores y las descripciones para las actividades económicas, los datos de las empresas con 251 y más personas en el Estado de Puebla y estados colindantes se incluyen en la Tabla 1.2.

Tabla 1.1: *Actividades económicas en la industria automotriz [2].*

Identificador	Descripción de actividad económica
31 - 33	Industria manufacturera
336	Fabricación de equipo de transporte
3361	Fabricación de automóviles y camiones
33611	Fabricación de automóviles y camionetas

Tabla 1.2: *Empresas automotrices en Puebla y estados colindantes [2].*

Empresa	Entidad federativa
Nissan Mexicana Stellantis México Suc. 4106 Bonampak	Ciudad de México
Nissan Mexicana deportivo Civac Nissan Mexicana planta Civac	Morelos
Audi México Volkswagen	Puebla

La Figura 1.1 muestra datos de las empresas de Puebla, ambas reconocidas por su adopción temprana de tecnologías relacionadas con la Industria 4.0 tales como automatización, robótica, digitalización e Inteligencia Artificial (IA). En la opinión de [3], a medida que las demandas del mercado exigen mayor personalización, sostenibilidad y eficiencia, la IA se consolida como un habilitador estratégico para transformar los entornos de dise-

<sup>1</sup>Una unidad económica es sinónimo de empresa, negocio, establecimiento u organización

ño y manufactura tradicionales en ecosistemas digitales inteligentes. Las Figuras 1.2 y 1.3 muestran el impacto y las aplicaciones de la IA en la manufactura con base en una primer revisión de la literatura.

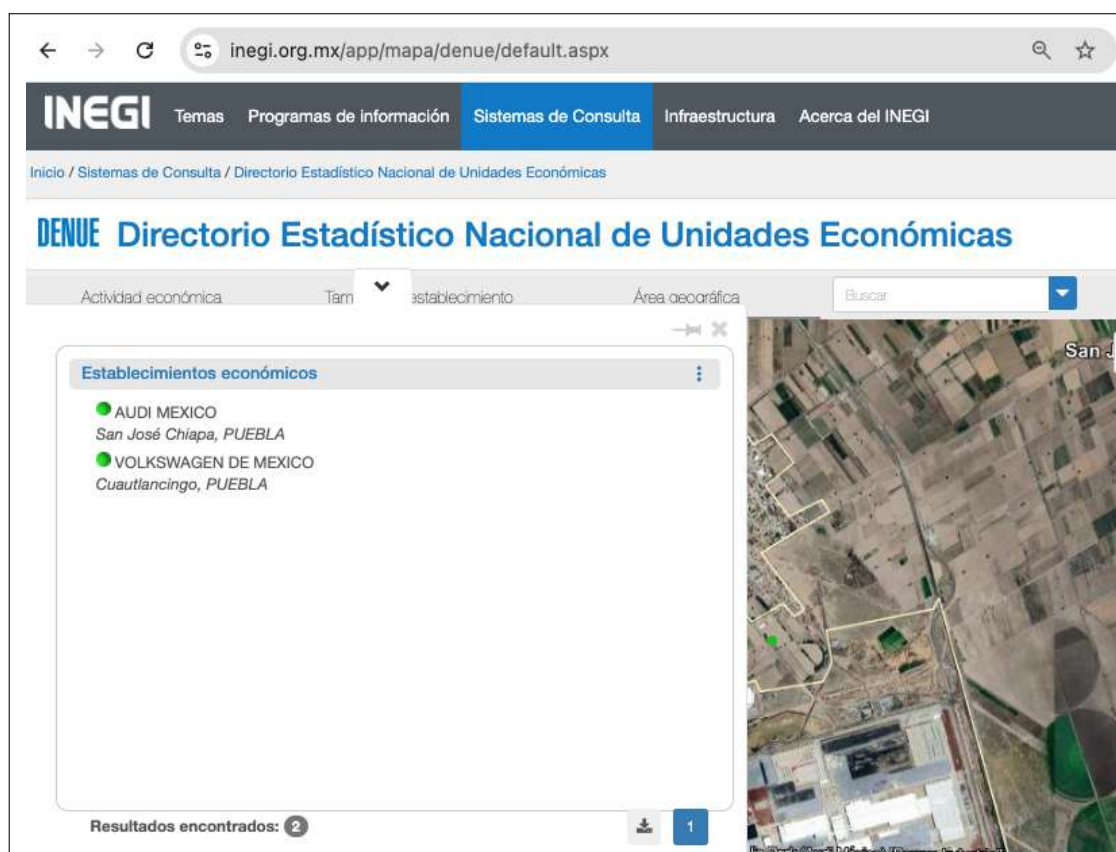


Figura 1.1: Empresas automotrices establecidas en el Estado de Puebla [2].

Acorde con [4], la IA se ha convertido en una herramienta clave para acelerar la innovación y la competitividad mediante tecnologías como el diseño generativo, los gemelos digitales, la visión por computadora y el aprendizaje automático, se utiliza en la fase conceptual de los proyectos, para reducir errores humanos, mejorar el uso de materiales, la eficiencia y seguridad, permite iteraciones rápidas y precisas mediante simulaciones en tiempo real; países como Estados Unidos, China, Canadá y Corea del Sur utilizan la IA en el diseño automotriz en aplicaciones relacionadas con la estructura, la estética, el interior y la funcionalidad.

[5] señala la necesidad de formar profesionistas con competencias técnicas y digitales, capacitados y actualizados en IA, con habilidades para mejorar procesos creativos, conocer sobre la generación automatizada de prototipos hasta la recreación compleja. Esta necesidad se presenta en la Universidad Politécnica de Puebla (UPPue), la problemática que aborda esta tesis es el desconocimiento de los temas y herramientas de IA utilizadas

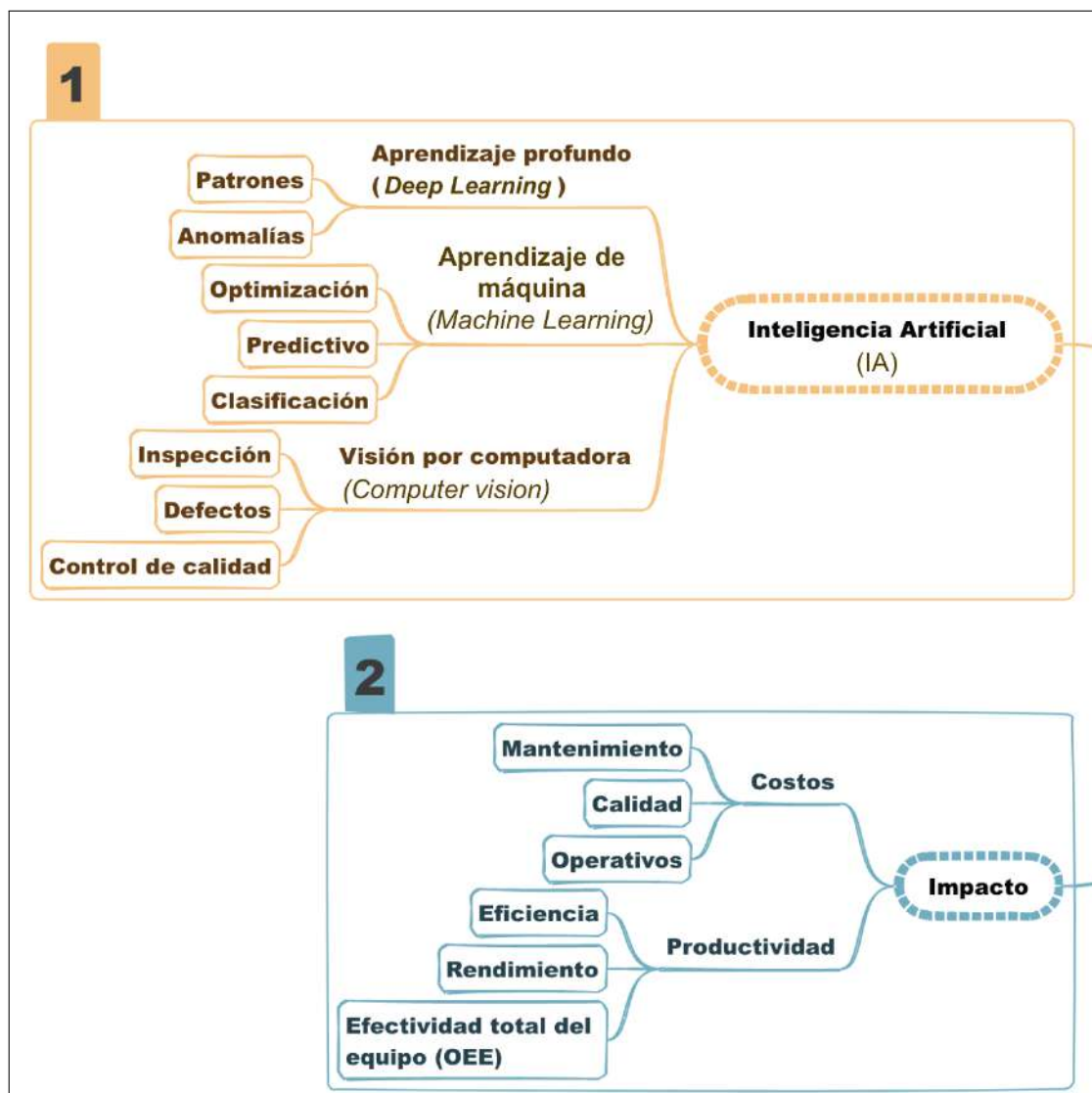


Figura 1.2: Impacto de la IA en la manufactura.

en el diseño automotriz como muestra la Figura 1.4; las causas se puntualizan en las Figuras 1.5, 1.6, 1.7 y 1.8.

La pregunta de investigación fue:

*¿cuáles son los temas y las herramientas de IA que se han aplicado al diseño automotriz que podrían integrarse en la formación y capacitación de docentes y estudiantes de la UPPue?*

Para responderla, se implementaron actividades de Vigilancia Tecnológica (VT), herramienta estratégica para detectar, analizar, anticipar tendencias, que permite a las empresas mantenerse competitivas mediante la identificación oportuna de avances tecnológicos, actores clave, patentes y artículos científicos relevantes [6]. Los objetivos fueron los siguientes:

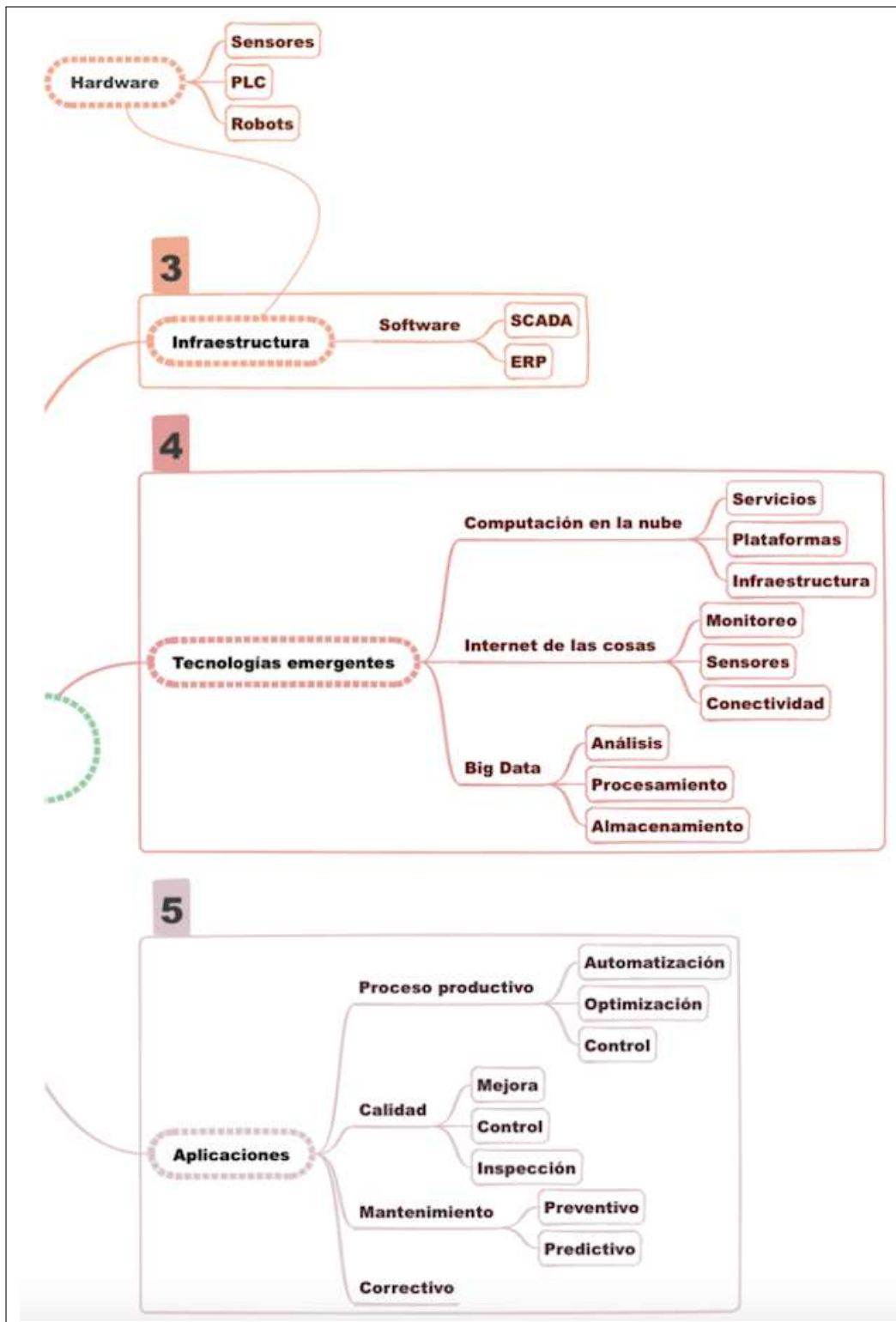


Figura 1.3: Aplicaciones de la IA en la manufactura.

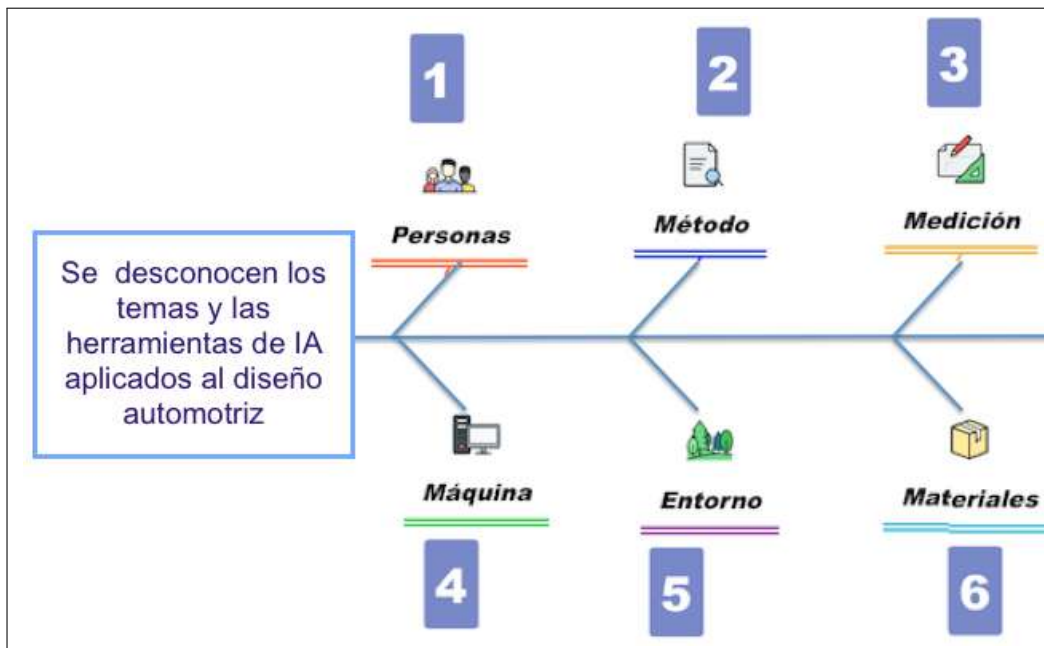


Figura 1.4: Diagrama general de Ishikawa.

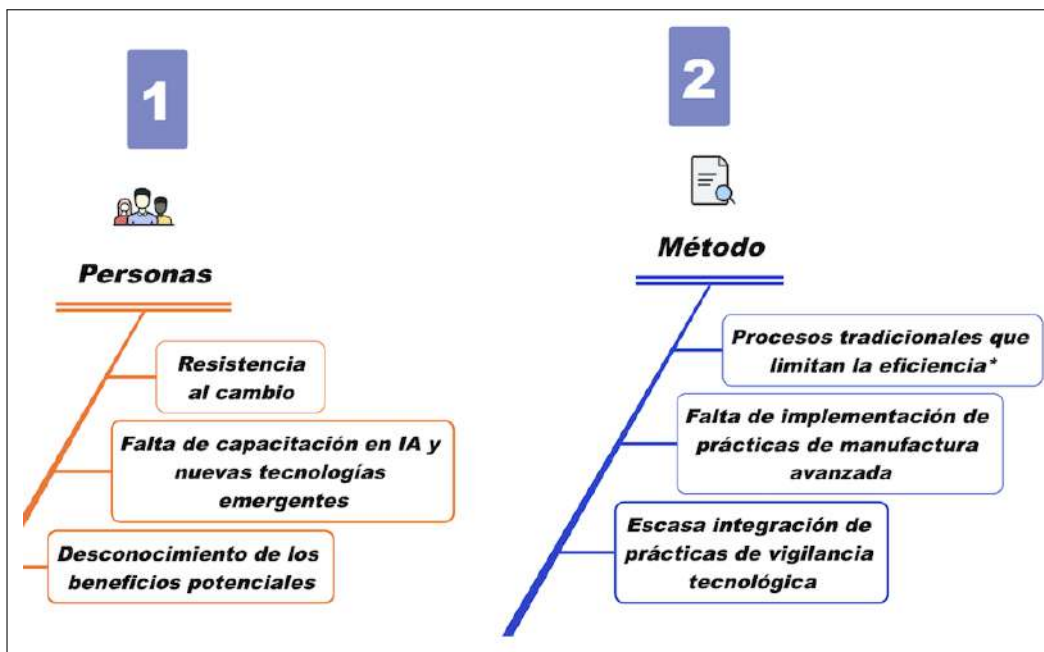


Figura 1.5: Causas relacionadas con las personas y el método.



Figura 1.6: Causas relacionadas con la medición.

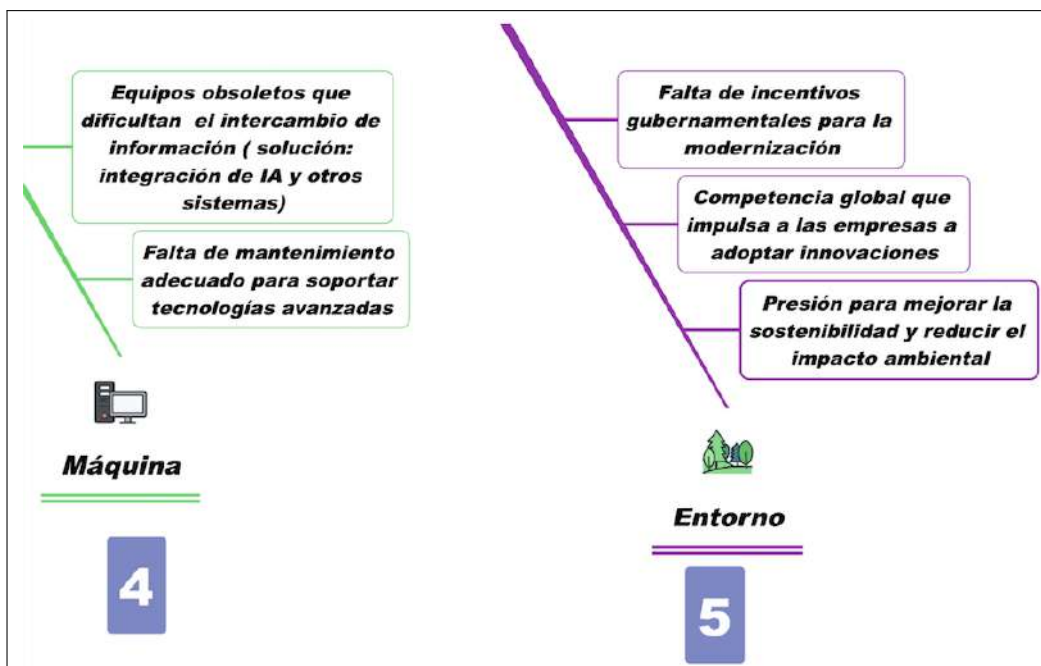


Figura 1.7: Causas relacionadas con la máquina y el entorno.

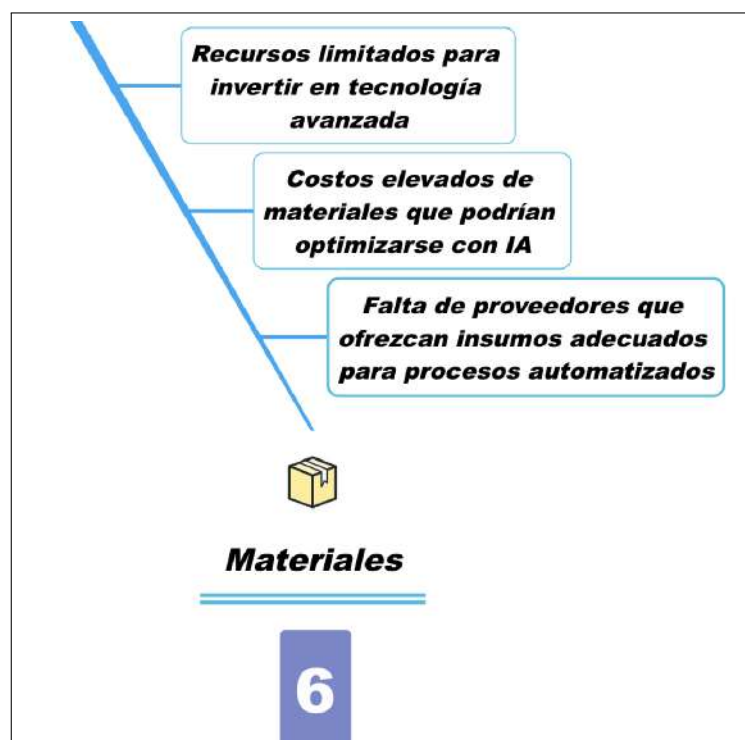


Figura 1.8: Causas relacionadas con los materiales.

## 1.2 Objetivo general

Detectar temas y patentes de IA relacionadas con el diseño automotriz a nivel internacional mediante vigilancia tecnológica para extraer información estratégica relacionada con la formación y capacitación de recursos humanos en la UPPue.

## 1.3 Objetivos específicos

1. Implementar una estrategia de búsqueda y recopilación de información de la base de datos de patentes Espacenet, de publicaciones científicas y fuentes informales para conocer las aplicaciones de la IA en el diseño automotriz
2. Determinar conceptos y temas de IA encontrados en solicitudes de patentes y patentes otorgadas a nivel internacional para responder a las necesidades formación y capacitación de estudiantes y docentes
3. Identificar y dar seguimiento a actores clave de actividades inventivas como titulares y empresas líderes
4. Difundir las herramientas y usos de la IA en el diseño automotriz con base en la revisión de patentes en un reporte de VT

Los objetivos están alineados con la misión de la UPPue, la cual es:

*“Formar íntegramente profesionales competentes que atiendan necesidades de los sectores productivos y social, mediante desarrollo tecnológico, la innovación y la investigación aplicada, promoviendo una cultura ambiental [7]”.*

## 1.4 Justificación

A nivel internacional, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) hace énfasis en la digitalización industrial para aumentar la productividad y competitividad, la adopción de tecnologías de IA es vista como solución clave para que los países mantengan su relevancia en la economía global, a pesar de que se redujo el crecimiento en la manufactura como muestra la Figura 1.9 [8].

De acuerdo con el informe [9], en el que su ámbito geográfico incluye a México, la industria automotriz en 2024 fue valorada en aproximadamente \$10.88 mil millones



Figura 1.9: Reducción de la manufactura [8].

de dólares, para 2025 se proyecta que el mercado global de IA alcance los \$17.56 mil millones, la Tabla 1.3 muestra otros datos de interés.

Tabla 1.3: Atributos del informe del mercado global de la IA en la industria automotriz [9].

Atributo del informe:	Valor
Valor del tamaño del mercado en 2025:	17.56 mil millones de dólares
Pronóstico de ingresos en 2034:	98 mil millones de dólares
Año base para la estimación:	2024
Estimaciones reales / datos históricos:	2019 - 2024
Alcance regional:	África, América del Norte, América del Sur, Asia - Pacífico, Europa del Este, Europa Occidental, Medio Oriente

[10] indica que la industria automotriz invertirá aproximadamente 74,500 millones de dólares en soluciones basadas en IA, lo que representa un incremento 20 veces mayor respecto a años anteriores, sin embargo, la cifra apenas representa el 4% del mercado global de IA, cuyo valor se proyecta en 1.85 billones de dólares.

El Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros (RAIAVL) del INEGI integra información de las 22 empresas que forman la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, A.C. (AMIA) y de otras 6 no afiliadas relacionadas con las ventas al público en el mercado interno, producción y exportaciones; México, en 2024, fue el séptimo mayor productor a nivel mundial y el primero en América Latina, se ensamblaron 3.9 millones de autos, 5.5% más que en 2023, Volkswagen y Audi produjeron 319,948 [11]. La Figura 1.10 muestra un extracto del reporte RIAVL para Septiembre del 2025 [12].

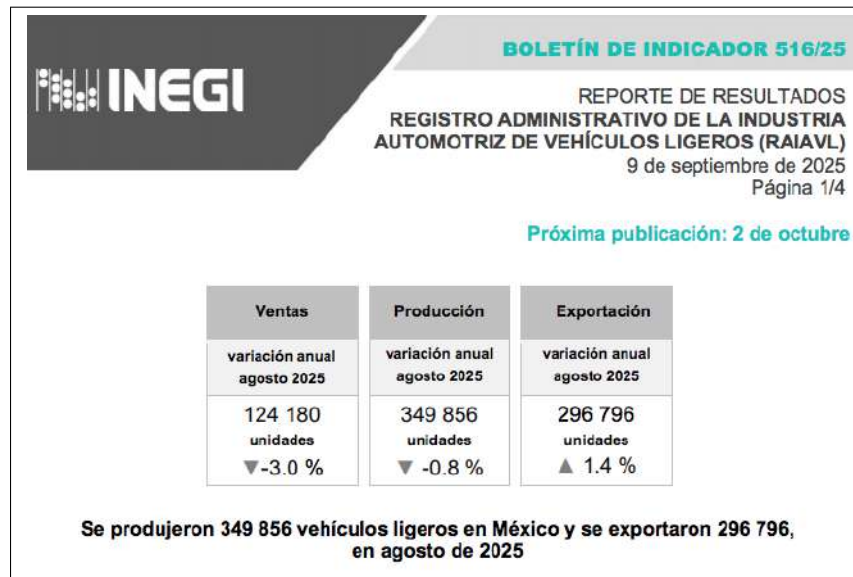


Figura 1.10: Reporte mensual del RAI AVL: septiembre del 2025.

La IA en el diseño automotriz ha proporcionado beneficios relacionados con la fabricación y control de calidad en tiempo real [13], la reducción de costos en mantenimiento preventivo [14], la generación de ventajas competitivas y modernización de operaciones industriales [16]. Entre los beneficiarios de la investigación en la UPPue se identifica a personal directivo o de recursos humanos encargados de atender necesidades de formación y capacitación, estudiantes y docentes interesados en innovación tecnológica, egresadas y egresados de los programas académicos siguientes: Maestría en Gestión e Innovación Tecnológica (MGIT), Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicación (ITI) e Ingeniería en Sistemas Automotrices (ISA).

## 1.5 Alcances y limitaciones

El alcance está representado por los elementos siguientes:

1. Área técnica para la tecnología IA: *diseño*.
2. Actividades económicas: 336, 3361, 33611 (ver la Tabla 1.1).
3. Segmentos en los que se desglosa la IA:
  - (a) IA en el diseño automotriz.
  - (b) IA en el diseño de ( autos | automóviles | carros | coches | vehículos ).
  - (c) IA en la ( manufactura | producción ) de ( autos | automóviles | carros | coches | vehículos ).

4. Fuentes de información documental:

- (a) Base de datos de patentes: EspaceNet.
- (b) Los resultados de investigación descritos en artículos en inglés y español en arXiv, ResearchGate e IEEE Xplore, tesis de maestría y doctorado de repositorios institucionales de La Referencia [17].
- (c) Normativa y legislación relacionada con industria automotriz y la IA.

Las limitaciones son:

1. Periodo de la VT: de enero 2019 a octubre del 2025.
2. Cobertura geográfica: internacional, países que registran información en la base de datos Espacenet.
3. Idioma para solicitudes de patentes y patentes otorgadas: inglés.
4. Idiomas para publicaciones científicas: español e inglés.
5. Temporalidad para las publicaciones científicas: 2013 a 2024.
6. Temporalidad para los documentos de patentes: 2021 a 2025.
7. Actores clave: titulares de las patentes, empresas de la AMIA.

## 1.6 Alineación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través de su Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, impulsa la transformación industrial con tecnologías emergentes bajo el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 9, “Industria, innovación e infraestructuras [19]”. La tesis está alineada con el ODS 9 y la meta 9.5 que a la letra señalan lo siguiente [20]:

**ODS 9.** “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación”

**Meta 9.5.** “De aquí a 2030, aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales en todos los países, en particular, los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente el número de trabajadores de investigación y desarrollo (I+D) por cada millón de personas, así como el gasto público y privado en investigación y desarrollo”

De acuerdo con [21], la IA es una herramienta para acelerar el progreso de los ODS.

## **1.7 Contribuciones**

Las contribuciones de la tesis son:

1. Monitoreo de actividades inventivas relacionadas con la IA y su aplicación al diseño automotriz.
2. Identificación de temas de IA orientados a la formación de estudiantes y capacitación de profesores.
3. Uso de Research Rabbit y Claude para la revisión de la literatura y generación automática de contenido, respectivamente.
4. Reporte de VT titulado *Inteligencia artificial en el diseño automotriz: herramientas y usos actuales en el diseño automotriz con base en revisión de patentes* [22].

El capítulo 2 contiene los conceptos clave que sustentan la investigación y las técnicas de IA se presentan en las secciones 2.1 y 2.2, respectivamente. Después, la Sección 2.3 trata aspectos de estándares y regulaciones, las herramientas de software se incluyen en la Sección 2.4. Posteriormente, la Sección 2.5 cita publicaciones científicas que reportan aplicaciones de IA en la industria automotriz, incluye la descripción y tablas para los trabajos relacionados. Finalmente, en la Sección 2.6 se muestra el uso de herramientas de IA con algunos trabajos relacionados.

### 2.1 Definiciones de conceptos clave

Esta sección tiene el propósito de homogenizar la interpretación de los conceptos clave utilizados en la tesis, éstos se definen a continuación.

**Gemelos digitales.** Modelos detallados construidos a partir de grandes cantidades de información actualizadas en tiempo real, generadas por la contraparte física a la que están conectados, se consideran réplicas informáticas de objetos, lugares o procesos [23].

**Innovación.** “Introducción de un nuevo o significativamente mejorado producto, proceso, método organizativo o sistema en una empresa u organización con el propósito de mejorar la eficiencia, la eficacia, la competitividad o la respuesta a las necesidades del mercado [24]”.

**IA.** “Tecnología que permite a las computadoras y máquinas simular el aprendizaje humano, la comprensión, la resolución de problemas, la toma de decisiones, la creatividad y la autonomía [25]”.

**IA.** “Capacidad de una computadora digital o un robot controlado por computadora para llevar a cabo tareas comúnmente asociadas a seres inteligentes [26]”.

**Patente.** “Título que otorga el Estado, a través del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), que confiere el derecho exclusivo de explotación temporal al titular de una invención o a un tercero que tenga autorización para ello; constituye un privilegio legal para que una invención pueda ser explotada en un lugar y en un tiempo determinado [27]”.

## 2.2 Técnicas de IA e IA generativa

La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) [4] afirma que la IA empezó su desarrollo en 1950s, para 2019 se identificaron 20 campos de aplicación que representan el 62% del total de datos de las patentes en esta tecnología (ver la Figura 2.1), el 15% corresponde al *transporte*.

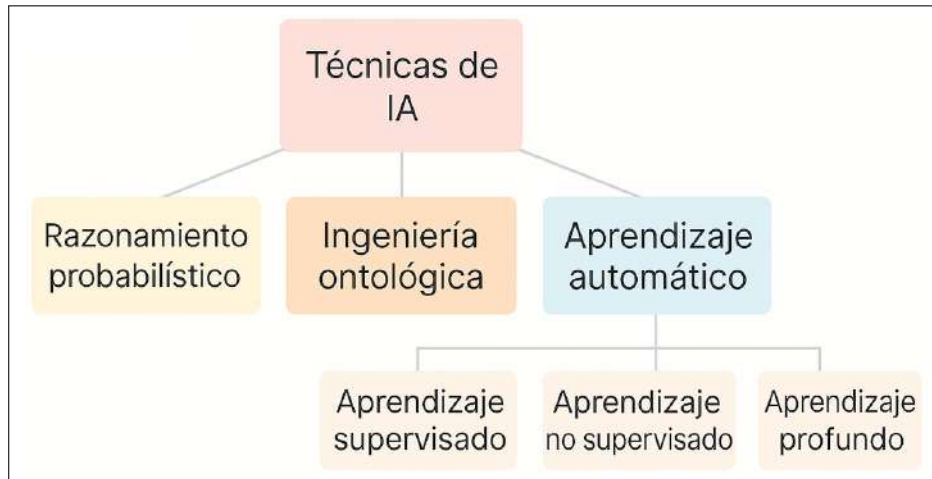


Figura 2.1: Ejemplos de técnicas de IA (Adaptado de [4]).

El aprendizaje automático, en inglés, *Machine Learning* (ML), cuenta con el mayor número de patentes, esta técnica posibilita a las computadoras “aprender” a partir de datos históricos o simuladores para hacer predicciones, tomar decisiones o generar contenido; en vez de depender solamente de reglas programadas, los algoritmos de ML identifican patrones en grandes volúmenes de datos técnicos como los de simulación estructural, rendimiento aerodinámico, ergonomía, vibraciones o comportamiento térmico, en el diseño se emplea para proponer mejoras, suprimir errores en fases tempranas y acelerar la iteración de propuestas [28].

La descripción, su equivalente en inglés y usos del ML y algunas sub-técnicas es:

**Aprendizaje supervisado.** *Supervised Learning* (SL). Entrena modelos que relacionan entradas, (como las características de un diseño), con salidas conocidas, (como rendimiento estructural, diagnósticos de fallas o clasificación de defectos), los datos utilizados para el entrenamiento están etiquetados [29]. En [30] se utiliza el SL para predecir el comportamiento estructural de componentes a partir de variables geométricas, propiedades del material y condiciones de carga, por ejemplo, a través de modelos entrenados con datos de simulaciones previas, es posible anticipar la deformación, esfuerzos máximos o zonas de fatiga en piezas del chasis o la carrocería,

antes de realizar ensayos físicos, lo que acelera la validación de diseños.

**Aprendizaje no supervisado.** *Unsupervised Learning* (USL). Usa datos no etiquetados, en procesos de diseño, sirve para agrupar características de geometría, detección de redundancias y diagnósticos de fallas [31].

**Aprendizaje profundo.** *Deep Learning* (DL). Se basa en redes neuronales profundas que abordan problemas complejos con múltiples niveles de representación. El DL mejora la geometría del auto junto con redes generativas antagónicas (*Generative Adversarial Networks*, GANs), análisis visual de prototipos a partir de escaneos 3D, clasificación automática de componentes de carrocería y predicción del desempeño estructural con base en imágenes o simulaciones [32].

**Aprendizaje por refuerzo.** *Reinforcement Learning* (RL). Un agente interactúa y aprende a tomar decisiones observando el comportamiento con una retroalimentación continua, optimización topológica y exploración de configuración [33].

## 2.3 Preámbulo de estándares y regulaciones de la industria automotriz asistida por IA

La producción de autos asistida por IA plantea retos técnicos, éticos y legales, [34] subrayan la importancia de una legislación adaptativa que regule su uso en la conducción autónoma, especialmente en aspectos como la responsabilidad ante accidentes o el uso de datos personales, en el diseño se abordan temas como seguridad, confiabilidad o ciberseguridad. En la opinión de [35], la IA representa una tecnología profundamente transformadora para el diseño automotriz, pero su adopción sostenible y responsable requiere apego a normativas internacionales, desarrollo ético y una visión estratégica que combine innovación con cumplimiento regulatorio.

Uno de los marcos regulatorios a nivel mundial es el *Reglamento de Inteligencia Artificial* (AI Act), aprobado por la Unión Europea en 2024, el cual clasifica a los sistemas por niveles de riesgo, exige que los de alto riesgo cumplan con requisitos de supervisión humana, transparencia algorítmica, evaluación de conformidad y trazabilidad [36].

En términos de seguridad funcional, la norma *ISO 26262* establece el ciclo de vida del desarrollo seguro de sistemas eléctricos y electrónicos dentro de los autos, es relevante para funciones de conducción asistida y autónoma, introduce el concepto de *Automotive Safety Integrity Level* (ASIL) para clasificar el riesgo y definir procesos de validación que

deben seguirse desde la concepción hasta la puesta en marcha, certifica la fiabilidad de sistemas como [14]:

1. Fusión de sensores y sistemas de percepción
2. Software de control de movimiento y actuación
3. Mecanismos de seguridad y protocolos de manejo de emergencias
4. Módulos de toma de decisiones basados en IA

En contextos donde se emplean modelos de IA y ML, se han desarrollado extensiones de la norma *ISO 26262* como la norma *UL 4600*, que se enfoca en evaluar la seguridad de autos autónomos, especialmente en entornos no determinados. A su vez, los estándares de codificación segura como *MISRA C* se emplean para garantizar la integridad del software en sistemas embebidos [15].

En cuanto a ciberseguridad y protección de datos, normativas como *ISO/SAE 21434* y *UNECE R155/R156* establecen lineamientos de protección ante amenazas digitales, vulnerabilidades en redes internas y actualizaciones remotas, desde la fase de diseño hasta la actualización del software, considerando que se transmite información sensible de los usuarios y de los autos.

Los marcos como el *Reglamento General de Protección de Datos* (RGPD) de la Unión Europea impactan el tratamiento de información personal recopilada por sensores, cámaras o sistemas de navegación basados en IA, lo cual implica cumplir con políticas estrictas de consentimiento, minimización de datos y transparencia [37]. En países como China, regulaciones como *GB 44495-2024* y *GB/T 45181-2024* elevan el nivel de exigencia al requerir la detección activa de comportamientos anómalos en redes automotrices, así como el control de los datos transferidos a servidores en el extranjero [38]. Las normas *ISO/IEC 23053*, *23894* y *24028* relacionadas con la fiabilidad y gobernanza de IA, ofrecen una estructura robusta para que las empresas puedan desarrollar soluciones inteligentes alineadas con las exigencias globales de la industria automotriz [39].

## 2.4 Diseño automotriz, la IA generativa y otras herramientas

En [55] se examinó cómo la IA generativa (IAG), particularmente herramientas como *Stable Diffusion* modifican el diseño automotriz. A través de un caso práctico, se exploró la colaboración entre diseñadores humanos e IA para acelerar la visualización de

conceptos en las etapas iniciales del desarrollo, los diseñadores generaron propuestas estéticas variadas y adaptables en menor tiempo, lo cual representó una transformación significativa respecto a métodos tradicionales. Las propuestas generadas por IA se vincularon con plataformas CAD y motores de simulación, lo que permitió validar aspectos estructurales, ergonómicos y de manufactura; los resultados mostraron que la IAG facilitó la exploración de ideas, mejoró la eficiencia del diseño y promovió una colaboración multidisciplinaria efectiva, sin embargo, los autores enfatizaron que los modelos aún requirieron de ajustes técnicos y entrenamiento específico para responder con precisión a los estándares industriales.

Algunas de las herramientas de software utilizadas en el diseño automotriz son:

**Autodesk Generative Design.** Herramienta de diseño generativo que permite que los usuarios exploren múltiples opciones generadas automáticamente, mejorando estructuras que cumplan con objetivos específicos como peso mínimo o máxima rigidez [40].

**Siemens NX, Solid Edge.** Ofrecen capacidades de modelado y simulación, integran funciones de IA para mejorar la eficiencia y la precisión en el diseño de componentes automotrices [41].

**NVIDIA Omniverse.** Plataforma que permite la colaboración en tiempo real entre diseñadores, ingenieros y usuarios para crear gemelos digitales y usar simulaciones complejas [42].

**CATIA.** Software utilizado en la industria automotriz para el diseño y análisis de autos, ofrece herramientas avanzadas para modelos en 3D [43].

## 2.5 Aplicaciones de la IA en el diseño automotriz

La IA como tecnología en la industria automotriz ha generado disrupciones en procesos de diseño tradicionales, incrementado la eficiencia operativa y redefinido la experiencia del cliente. Esta sección integra información sobre las aplicaciones de la IA en el diseño automotriz proveniente de artículos científicos y de divulgación de 2013 a 2024.

[44] señala que la IA se integra en las etapas de la cadena productiva como producción, diseño, fabricación y control de calidad, la asocian con la mejora del rendimiento, la reducción del consumo de energía, el aumento de la durabilidad y la eficiencia estructural.

Los autores de [45] describen la capacidad de la IA para procesar grandes volúmenes de datos, aprender patrones complejos y generar nuevas alternativas, permite a ingenieros, diseñadores y personas interesadas en la creación de autos crear propuestas eficientes, personalizadas, adaptadas a los requerimientos funcionales y estéticos del mercado, identifican diferentes etapas del diseño automotriz, desde que el proceso era artesanal y manual, seguido del uso de sistemas *Computer Aided Design*, *Computer Aided Manufacturing* (CAD/CAM), hasta herramientas de IA centradas en el usuario como diseño generativo, gemelos digitales y realidad virtual.

En [46] se explica una visión general de los avances en técnicas de DL al 2019, enfocan su atención en los autos autónomos y los sistemas avanzados de asistencia al conductor (*Advanced Driver Assistance Systems*, ADAS), los autores resaltan los beneficios de las redes neuronales profundas para el procesamiento de grandes volúmenes de datos sensoriales para tareas de percepción, predicción y planificación en entornos complejos. Aunque se han tenido avances, a la fecha, persisten los retos como la fiabilidad bajo condiciones climáticas adversas.

En palabras de [47], la IA no solo mejora la productividad, sino que también permite una mayor adaptabilidad de los diseños automotrices en función de las preferencias del cliente, abre camino a la personalización a gran escala, en su trabajo analizaron cómo la IA ha contribuido a la automatización de procesos industriales, a la reducción de accidentes laborales y a mejoras de producción y diseño, su estudio subraya la utilidad de herramientas como *Big Data*, robots industriales, visión por computadora, IoT y sistemas expertos para mejorar la eficiencia operativa, sin embargo, advierten sobre la disminución del empleo humano y la necesidad de una regulación ética y tecnológica adecuada.

A juicio de [48], el diseño automotriz asistido por IA es clave para la estrategia de innovación, competitividad y crecimiento de las empresas, en un contexto donde el tiempo de salida al mercado, la experiencia del usuario y la sostenibilidad son relevantes. De acuerdo con [49], la integración de plataformas de IA con sistemas CAD/CAM permiten que ingenieros y diseñadores desarrollen modelos eficientes y precisos con base en requerimientos técnicos o estéticos predefinidos.

El entrenamiento de modelos con IA se ha aplicado a la predicción de los resultados de pruebas de impacto a partir de parámetros geométricos y materiales, permite iterar sobre el diseño de chasis, bastidores y zonas de deformación controlada sin necesidad de realizar cada ensayo físicamente, su uso se extiende a validar la aerodinámica para detectar áreas de mejora que ayuden a reducir la resistencia al avance y mejorar la

eficiencia energética [50], en tanto, en [51] analiza cómo la estructura responde a distintos tipos de colisiones.

En el diseño de carrocerías o componentes internos, la IA permite identificar combinaciones de materiales y geometrías, balancear peso, resistencia y costos. Mediante aprendizaje automático aplicado a resultados de simulaciones estructurales, los usuarios pueden ajustar formas, grosores o cortes para reducir masa sin comprometer rigidez [52].

El *diseño generativo* como técnica fomentada por IA, facilita a ingenieros, diseñadores y usuarios, definir objetivos funcionales y limitaciones en materiales, peso, seguridad, costos o espacios para tener un número mayor de alternativas a las que se conciben manualmente; la simulación asistida por IA se especializa en la recreación digital del comportamiento físico de un auto o componente bajo ciertas condiciones de temperatura, presión, velocidad o impacto [40].

[28] destaca que la IA ha resultado una innovación disruptiva, minimiza el tiempo de desarrollo, automatiza simulaciones y desarrolla propuestas de diseño estructural y estético, se usa para analizar grandes volúmenes de datos históricos, modelos de comportamiento y variables de ingeniería, sirve para identificar patrones invisibles al ojo humano, anticipar fallas y plantear soluciones antes de que el auto entre en etapas de prototipo físico, posibilita la personalización masiva de autos [53].

Los autores de [54] presentan una revisión de cómo la IA ha transformado la industria automotriz mediante el diseño asistido por simulación en tiempo real, optimización de aerodinámica y eficiencia energética, impresión 3D para producción de autopartes y automatización de tareas de manufactura, destacan las mejoras en seguridad, reducción de costos y personalización de autos, también analizan la automatización del control de calidad y el desarrollo de diseños personalizados que responden a demandas del mercado, mencionan que acelera el desarrollo de prototipos, reduce errores humanos y mejora la eficiencia del diseño estructural; así mismo, indican que la aplicación de redes neuronales y DL ha permitido crear modelos predictivos que anticipan el comportamiento de materiales y sistemas bajo diferentes condiciones, lo que agiliza un diseño robusto y adaptado a escenarios reales.

Acorde con [23], el uso de gemelos digitales reduce el desperdicio de material, permiten realizar simulaciones durante el diseño y probar las funciones, por lo que el número de prototipos físicos disminuye. [64] menciona que la IA facilita la generación de propuestas de diseño para interiores y exteriores a partir de datos históricos, preferencias del usuario,

aspectos de ergonomía, aerodinámica, estética o simulaciones.

La Tabla 2.1 muestra el año y los títulos de artículos científicos y de divulgación que hablan de la IA en general aplicada a la industria automotriz.

Tabla 2.1: *Título de artículos científicos y de divulgación.*

<b>Cita</b>	<b>Año</b>	<b>Título traducido</b>
[54]	2024	El impacto de la inteligencia artificial en la industria automotriz: una revisión comprensiva.
[56]	2024	La revolución de la inteligencia artificial en la industria automotriz: la tecnología que moldea el futuro.
[53]	2023	Fascinación diseño AI: creatividad e inteligencia artificial.
[48]	2021	Diseño generativo en ingeniería automotriz: aplicaciones y técnicas.
[4]	2019	Tendencias tecnológicas de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.
[44]	2013	Análisis de datos de simulación de choques con métodos de aprendizaje automático no lineales.

Al 2 de Octubre del 2025, la Tabla 2.2 muestra los 5 trabajos relacionados que incluyen técnicas de IA con el mayor número de citas de acuerdo con Google académico.

Tabla 2.2: *Trabajos relacionados que incluyen técnicas de IA con mayor número de citas.*

<b>Cita</b>	<b>No. de citas</b>	<b>Apellido e iniciales del primer autor</b>	<b>Año</b>
[45]	3592	Zhong R. Y.	2017
[69]	1805	Wuest T.	2016
[71]	195	Kiemel S.	2021
[72]	100	Attaran M.	2023
[73]	49	Del Gallo M.	2023

La Tabla 2.3 incluye a los trabajos relacionados en los que se reportan las técnicas de IA utilizadas, están publicados en idioma inglés, a excepción de [47] que se encuentra en español; los trabajos en donde el país está presente junto con la institución de adscripción de los autores son: [28], [55] [47], [32] y [48], el número de autores de estos 5 trabajos por país es: Estados Unidos (9), Ecuador (8), Corea del Sur (6) y Alemania (2).

Tabla 2.3: Título y técnicas de IA de artículos científicos y de divulgación.

<b>Cita</b>	<b>Año</b>	<b>Título traducido</b>	<b>Técnica de IA</b>
[55]	2024	Implicaciones de IA generativa y el aprendizaje de máquina en el desarrollo de la industria automotriz.	IAG.
[72]	2023	El impacto de gemelos digitales en la evolución de la manufactura inteligente y la industria 4.0.	<i>Big data</i> Gemelos digitales, IoT.
[49]	2023	Integrando la IAG en los sistemas de autos inteligentes.	IAG.
[73]	2023	IA para resolver problemas de planificación en la producción evolución en escenarios y la industria 4.0.	<i>Big data</i> Gemelos digitales, IoT.
[34]	2022	El auto autónomo: encrucijada en la vanguardia de la IA y el derecho.	Redes neuronales.
[47]	2021	Aplicaciones de la IA en la industria automotriz.	<i>Big data</i> , IoT, sistemas expertos, visión por computadora.
[71]	2021	Aplicaciones de la IA para incrementar la eficiencia de recursos en compañías manufactureras: una revisión comprensiva.	Máquinas de soporte vectorial.
[46]	2019	Aprendizaje profundo en la industria automotriz: avances recientes y ejemplos de aplicación.	DL.
[45]	2017	Manufactura inteligente en la industria 4.0: una revisión.	<i>Big data</i> .
[69]	2016	Aprendizaje automático en manufactura: ventajas, retos y aplicaciones.	ML.

### 2.5.1 Agrupación de aplicaciones de IA

Las Figuras 2.2 y 2.3 muestran una agrupación de las aplicaciones del diseño automatizado asistido por IA elaborada a partir de la revisión de las investigaciones de la sección 2.5, el primer grupo representa al campo de IA, a diferencia de los grupos 2 a 5 en donde se precisa alguna técnica.

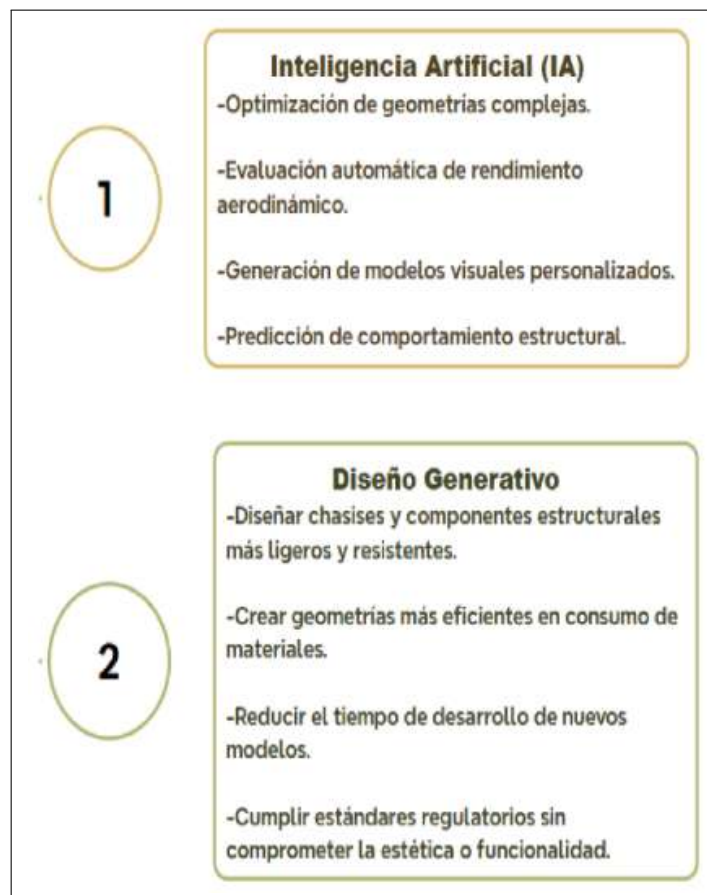


Figura 2.2: Aplicaciones del diseño automatizado asistido por IA: grupos 1 y 2.

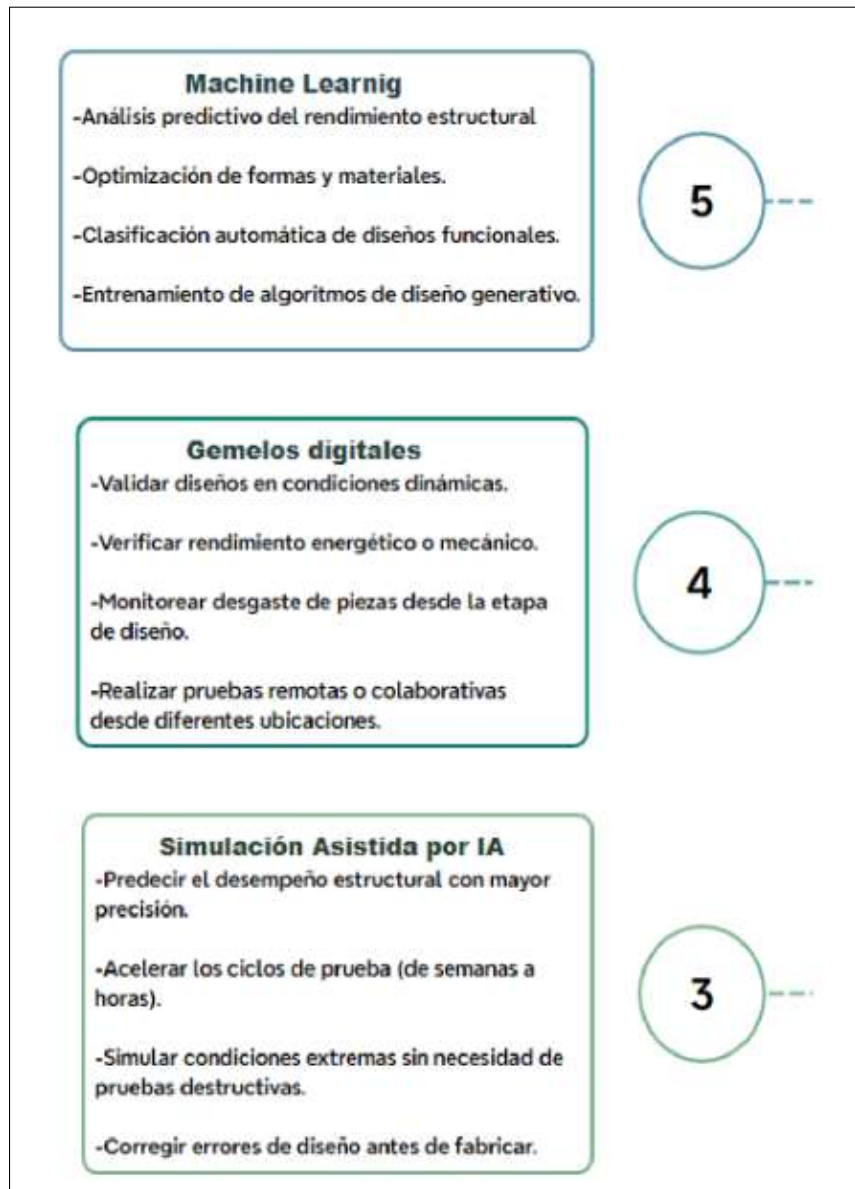


Figura 2.3: Aplicaciones del diseño automotriz asistido por IA: grupos 3 a 5.

## 2.5.2 Beneficios del diseño automotriz asistido por IA

Los autores de [65] y [66] precisan que los beneficios principales del diseño automotriz asistido por IA son:

1. La optimización de diseños.
2. La reducción de costos y tiempo.

Otros beneficios adicionales son los siguientes:

1. Capacitación y desarrollo de competencias [72].
2. Reducción de costos operativos [72].
3. Sostenibilidad ambiental [71].
4. Control de calidad [70].
5. Mantenimiento predictivo [57].
6. Optimización de procesos y productividad ([69], [57]).
7. Flexibilidad y adaptación [69].

## 2.6 Uso de herramientas IA con trabajos relacionados

La IA comprende un conjunto de tecnologías y técnicas que permiten a las máquinas aprender, razonar y tomar decisiones de manera similar a la inteligencia humana, su aplicación se ha extendido a múltiples industrias incluyendo la automotriz, donde ha demostrado ser una herramienta clave para optimizar procesos, mejorar la seguridad, reducir costos y acelerar la innovación. En el diseño automotriz, la IA se ha adaptado a tareas que antes dependían exclusivamente de la experiencia humana como la generación de conceptos, la validación de estructuras o la simulación del comportamiento de un auto.

Durante la investigación se usaron herramientas de IA con algunos trabajos relacionados como se describe en las sub-secciones siguientes.

### 2.6.1 Claude

Claude [58] es un asistente de IA desarrollado por Anthropic. Las agrupaciones de las Figuras 2.2 y 2.3 se usaron en el prompt siguiente:

**Prompt 1:** “Despliega una lista de aplicaciones del diseño automotriz asistido por inteligencia artificial, incluyendo el uso de *machine learning*, gemelos digitales y simulación computacional”.

El resultado fue el medio interactivo que muestra la Figura 2.4 que explica brevemente el propósito o beneficio de cada aplicación dentro del proceso de diseño y construcción de autos, notar que aunque no contiene información incorrecta o inconsistente, no proporcionó detalles sobre las aplicaciones.



Figura 2.4: Medio interactivo generado con Claude.

Claude se usó también para integrar el contenido de los documentos [56], [67] y [68] en la lista que se muestra en las Figuras 2.5 y 2.6, el prompt fue:

**Prompt 2:** “Quiero mostrar los beneficios e impactos del diseño automotriz asistido por inteligencia artificial. Organiza la información en un cuadro comparativo donde se visualicen los principales beneficios identificados (como eficiencia, reducción de tiempo, personalización y soporte técnico) y sus impactos correspondientes en el desarrollo del diseño automotriz. Presenta la información de forma clara y equilibrada, resaltando la relación causa-efecto entre ambos”.



Figura 2.5: Beneficios e impactos del diseño automotriz generado con Claude. Parte 1.



Figura 2.6: Beneficios e impactos del diseño automotriz generado con Claude. Parte 2.

La fecha de elaboración del medio interactivo y de la lista de beneficios e impactos fue el 12 de julio del 2025.

## 2.6.2 Research Rabbit

Research Rabbit [59] es una herramienta para explorar la literatura y monitorear autores. Los usuarios crean una colección o conjunto de documentos por tema de interés, los documentos se buscan por título, *Digital Object Identifier* (DOI) o palabras clave. Otros usos son:

1. Encontrar documentos con mayor influencia.
2. Entender la evolución de un tema.
3. Ubicar una investigación.
4. Compartir una colección con otro usuario.
5. Crear alarmas cuando se agreguen documentos nuevos de un autor determinado.
6. Agregar comentarios a los documentos.

### 2.6.2.1 Documentos similares

Con los dos trabajos relacionados más citados de la Tabla 2.2, es decir, [45] y [69], se construyó la colección de prueba denominada IA, disponible en:

<https://www.researchrabbitapp.com/collection/public/0LJG8PX8LW>

La Figura 2.7 muestra un grafo donde los dos nodos en color verde corresponden a [45] y [69], los nodos en azul representan 50 documentos similares de un total de 1,176 al seleccionar a [45], (a los documentos seleccionados se les denomina *documentos semilla*).

La documentación de la página de Research Rabbit indica que la similitud se calcula con base en el tema, las referencias y los autores en común, sin embargo, no hay información en la interfaz que permita conocer cuáles de estas métricas se aplicaron o cómo se obtienen los primeros 50 documentos similares.

### 2.6.2.2 Enlaces entre autores

La Figura 2.8 muestra la interfaz para los autores de [45]. En el panel These Authors se muestran los nombres de los 7 autores, el número de publicaciones en las que han participado (o ? si no hay publicaciones), así como el número de citas (o ? si no hay citas); del lado derecho aparece un grafo en donde los nodos representan a 5 de los 7 autores y las aristas una relación entre sí; además del número de citas, el grafo de autores se construye al seleccionar el número de publicaciones, apellido o institución de adscripción.

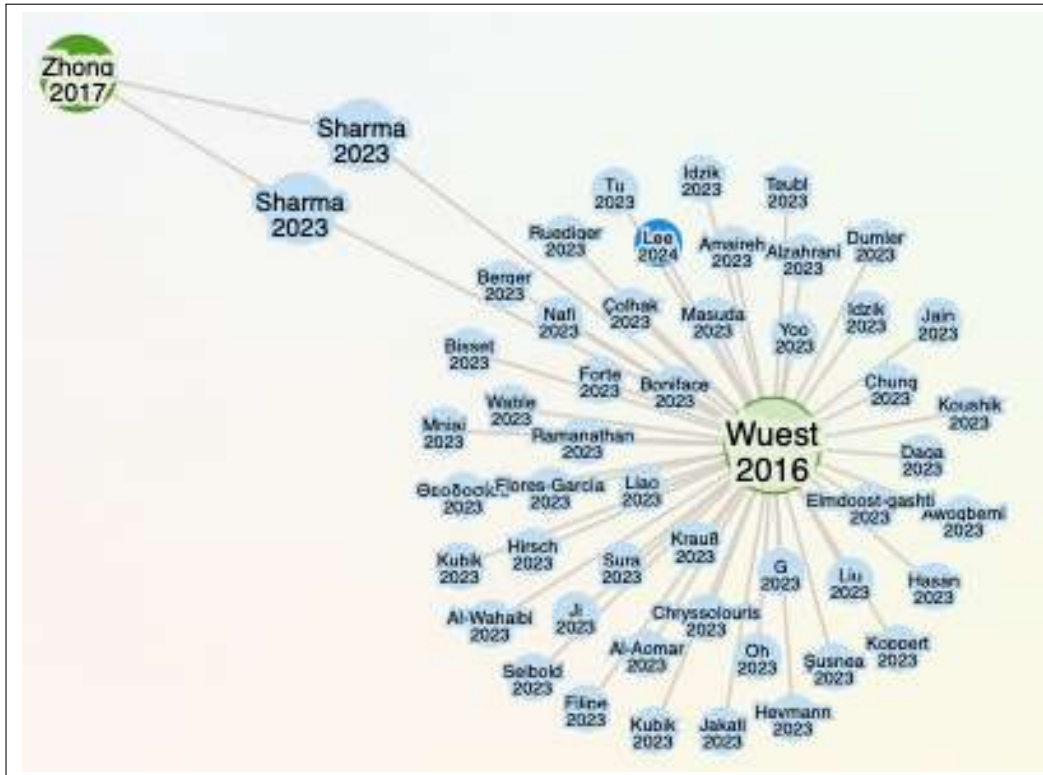


Figura 2.7: Documentos similares a [45].

Las Figuras 2.7 y 2.8 se generaron el 2 de Octubre del 2025. Según la presente investigación, la interfaz que despliega los grafos para autores tiene las desventajas siguientes:

1. Las aristas se visualizan en diferentes colores y grosor, sin embargo, no hay elementos gráficos que indiquen qué representan estas variaciones.
2. A primera vista, se muestran dos nodos con el mismo nombre, aunque en el panel izquierdo se observa que son autores adscritos a diferentes organizaciones.
3. No es posible determinar por qué sólo se muestran 5 autores ni los criterios de su selección.

### 2.6.2.3 Exportación de datos descriptivos

La Figura 2.9 muestra la colección denominada *IA Y diseño Automotriz*, está compuesta por 7 documentos. En el panel izquierdo se visualizan cuadros, uno por cada documento, éstos contienen datos de los autores, título, año de publicación; en el panel de la derecha se muestran los autores, el título, el nombre de la revista, un botón con la etiqueta PDF en color verde que indica que se tiene acceso al texto completo del documento seleccionado del panel izquierdo, así como el resumen.

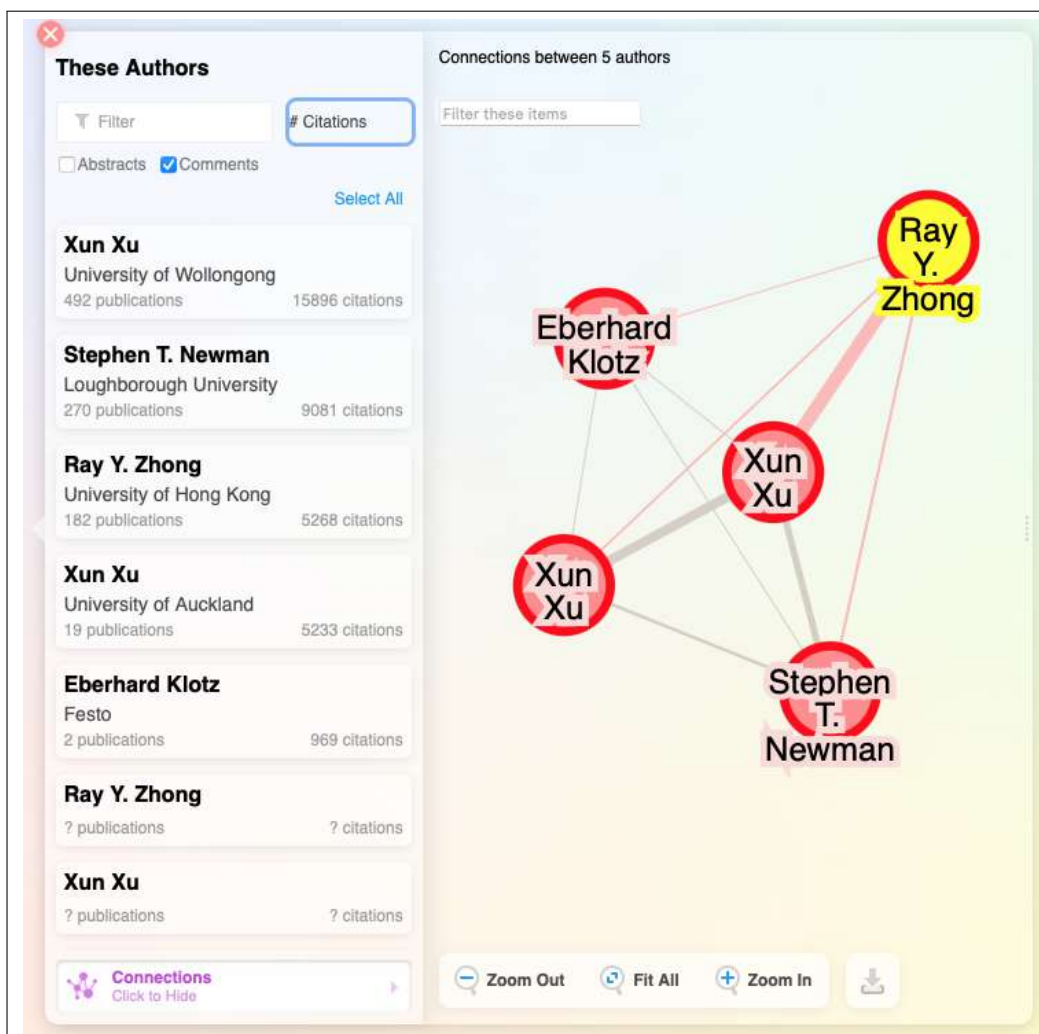


Figura 2.8: Enlaces e información de los autores de [45].

Los datos descriptivos de los documentos y las colecciones se puede exportar a formato BibTeX, RIS o valores separados por coma (csv) para su análisis posterior o su reutilización en gestores de referencias.

Experimentalmente, se observó lo siguiente:

1. El despliegue de los nombres de los autores presenta inconsistencias, por ejemplo, en el primer cuadro aparecen los dos apellidos para el primer autor, en el segundo cuadro sólo los apellidos para los dos primeros autores.
2. Los filtros para los autores se aplican únicamente al primero y último.
3. Al exportar los datos del documento seleccionado de la Figura 2.9 al formato \*.csv, archivo. ResearchRabbit\_Export\_1760055699.csv, en el atributo Authors se obtuvieron datos repetidos para dos autores como se observa en la Figura 2.10.

The screenshot shows the Research Rabbit interface. On the left, there is a filter section with a 'Filter' dropdown set to 'Custom'. Below it, there are checkboxes for 'Abstracts' (unchecked) and 'Comments' (checked). There are links for 'Select None' and 'Select All'. The collection title is 'IA Y diseño Automotriz'. Three papers are listed in the collection:

- Selected Paper:** 'Diseño y desarrollo de un prototipo Checking – Fixture para componentes de la industria automotriz con un enfoque hacia la industria 4.0' by Mauro Paz-Cabrera and Rosa María Landa Calderón, 2019, Revista del Desarrollo Tecnológico. This paper is selected, and its full text is shown on the right.
- Second Paper:** 'Industry 5.0 in Manufacturing: Enhancing Resilience and Responsibility through AI-Driven Predictive Maintenance, Quality Control, and Supply Chain Optimization' by Ejjami and Boussalham, 2024, International Journal For Multidisciplinary Research.
- Third Paper:** 'Autonomous Vehicles: Evolution of Artificial Intelligence and Learning Algorithms' by Garikapati and Shetiya, 2024, arXiv.org.
- Fourth Paper:** 'The Self-Driving Car: Crossroads at the Bleeding Edge of Artificial Intelligence and Law' by McLachlan and Schafer, 2022.

The full text of the selected paper is displayed on the right side of the interface:

The present work shows the design and the integration of several complements in a device at prototype level that carries out the tracking of the physical and dimensional characteristics for components of the automotive industry based on the new technological trends, as it is the industry 4.0. For this purpose, CAD design software such as Solidworks 2017 is used, the use of CAM systems with EdgeCam 2019 software as a manufacturing element, the vision system is used using the Matlab software and the Minitab 2017 statistical tool as an interface a device that helps to know the behavior of the parameters that are defined as critical in the production of automotive components and be able to carry out the necessary adjustments in the production parameters to reduce the variability in the process. Looking to have information in real time and make timely decisions. Generating the corresponding statistical control charts, with the aim of avoiding possible reworking or in the case of scrap generation.

Figura 2.9: Interfaz de la colección IA Y diseño Automotriz.

The screenshot shows the 'Authors' attribute in the Research Rabbit interface. The list of authors is:

Mauro Paz-Cabrera, Mauro Paz Cabrera, Mauro Paz Cabrera, Arturo Mandujano-Nava, Arturo Mandujano Nava, Arturo Mandujano Nava,

Figura 2.10: Datos repetidos en el atributo Authors.

El capítulo 3 primero presenta definiciones y características de la VT (Sección 3.1), posteriormente, en la Sección 3.2 se describen la implementación de las etapas propuestas en [60].

### 3.1 Vigilancia tecnológica

La VT es una herramienta de gestión que se enfoca en captar, analizar y difundir información de índole económica, tecnológica o política, con el fin de identificar oportunidades y amenazas provenientes del entorno que puedan incidir en el futuro de una organización [74]; es un proceso organizado, selectivo y permanente, basado en la captura de información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología en un determinado sector de interés [75].

[76] ratifica que la VT se trata de un proceso sistemático y organizado de detección, selección y análisis de información externa e interna de una organización que señala aspectos tecnológicos, científicos, comerciales, de mercado, legales o de innovación, los cuales permiten mejorar la toma de decisiones, reducir riesgos y anticiparse a cambios o crisis. [77] indica que la VT analiza el comportamiento innovador de los competidores directos e indirectos, explora fuentes de información tales como libros, bases de datos o de patentes, investiga productos en el mercado (tecnología incorporada) o aquellos que se exponen en ferias y congresos, con el propósito de posicionarse respecto a los demás competidores y obtener así conocimiento de competencias tecnológicas futuras.

De acuerdo con [60], la VT se refiere a un mecanismo para la gestión avanzada de la información, capaz de generar un alto impacto en varias áreas de las organizaciones que puede tener un enfoque de tipo:

1. *Descriptivo*. Presenta el contexto actual de una tecnología.
2. *Predictivo*. Estima qué puede suceder a futuro.
3. *Prescriptivo*. Identifica acciones recomendables.

En la tesis predomina el enfoque descriptivo.

## 3.2 Etapas para la VT

Con el propósito de formar una base sólida y representar el entorno, al inicio de la investigación se determinó implementar las etapas de [60] que se ilustran en la Figura 3.1.

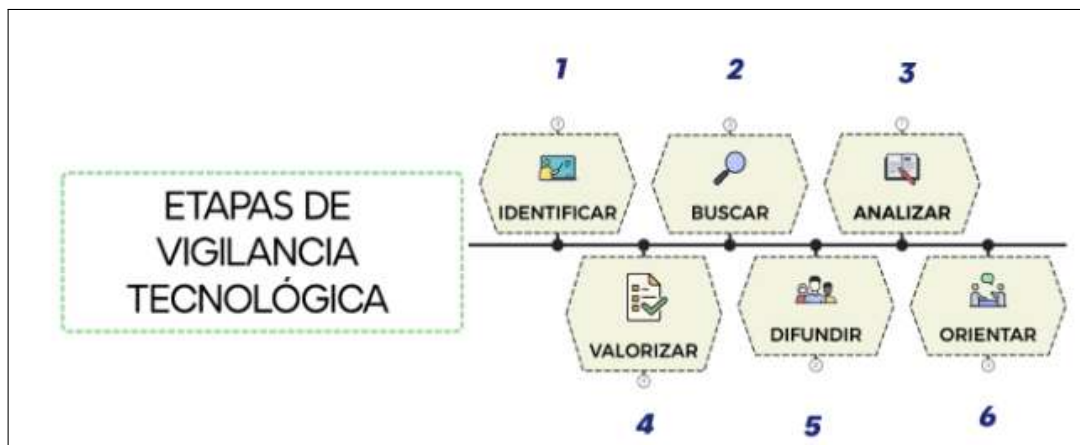


Figura 3.1: *Etapas de la VT (adaptación de [60]).*

La metodología corresponde a un estudio descriptivo en el que predomina el enfoque cualitativo, se realizó un análisis documental para recolectar información técnica proveniente de:

1. Publicaciones científicas (presentadas en la Sección 2.5).
2. Solicitudes de patentes y patentes otorgadas (ver capítulo 4).

A continuación, se describe la implementación de las etapas.

**Etapa 1: Identificar.** En esta fase inicial se determinó lo siguiente:

1. Los términos que representan el área tecnológica clave a monitorear: IA, diseño automotriz, ML, diseño de vehículos, DL, autos conducidos con IA.
2. El objetivo de la VT fue identificar temas en publicaciones científicas y en documentos de patentes relacionados con la IA y el diseño automotriz a nivel internacional.
3. Los actores clave en México: integrantes del RIAVL
4. Los Factores Críticos de Vigilancia (FCV): documentos no mayores a diez años de solicitudes de patentes y patentes otorgadas en idioma inglés de la base de datos Espacenet de la Oficina Europea de Patentes (EPO) [62], publicaciones científicas en inglés y español de arXiv, ResearchGate e IEEE Xplore

**Etapas 2: Buscar.** Se buscaron los tipos de documentos siguientes:

**Solicitudes de patentes y patentes otorgadas.** Se utilizó la interfaz de búsqueda avanzada con operadores booleanos de Espacenet, esta base de datos se seleccionó porque almacena a más de 160 millones de documentos, a su confiabilidad y herramientas de búsqueda avanzadas que facilitan la recuperación de información técnica detallada sobre invenciones y tendencias emergentes como la descrita en [63]. Las expresiones de búsqueda con un sólo operador booleano fueron las siguientes:

“artificial intelligence” AND “automotive design” 3.1

“machine learning” AND “vehicle design” 3.2

“deep learning” AND “car aesthetics” 3.3

“AI-driven CAD” AND “vehicle design” 3.4

La expresión de búsqueda que empleó sinónimos y dos operadores booleanos fue:

(“artificial intelligence” AND “car design”) OR  
 (“artificial intelligence” AND “vehicle design”) OR  
 (“artificial intelligence” AND “automotive design”) OR  
 (“AI ” AND “car design”) OR  
 (“AI ” AND “vehicle design”) OR  
 (“AI ” AND “automotive design”)

3.5

La Tabla muestra los códigos de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP<sup>1</sup>) que identifican la naturaleza de las invenciones recuperados al utilizar las expresiones de búsqueda. La clasificación divide el conjunto de la tecnología, es decir, el conocimiento técnico, en niveles jerárquicos [61]. Con-

<sup>1</sup><https://www.wipo.int/en/web/classification-ipc>

siderando el orden descendente, un código CIP contiene una letra para la sección, después se identifican la clase, subclase, grupo y subgrupo. Por ejemplo, G06F30/15 corresponde a:

**G** Sección G: física

**06** Clase 06: cómputo o cálculo; conteo

**F** Sub-clase F: procesamiento de datos digitales y electrónicos, sistemas de cómputo basados en modelos computacionales específicos

**30** Grupo 30: diseño asistido por computadora (CAD)

**15** Sub-grupo 15: diseño de autos (vehículos), aeronaves o embarcaciones

La verificación del código G06F30/15 está disponible en:

[https://worldwide.espacenet.com/patent/cpc-browser#!/CPC=G06F30/15,](https://worldwide.espacenet.com/patent/cpc-browser#!/CPC=G06F30/15)

Tabla 3.1: Códigos de la CIP recuperados con las expresiones de búsqueda.

A61L2/00	B60K28/10	G06F111/06	G06F119/14
G06F16/332	G06F16/33	G06F16/36	G06F21/12
G06F30/12	G06F30/15	G06F30/27	G06F30/28
G06F30/31	G06F8/658	G06K9/62	G06N20/00
G06N3/0455	G06N3/0464	G06N3/04	G06N3/08
G06N3/092	G06N5/022	G06N5/02	G06T15/00
G06T17/00	G06T7/00	G07C5/00	G07C5/08

**Publicaciones científicas.** Se emplearon hojas de cálculo y fichas técnicas para almacenar los resultados considerando como datos descriptivos principales los siguientes: título, autores, año de publicación, palabras clave, hallazgos y técnicas de IA.

Una vez recolectada la información que produjeron las búsquedas, se filtró por criterios como actualidad, confiabilidad y aplicabilidad práctica en el entorno de la UPPue. Se descartaron documentos duplicados, irrelevantes o fuera de contexto.

**Etapa 3: Analizar.** Después de recolectar la información, se revisó que se tuviera acceso a la primer página de los documentos de patentes, así como al texto completo o resumen de las publicaciones científicas.

**Etapa 4 y 5: Valorización y difusión.** La información analizada se organizó por relevancia, se revisó la viabilidad de las tecnologías reportadas en los documentos de patentes. Posteriormente, se incluyó en este documento y en el reporte de VT descrito en [22], en ellos se destacan los hallazgos más relevantes, estos documentos se difundieron a través del repositorio institucional de la UPPue, disponible en:

<http://repositorio.uppuebla.edu.mx:8080/xmlui/>

**Etapa 6: Orientación.** Los resultados, además de quedar documentados, representaron las ventajas siguientes para la UPPue:

1. Mitigación de riesgos para evitar invertir en tecnologías obsoletas o poco maduras
2. Detección de temas de interés que podrían incrementar la competitividad académica y la formación especializada de recursos humanos
3. Identificación de temas de investigación alineados con la visión de la UPPue

En los capítulos 1 y 2, en particular, en la Sección 2.5, se incluyeron los hallazgos provenientes de publicaciones científicas, fuentes formales e informales publicados entre 2013 y 2024 enfocados en la aplicación de la IA en el diseño automotriz. El capítulo 4 presenta los resultados de la estrategia de búsqueda en la base de datos Espacenet, se estructura en función de los objetivos específicos, lo cual permite responder a la pregunta de investigación y mantener alineación con el marco teórico y la metodología.

### **4.1 Estrategia de búsqueda en Espacenet**

Se implementó una estrategia de búsqueda de solicitudes de patentes y patentes otorgadas en Espacenet que incluyó lo siguiente:

1. La identificación de palabras clave relevantes en inglés y español.
2. La delimitación temporal de las búsquedas (de Enero 2021 a Octubre del 2025).
3. El uso de operadores booleanos y códigos CIP.
4. Validación técnica y contextual de los resultados.

Después de la revisión de la literatura, el análisis de trabajos relacionados y la identificación de códigos CIP, las palabras clave relevantes en inglés para los documentos de patentes se organizaron en las categorías tecnológicas que muestra la Tabla 4.1, éstas forman parte del lenguaje técnico utilizado en las publicaciones internacionales de patentes.

Las categorías tecnológicas de la Tabla 4.1 permitieron filtrar combinaciones irrelevantes, identificar tendencias de redacción y concentrarse en aquellas combinaciones con mayor probabilidad de retorno de resultados en Espacenet, así, esta tabla se convirtió en una herramienta de diseño estratégico que delimitó el alcance de la VT.

Tabla 4.1: Categorías tecnológicas para detectar aplicaciones de IA en el diseño automotriz.

<b>Categoría</b>	<b>Palabras clave en inglés</b>	<b>Sinónimos en inglés</b>
Autos autónomos.	<i>Self-driving cars, autonomous navigation systems.</i>	<i>Autonomous vehicles, AI for navigation, autonomous control.</i>
Inteligencia artificial.	<i>AI for automotive industry, predictive maintenance for vehicles.</i>	<i>ML AND AI, AI AND vehicle maintenance.</i>
Autos eléctricos.	<i>Electric vehicles.</i>	<i>EV, Battery Electric Vehicles (BEVs).</i>
	<i>EV charging technologies, solid state batteries.</i>	<i>Fast charging systems, next gen batteries, EV batteries.</i>
Diseño y ergonomía.	<i>Ergonomic design for vehicles.</i>	<i>Automotive ergonomics.</i>
	<i>Vehicle interior design innovations.</i>	<i>Comfortable vehicle seating.</i>
Sistemas de seguridad.	<i>Advanced Driver Assistant Systems (ADAS).</i>	<i>ADAS technologies, driver safety systems.</i>
	<i>Collision avoidance systems.</i>	<i>Automatic braking AND safety.</i>
Sistemas de manufactura.	<i>Automotive 3D printing.</i>	<i>Additive manufacturing for cars.</i>
	<i>Robotics in automotive manufacturing.</i>	<i>Automation in vehicle production.</i>
Sostenibilidad.	<i>Green vehicles.</i>	<i>Eco-friendly cars, low emission vehicles.</i>
	<i>Recycling for automotive materials.</i>	<i>Circular economy in automotive.</i>
Conducción conectada.	<i>Vehicle to everything (V2X).</i>	<i>V2V, V2I, connected cars.</i>
	<i>Wireless communication for vehicles.</i>	<i>5G AND automotive industry.</i>

La estrategia de búsqueda y recopilación de información de Espacenet, después de seleccionar manualmente patentes por relevancia y pertinencia temática, produjo un conjunto a conveniencia de 6 solicitudes de patentes y 5 patentes otorgadas, estos documentos están asociados con el uso de IA en el diseño, desarrollo, simulación o gestión de procesos en vehículos y se describen conforme a los siguientes elementos:

1. Número de solicitud o número de patente.
2. Código(s) de clasificación CIP.
3. Título y año de publicación (de 2021 a 2025).
4. País de origen u oficina de patente.
5. Tipo de tecnología IA aplicada, por ejemplo, redes neuronales, ML, inteligencia de enjambre o visión por computadora.
6. Aplicación en el contexto automotriz tal como CAD inteligente, diseño estructural o interacción humano - computadora (IHC).

Los resultados de la estrategia de búsqueda se presentan en las secciones 4.1.1 y 4.1.2, con ellos se alcanza el cumplimiento del primer objetivo específico.

#### **4.1.1 Solicitudes de patentes**

Las solicitudes de patentes se describen en las tablas 4.2, 4.3 y 4.4. La tercer columna de la Tabla 4.2 hace referencia a la expresión de búsqueda con la cual se relaciona cada solicitud, (ver la Sección 3.2).

Las tecnologías principales de IA en las solicitudes de patente se muestra en la Tabla 4.5.

Tabla 4.2: Solicitudes de patente por título en inglés y expresión de búsqueda.

<b>Número de solicitud</b>	<b>Título en inglés</b>	<b>Expresión de búsqueda</b>
CA3097821A1	<i>A swarm intelligence-based and novel ai-driven automated disinfection vehicle(adv) system.</i>	3.4
CN118395851A	<i>Intelligent 3D modeling assistant and auxiliary modeling method thereof.</i>	3.3
KR20210146654A	<i>Software management method for future cars on artificial intelligence.</i>	3.1
US2024020445A1	<i>Automated artificial intelligence based circuit and circuit board design.</i>	3.1
US2024378348A1	<i>Systems and methods for estimating vehicle physical-design parameters from image data.</i>	3.2
W02024225500A1	<i>Artificial intelligence-based vehicle sealing optimal design system and method.</i>	3.1

Tabla 4.3: Solicitudes de patentes por título en español.

<b>Número de solicitud</b>	<b>Título en español</b>
CA3097821A1	Un sistema automático de desinfección novedoso basado en inteligencia artificial e inteligencia de enjambre.
CN118395851A	Asistente de modelado 3D inteligente y método de modelado auxiliar.
KR20210146654A	Método de gestión de software para autos del futuro con inteligencia artificial.
US2024020445A1	Circuito basado en inteligencia artificial automática y diseño de placas de circuito impreso.
US2024378348A1	Sistemas y métodos para estimar los parámetros de diseño físico del auto a partir de datos de imagen.
W02024225500A1	Sistema y método de diseño óptimo de sellado de autos basados en inteligencia artificial.

Tabla 4.4: Solicitudes de patentes por códigos CIP, año y país.

Número de solicitud	Código(s) CIP	Año	País / Oficina
CA3097821A1	A61L2/00;	2022	Canadá
CN118395851A	G06F30/12; G06F30/27; G06N3/0455; G06N3/0464; G06N3/092;	2024	China
KR20210146654A	B60K28/10; G06F21/12; G06F8/658; G06N3/08;	2021	Corea del sur
US2024020445A1	G06F30/27; G06F30/31; G06N20/00	2024	Estados Unidos
US2024378348A1	G06F30/15; G06F30/27; G06F30/28;	2024	Estados Unidos
WO2024225500A1	G06F30/15; G06F30/27; G06N3/04; G06N3/08; G06T15/00; G06F111/06;	2024	EPO

Tabla 4.5: Solicitudes de patente y tecnología de IA.

Número de solicitud	Tecnología de IA	Descripción
CA3097821A1	DL	Sistema automático de desinfección mediante autos autónomos cooperativos con IA y control remoto.
CN118395851A	DL, aprendizaje por refuerzo	Asistente de modelado 3D inteligente que aprende los hábitos del usuario.
KR20210146654A	ML	Sistema de gestión de software automotriz inteligente que emplea ML para detectar y corregir errores en el software de los autos.
US2024020445A1	IA	El sistema recibe parámetros de entrada provistos por el usuario y genera soluciones variantes para un sistema de hardware electrónico.
US2024378348A1	DL, redes neuronales, visión por computadora, regresión predictiva.	Estimación de parámetros físicos de diseño automotriz a partir de imágenes mediante redes neuronales.
WO2024225500A1	DL, ML.	Sistema de diseño que utiliza datos de sensores IoT y redes neuronales para determinar la configuración del sellado.

Algunas de las solicitudes de patente contienen figuras que permiten a los usuarios entender el contexto de la invención o que proporcionan información relacionada, por ejemplo, la Figura 4.1, corresponde a la página inicial de la solicitud KR20210146654A, disponible en:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/078936384/publication/KR20210146654A?q=KR20210146654A>

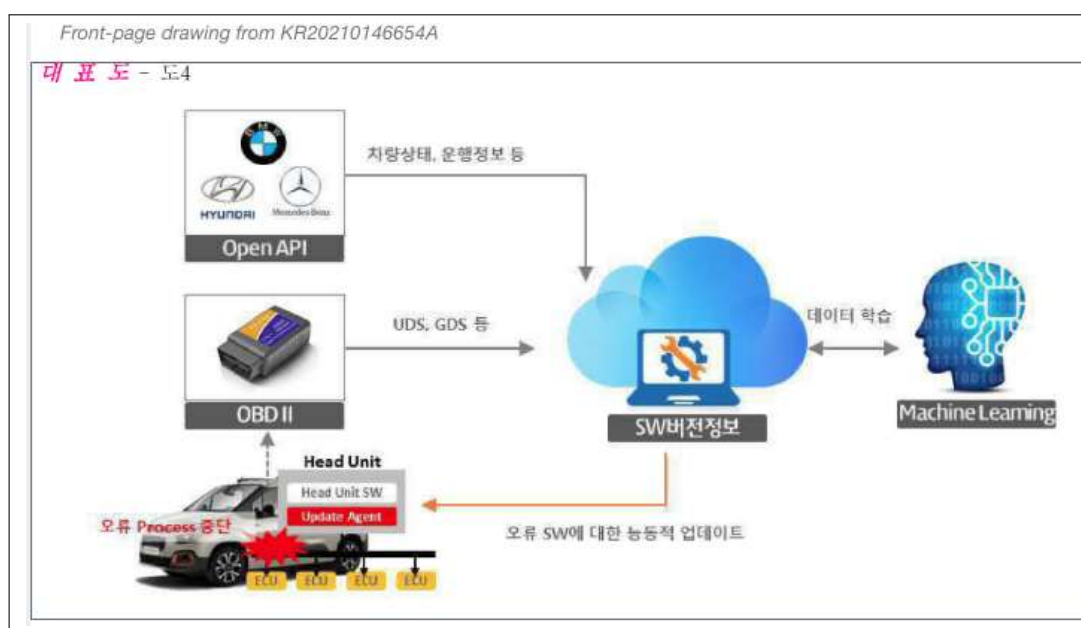


Figura 4.1: Figura de la página inicial de la solicitud KR20210146654A.

La Figura 4.2 muestra una sección de la página inicial de la solicitud de patente número W02024225500A1 escrita en coreano, notar que se trató de traducir utilizando la funcionalidad de Espacenet pero no produjo ningún resultado, esta solicitud está disponible en:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/078936384/publication/W02024225500A1?q=W02024225500A1>

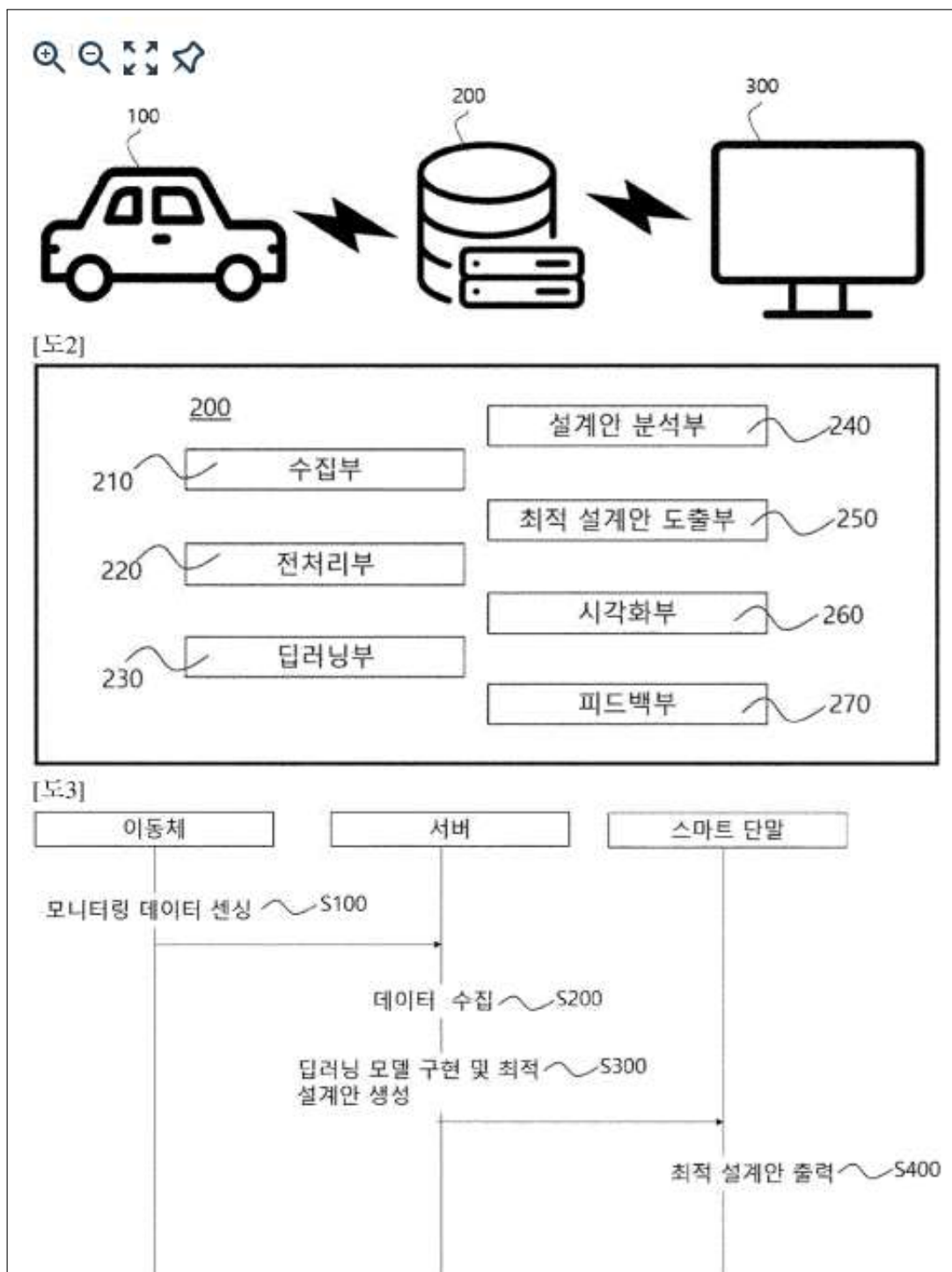


Figura 4.2: Figura de la página inicial de la solicitud W02024225500A1.

Una observación es:

- La empresa de la solicitud US2024378348A1 corresponde a *TOYOTA RES INST INC*

La Tabla 4.6 muestra el año de otras solicitudes que ya fueron otorgadas.

Tabla 4.6: *Solicitudes de patente otorgadas.*

<b>Número de solicitud</b>	<b>Número de patente</b>	<b>Año</b>
CN106127747A	CN106127747B	2018
CN115170739A	CN115170739B	2023
CN118708694A	CN118708694B	2025

#### 4.1.2 Patentes otorgadas e información complementaria

Las Tablas 4.7, 4.8 y 4.9 describen 5 patentes relacionadas con la IA y el diseño automotriz.

Tabla 4.7: *Patentes por título en inglés.*

<b>Número</b>	<b>Título en inglés</b>	<b>No. de expresión de búsqueda</b>
CN106127747B	<i>Automobile surface damage classification method and device based on deep learning.</i>	3.3
CN118708694B	<i>Artificial intelligence automobile automatic question and answer method and system.</i>	3.2
CN115170739B	<i>Vehicle three-dimensional design device based on artificial intelligence.</i>	3.5
KR102557870B1	<i>Method and apparatus for generating training data for and artificial intelligence model that predicts the performance verification results of automotive parts.</i>	3.1
US10977876B2	<i>System and method for modifying vehicle design based on sensors.</i>	3.2

Tabla 4.8: *Patentes por título en español.*

<b>Número</b>	<b>Título en español</b>
CN106127747B	Método y dispositivo de clasificación de daño en superficie de autos basado en aprendizaje profundo.
CN118708694B	Método y sistema de preguntas y respuestas automático con inteligencia artificial.
CN115170739B	Dispositivo de diseño tridimensional de autos basado en inteligencia artificial.
KR102557870B1	Método y aparato para generar datos para entrenamiento y modelo de inteligencia artificial que predice los resultados de la verificación de ejecución de partes automotrices.
US10977876B2	Sistema y método para modificar el diseño del auto basado en sensores.

Las patentes de las Tablas 4.7 y 4.8 están relacionadas con las tecnologías específicas representadas por los códigos CIP de la Tabla 4.9, éstos determinan su cobertura.

Tabla 4.9: *Patentes por códigos CIP, año y país.*

<b>Número</b>	<b>Código(s) CIP</b>	<b>Año</b>	<b>País</b>
CN106127747B	G06K9/62 G06T7/00;	2024	China
CN118708694B	G06F16/36 G06F16/3329 G06F16/334 G06N5/022	2025	China
CN115170739B	G06K9/62 G06F30/15 G06F30/27 G06F30/28 G06T17/00 G06F119/14	2022	China
KR102557870B1	G06N5/02	2023	Corea del sur
US10977876B2	G07C5/00 G07C5/08 G06F30/15	2021	Estados Unidos

La base de datos de patentes Google Patents permite a los usuarios recuperar información en los idiomas inglés y chino. El contenido restante de esta sección se consultó el 1 de Noviembre del 2025, corresponde a información complementaria de las patentes otorgadas.

La Figura 4.3 muestra los datos descriptivos para la patente CN106127747B, disponible en:

<https://patents.google.com/patent/CN106127747B/en?q=CN106127747B>

**CN106127747B**  
China

[Download PDF](#) [Find Prior Art](#) [Similar](#)

**Other languages:** [Chinese](#)

**Inventor:** [史方, 樊强, 王标](#)

**Current Assignee:** [Gao Qianwen](#)

**Worldwide applications**

2016 - [CN](#)

**Application CN201610439187.4A events** ⓘ

- 2016-06-17 • Application filed by Individual
- 2016-06-17 • Priority to CN201610439187.4A
- 2016-11-16 • Publication of CN106127747A
- 2018-10-16 • Application granted
- 2018-10-16 • Publication of CN106127747B

**Status** • Active

2036-06-17 • Anticipated expiration

**Info:** [Patent citations \(4\)](#), [Non-patent citations \(1\)](#), [Cited by \(51\)](#), [Legal events](#), [Similar documents](#), [Priority and Related Applications](#)

**External links:** [Espacenet](#), [Global Dossier](#), [Discuss](#)

Figura 4.3: Datos descriptivos de la patente CN106127747B en Google Patents.

La Figura 4.4 despliega los eventos legales relacionados con la patente CN106127747B, entre ellos, la transferencia tecnológica realizada el 28 de diciembre del 2021.

Applications Claiming Priority (1)			
Application	Filing date	Title	
CN201610439187.4A	2016-06-17	Car surface damage classifying method and device based on deep learning	

Legal Events			
Date	Code	Title	Description
2016-11-16	C06	Publication	
2016-11-16	PB01	Publication	
2016-12-14	C10	Entry into substantive examination	
2016-12-14	SE01	Entry into force of request for substantive examination	
2018-10-16	GR01	Patent grant	
2018-10-16	GR01	Patent grant	
2021-12-28	TR01	Transfer of patent right	<p><b>Effective date of registration:</b> 20211215</p> <p><b>Address after:</b> 230000 No. 67, Jiatang village north, Dayang Town, Luyang District, Hefei City, Anhui Province</p> <p><b>Patentee after:</b> Gao Qianwen</p> <p><b>Address before:</b> 610000 room 507, block F, building 9, Incubation Park, No. 1480, Tianfu Avenue, high tech Zone, Chengdu, Sichuan</p> <p><b>Patentee before:</b> Shi Fang</p>
2021-12-28	TR01	Transfer of patent right	

Figura 4.4: *Transferencia tecnológica de la patente CN106127747B.*

Los datos descriptivos y el acceso a las patentes CN118708694B y CN115170739B están disponibles en:

<https://patents.google.com/patent/CN118708694B/en?q=CN118708694B>

<https://patents.google.com/patent/CN115170739A/zh>

La Tabla 4.10 muestra el número de patentes otorgadas por país.

Tabla 4.10: *Número de patentes por país.*

<b>País</b>	<b>Número de patentes</b>
China	3
Corea del Sur	1
Estados Unidos	1

La Tabla 4.11 contiene las tecnologías de IA asociadas con dos las patentes otorgadas. El nombre del titular de la patente de Estados Unidos se incluye en la Tabla 4.12. La fecha de consulta fue: *20 de Octubre del 2025*.

Tabla 4.11: *Patente y tecnología de IA.*

<b>Número de documento de patente</b>	<b>Tecnología de IA</b>
KR102557870B1	DL
US10977876B2	ML, análisis predictivo basado en sensores

Tabla 4.12: *Titular de la patente US10977876B2.*

<b>Número de patente</b>	<b>Nombre del titular</b>
US10977876B2	Neil Dutta Addison

Entre las tecnologías identificadas en las patentes destacan uso de ML y DL para mejorar procesos de diseño tridimensional y detección de fallas, otras tecnologías derivadas de la revisión de literatura son:

- La implementación de CAD asistido por IA para automatizar la generación de prototipos
- Aplicaciones de redes neuronales convolucionales (CNN) para analizar la estética, estructura y aerodinámica desde etapas tempranas
- Modelos simbólicos y arquitecturas de conocimiento computacional para verificar el rendimiento de piezas automotrices antes de la producción física

Para monitorear el otorgamiento de patentes, se recomienda utilizar la interfaz de búsqueda avanzada y expresiones de búsqueda como la siguiente, la cual recupera documentos de patentes con el código CIP G06F30, las palabras clave *diseño automotriz* en el título, la expresión *inteligencia artificial* en el título, en el resumen o en un campo de texto y cuya fecha de publicación sea igual o posterior a 2019:

```
ipc = "G06F30" AND ctxt = "artificial" AND ctxt = "intelligence" AND
ti = "vehicle" AND ti = "design" AND pd >= "2019"
```

4.1

Al 10 de Noviembre del 2025, la expresión de búsqueda 4.1 previa produjo 8 documentos de patentes como muestra la Figura 4.5, se encontró una patente nueva, la número CN113779864B. Los datos se pueden descargar o acceder desde el enlace siguiente si se eliminan los espacios:

```
https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=ipc%20%3D%20%22G06F30%22%20AND
%20ctxt%20%3D%20%22artificial%22%20AND
%20ctxt%20%3D%20%22intelligence%22%20AND %20ti%20%3D%20%22vehicle%22%20AND
%20ti%20%3D%20%22design%22%20AND %20pd%20%3E%3D%20%222019%22
```

Figura 4.5: Resultados iniciales de la expresión de búsqueda 4.1.

## **4.2 Determinación de conceptos y temas de IA**

La determinación de conceptos y temas de IA dirigidos a responder a las necesidades formación y capacitación de estudiantes y docentes, esto es, el segundo objetivo específico, se llevó a cabo a partir de la valorización de la información de las patentes de las Tablas 4.7, 4.8 y 4.9, se consideró la cobertura de los códigos CIP en inglés y español.

### **4.2.1 Descripción de códigos CIP de patentes otorgadas**

Las descripciones de los códigos CIP de la Tabla 4.13 provienen de la dirección de internet base siguiente:

<https://ipcpub.wipo.int/?notion=scheme&version=20250101&symbol=>

La Tabla 4.14 contiene la traducción de las descripciones de la Tabla 4.13.

Tabla 4.13: Descripción de códigos CIP.

<b>Código CIP</b>	<b>Descripción</b>	<b>Versión</b>
G06T17/00	<i>3D modelling for computer graphics.</i>	[2006.01]
G06T7/00	<i>Image analysis.</i>	[2017.01]
G07C5/00	<i>Registering or indicating the working of vehicles.</i>	[2006.01]
G06F 119/00	<i>Details relating to the type or aim of the analysis or the optimisation.</i>	[2020.01]
G06F 119/14	<i>Force analysis or force optimisation, e.g. static or dynamic forces.</i>	[2020.01]
G06N5/02	<i>Knowledge representation; Symbolic representation.</i>	[2023.01]
G07C5/08	<i>Registering or indicating performance data other than driving, working, idle, or waiting time, with or without registering driving, working, idle, or waiting time.</i>	[2006.01]
G06F16/36	<i>Creation of semantic tools, e.g. ontology or thesauri.</i>	[2019.01]
G06F30/15	<i>Vehicle, aircraft or watercraft design.</i>	[2020.01]
G06F30/27	<i>. Design optimisation, verification or simulation (optimisation, verification or simulation of circuit designs G06F 30/30). .. using machine learning, e.g. artificial intelligence, neural networks, support vector machines [SVM] or training a model.</i>	[2020.01]
G06F30/28	<i>. Design optimisation, verification or simulation (optimisation, verification or simulation of circuit designs G06F 30/30). .. using fluid dynamics, e.g. using Navier-Stokes equations or computational fluid dynamics [CFD].</i>	[2020.01]
G06N5/022	<i>Knowledge engineering; Knowledge acquisition.</i>	[2023.01]
G06F16/3329	<i>Natural language query formulation.</i>	[2025.01]
G06F16/334	<i>Query execution (filtering based on additional data G06F 16/335).</i>	[2025.01]
G06F16/335	<i>Filtering based on additional data, e.g. user or group profiles (filtering in web context. G06F 16/9535, G06F 16/9536).</i>	[2019.01]

Tabla 4.14: Traducción de la descripción de códigos CIP.

<b>Código CIP</b>	<b>Descripción en español</b>
G06T17/00	Modelado 3D para gráficas por computadora.
G06T7/00	Análisis de imágenes.
G07C5/00	Registrar o indicar el trabajo de autos.
G06F 119/00	Detalles relacionados con el tipo o el objetivo del análisis o la optimización.
G06F 119/14	Análisis de fuerzas u optimización de fuerzas, por ejemplo, fuerzas estáticas o dinámicas.
G06N5/02	Representación del conocimiento; representación simbólica.
G07C5/08	Datos de registro o que indiquen desempeño distinto de conducción, trabajo, inactividad, o tiempo de espera, con o sin registrar conducción, trabajo, inactividad, o tiempo de espera.
G06F16/36	Creación de herramientas semánticas, por ejemplo, ontología o tesoro.
G06F30/15	Diseño de auto, aeronave o embarcación.
G06F30/27	. Optimización de diseño, verificación o simulación (optimización, verificación o simulación de diseño de circuitos G06F 30/30) .. usando ML, por ejemplo, IA, redes neuronales, máquinas de vectores de soporte [SVM] o un modelo de entrenamiento.
G06F30/28	. Optimización de diseño, verificación o simulación (optimización, verificación o simulación de diseño de circuitos G06F 30/30) .. usando dinámica de fluidos, por ejemplo, usando ecuaciones <i>Navier-Stokes</i> o dinámica de fluidos computacional [CFD].
G06N5/022	Ingeniería del conocimiento; adquisición del conocimiento.
G06F16/3329	Formulación de consultas en lenguaje natural.
G06F16/334	Ejecución de consultas (filtrado basado en datos adicionales G06F 16/335).
G06F16/335	Filtrado basado en datos adicionales, por ejemplo, perfil de usuario o de grupo, (filtrado en contexto web G06F 16/9535, G06F 16/9536).

La traducción de la definición para el código G06T17/00 es:

- Generación de una representación de dato, de una forma o de un objeto en 3D antes de cualquier intento de redensización. La representación del dato, de una forma u objeto 3D puede incluir una representación matemática o una estructura de dato.
- Modelado de un dato geográfico en 3D.
- Modelado utilizando volúmenes, elementos de alambre o superficies.

#### 4.2.2 Temas de IA dirigidos a la formación y capacitación

A partir de la Tabla 4.14, se proponen los cinco temas de IA relacionados con el diseño de autos (código G06F30/15) dirigidos a la formación y capacitación de docentes y estudiantes de la UPPue, éstos se incluyen en la Tabla 4.15, están ordenados de conformidad con los códigos de la CIP.

Tabla 4.15: *Temas de IA dirigidos a la formación y capacitación.*

No.	Código CIP	Descripción en español
1	G06F16/3329	Formulación de consultas en lenguaje natural.
2	G06F30/27	ML, redes neuronales, máquinas de vectores de soporte [SVM] y entrenamiento de modelos.
3	G06N5/02	Representación del conocimiento; representación simbólica.
4	G06T7/00	Análisis de imágenes.
5	G06T17/00	Modelado 3D para gráficas por computadora.

### 4.3 Identificación y seguimiento a actores clave

El tercer objetivo específico, relacionado con la identificación y el seguimiento a actores clave, en términos de publicaciones científicas, se realizó a través del servicio de alertas de Research Rabbit, a través del cual los usuarios reciben un correo electrónico cuando se integra una publicación nueva a su base de datos. A la fecha, no se han recibido alertas de los autores de la colección *IA Y diseño Automotriz* (ver la Figura 2.9).

Para el caso de las patentes otorgadas, se revisó si los titulares de la Tabla 4.7 han registrado nuevos documentos hasta el 31 de julio de 2025, se encontró que únicamente

Seoyon E-Hwa Co., Ltd. cuenta con una publicación reciente aunque no está relacionada con el diseño automotriz.

La Figura 4.6 muestra un mapa generado a través de Google Maps para los países de la Tabla 4.10



Figura 4.6: Países con patentes.

#### 4.3.1 Actividad inventiva de integrantes del RIAVL en IA y diseño automotriz

La actividad inventiva de los integrantes del RIAVL se muestra en las Tablas 4.16 y 4.17, corresponde a las solicitudes de patentes y las patentes otorgadas al 31 de julio del 2025, los datos de los titulares se verificaron en Espacenet y Google Patents.

Tabla 4.16: Solicitudes de patentes de integrantes del RIAVL.

Solicitante	Número de solicitud de patente.
Ford Motor	US4926309A
Honda	US2001032065A1

Tabla 4.17: Patentes de integrantes del RIAVL.

Titular	Número de patente.
Hyundai	US11049489B2
Kya	US11049489B2

#### 4.3.2 Herramienta Observa

A través de la herramienta observa de la Universidad de Alicante, se llevó a cabo un monitoreo de publicaciones relacionadas con el sector automotriz, la cual emite alertas

tecnológicas vía correo electrónico cada 2 o tres semanas. La Figura 4.7 muestra una sección de uno de los correos recibidos.

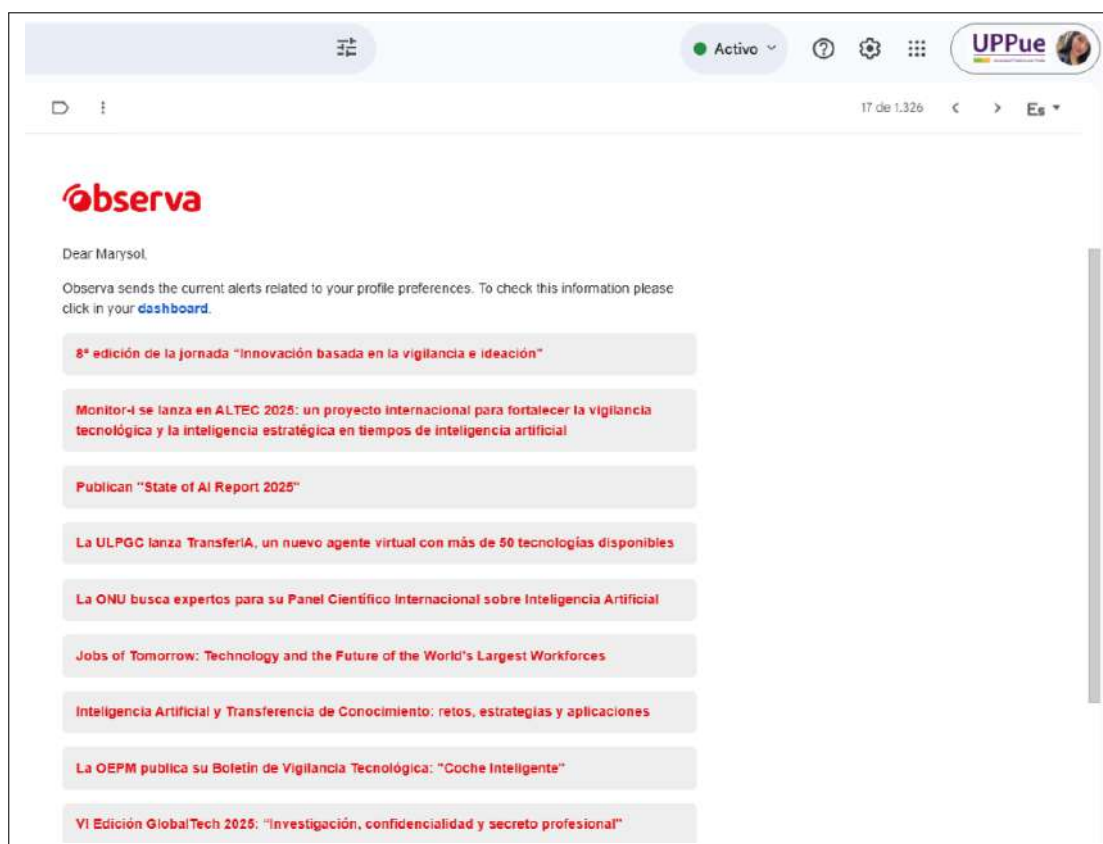


Figura 4.7: Ejemplo de alerta tecnológica emitida por *observa*.

## 4.4 Reporte de VT

Para alcanzar el tercer objetivo específico relacionado con la difusión de las herramientas y usos de la IA en el diseño automotriz con base en la revisión de patentes, se elaboró el reporte de VT titulado "Inteligencia artificial en el diseño automotriz: herramientas y usos actuales en el diseño automotriz con base en revisión de patentes", disponible en:

<http://repositorio.uppuebla.edu.mx:8080/xmlui/handle/123456789/506>

La Figura 4.8 muestra la primer página del certificado emitido por el Registro Público del Derecho de Autor para el reporte descrito en [22].

Al 11 de Febrero del 2026, la Figura 4.9 muestra el número de visitas que ha recibido el reporte en el Repositorio Institucional (RI-UPPue).

# CERTIFICADO

## Registro Público del Derecho de Autor

Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la **OBRA** cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

**AUTOR:** AGUIRRE CORDOBA MARYSOL

**TÍTULO:** INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DISEÑO AUTOMOTRIZ: HERRAMIENTAS Y USOS ACTUALES EN EL DISEÑO AUTOMOTRIZ CON BASE EN REVISIÓN DE PATENTES.

**RAMA:** LITERARIA

**TITULAR:** AGUIRRE CORDOBA MARYSOL


Con fundamento en el artículo 3º de la Ley Federal del Derecho de Autor el presente certificado ampara única y exclusivamente la obra original Literaria.

Con fundamento en lo establecido por el artículo 14 fracciones I y II de la Ley Federal del Derecho de Autor, no es objeto de protección como derecho de autor; las ideas en sí mismas, las fórmulas, soluciones, conceptos, métodos, sistemas, principios, descubrimientos, procesos e invenciones de cualquier tipo; el aprovechamiento industrial o comercial de las ideas contenidas en las obras.

Con fundamento en lo establecido por el artículo 168 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

El presente certificado se expide con fundamento en el Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, así como de otras leyes para crear la Secretaría de Cultura, publicado el 17 de diciembre de 2015 en el Diario Oficial de la Federación; artículos 26 y 41 Bis, fracción XVIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; artículos 2, 208, 209 fracción III de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículo 69-C de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, de aplicación supletoria de acuerdo con lo establecido por la Ley Federal del Derecho de Autor en su artículo 10; artículo 84 de la Ley General de Mejora Regulatoria; artículos 2, apartado B, fracción IV, 26 y 27 del Reglamento Interior de la Secretaría de Cultura; artículos 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I, 9, 16 y 17 del Reglamento Interior del Instituto Nacional del Derecho de Autor; ACUERDO por el que se establecen los Lineamientos para el uso de la Firma Electrónica Avanzada en los actos y actuaciones de los servidores públicos del Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de mayo del año dos mil veintiuno; y Acuerdo por el que se establecen las reglas para la presentación, substanciación y resolución de las solicitudes de registro de obras, fonogramas, videogramas y edición de libros en línea ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado el 8 de diciembre de 2021 en el Diario Oficial de la Federación.


1/2



**CULTURA**

SECRETARÍA DE CULTURA

|



**INDAUTOR**

INSTITUTO NACIONAL DEL DERECHO DE AUTOR

Figura 4.8: Certificado para el reporte de VT [22].

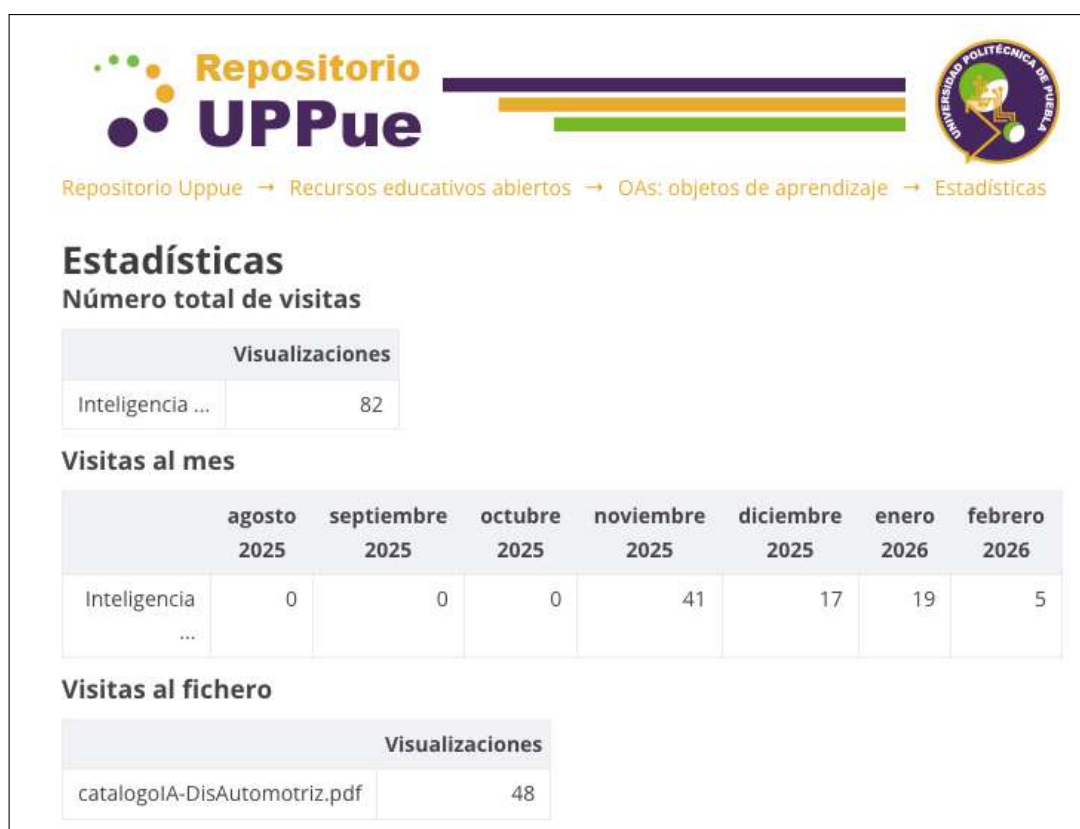


Figura 4.9: Número de visitas del reporte en el RI-UPPue.

La tesis presentó datos relacionados con la relevancia de la industria automotriz en términos actividades e impacto económicos, se planteó la necesidad de conocer los temas y las herramientas de IA aplicadas al diseño automotriz y se introdujeron aspectos legales del contexto global.

Posteriormente, se expusieron los resultados del análisis de publicaciones científicas en inglés y español, éste permitió enumerar herramientas que requieren desarrollar competencias técnicas y metodológicas, identificar y agrupar aplicaciones de IA y delimitar el alcance de la VT a través de categorías tecnológicas provenientes de la revisión de documentos de patentes.

La investigación involucró la selección de seis solicitudes de patentes de 2021 a 2024 y cinco patentes otorgadas de 2021 a 2025, las últimas representan la tecnología incorporada al mercado. Los 11 documentos fueron resultado de la ejecución de la estrategia de búsqueda y recopilación de información, misma que usó la interfaz de búsqueda avanzada de la base de datos de Espacenet, se reportó información complementaria proveniente de Google Patents como nombres de los titulares en coreano o imágenes de patentes escritas en chino. Aunque los 11 documentos no representan una búsqueda exhaustiva puesto que se aplicaron criterios de selección y relevancia de manera manual, permitieron mostrar el uso de información estratégica.

Se observó que países como China, Corea del Sur y Estados Unidos muestran mayor actividad en materia de patentes a nivel internacional de diseño automotriz, y que desde el contexto de los integrantes del RIAVL, las solicitudes y patentes encontradas provienen de Estados Unidos. Además, se encontró que sólo dos de la 22 empresas afiliadas a la AMIA cuentan con solicitudes de patentes en Espacenet y cuatro muestran actividad inventiva al poseer los derechos del mismo número de patentes. Se recomienda revisar los reportes mensuales del RIAVL que publica el INEGI para conocer oficialmente datos sobre la evolución de la industria automotriz en México.

A partir de la cobertura de las patentes otorgadas, representada en sus códigos CIP, se propusieron 5 temas que podrían contribuir con la capacitación de docentes en la UPPue para incrementar su competitividad académica así como para fortalecer la formación de recursos humanos especializados. Así mismo, se enumeraron estrategias de monitoreo de actividades inventivas basadas en el uso de alertas tecnológicas proporcionadas por Research Rabbit para el caso de autores o de Observa para eventos y publicaciones de los

---

sectores tecnológicos de interés de los usuarios.

Se elaboró el reporte de VT descrito en [22] cuyo contenido está por el Registro Público del Derecho de Autor. Junto con esta tesis, aporta información estratégica, relevante y actualizada sobre temas y herramientas de IA aplicadas al diseño automotriz, se espera sean recursos de información útiles para estudiantes, docentes, autoridades institucionales y público en general. Se hace notar que los resultados están sujetos a barreras relacionadas con el acceso debido a los idiomas, así como a restricciones de tiempo, en el último aspecto, es importante mencionar que la publicación de una solicitud de patente puede tardar hasta 18 meses después de su fecha de registro, independientemente de la oficina de patentes desde la que se realice.

Como trabajo a futuro se propone elaborar el diseño instruccional para un curso de educación continua en el que se incluyan los temas de ML, SVM, redes neuronales y entrenamiento de modelos.

## Referencias

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera. EMIM: síntesis metodológica: serie 2018 : Encuestas Económicas Nacionales. Fecha de acceso: 5 de Noviembre del 2024. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/889463910770.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463910770.pdf)
- [2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2025). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Fecha de acceso: 24 de Julio del 2025. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- [3] DXC Technology. (2023). Sustainability is AI the new frontier for auto and manufacturing companies. <https://dxc.com/us/en/insights/industry-spotlights/sustainability-is-the-new-frontier-for-ai-in-auto-and-manufacturing>
- [4] World Intellectual Property Organization (WIPO) (2019). WIPO technology trends 2019: artificial intelligence. [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_1055.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf)
- [5] Decima C. (2023). Cómo la IA está revolucionando la industria automotriz. WSI world | agencia de marketing digital. Disponible en: <https://www.wsiworld.lat/blog/como-la-ia-esta-revolucionando-la-industria-automotriz>
- [6] Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). (2025). Vigilancia tecnológica. Plataforma Discoveries. <https://www.uab.cat/web/investigacion/itinerarios/innovacion-y-transferencia-de-conocimiento/vigilancia-tecnologica-1345911743751.html>
- [7] Universidad Politécnica de Puebla. Universidad Politécnica de Puebla; Generamos Ciencia y Tecnología con Sentido Humano. <http://www.uppuebla.edu.mx>
- [8] Organización de las Naciones Unidas. (2024). Objetivo del Desarrollo Sostenible 9. Infografía. [https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/sites/3/2024/01/2309739\\_S\\_SDG\\_2023\\_infographics\\_9-9.pdf](https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/sites/3/2024/01/2309739_S_SDG_2023_infographics_9-9.pdf)
- [9] The Business Research Company. (2025). Artificial intelligence in automotive global market report 2024. Fecha de consulta: 26 de Mayo del 2025. <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/artificial-intelligence-in-automotive-global-market-report>

- [10] Bauer A. (2023). How generative AI is making a move in the global automotive world. ET Auto. Fecha de acceso: 15 de marzo del 2025. <https://auto.economictimes.indiatimes.com/news/auto-technology/how-generative-ai-is-making-a-move-in-the-global-automotive-world/103987910>
- [11] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2025b). Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros (RAIAVL). [https://www.inegi.org.mx/contenidos/datosprimarios/iavl/doc/2025/rm\\_raiavl2025\\_08.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/datosprimarios/iavl/doc/2025/rm_raiavl2025_08.pdf)
- [12] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2025c). Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros (RAIAVL). Reporte mensual. Septiembre 2025. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2025/rm\\_raiavl/rm\\_raiavl2025\\_09.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2025/rm_raiavl/rm_raiavl2025_09.pdf)
- [13] Stefanini Group. (2024). Top 5 applications of AI in the automotive industry. Fecha de consulta: 26 de Julio del 2023. <https://stefanini.com/en/insights/news/top-5-applications-of-ai-in-the-automotive-industry>.
- [14] Visure Solutions. (2024). Ingeniería de vehículos autónomos. <https://visuresolutions.com/es/automotor/ingenier%C3%ADa-aut%C3%B3noma>
- [15] Koopman P., Ferrell U., Fratrick F., Wagner M. (2019). A safety standard approach for fully autonomous vehicles. *Workshop on Artificial Intelligence Safety Engineering (WAISE 2019)*. Edge Case Research. [https://users.ece.cmu.edu/koopman/pubs/Koopman19\\_WAISE\\_UL4600.pdf](https://users.ece.cmu.edu/koopman/pubs/Koopman19_WAISE_UL4600.pdf)
- [16] Ejjami R., Boussalham K. (2024). Industry 5.0 in manufacturing: enhancing resilience and responsibility through AI-driven predictive maintenance, quality control, and supply chain optimization. *International Journal for Multidisciplinary Research*. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i04.25733>
- [17] Red Latinoamericana para la Ciencia Abierta. (2025). LA Referencia - Inicio. <https://www.lareferencia.info/es/>
- [18] La Crónica de hoy, Puebla (2025). Sector automotriz en el estado genera 43.4% del PIB - Crónica Puebla. 28 de Enero del 2025. <https://cronicapuebla.com/gobierno/sector-automotriz-en-el-estado-genera-43-4-del-pib>

- [19] Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Objetivo de desarrollo sostenible 9: industria, innovación e infraestructura. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- [20] Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible: ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura. Fecha de consulta: 26 de Mayo del 2025. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/infrastructure-industrialization/>
- [21] Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2017). La inteligencia artificial como herramienta para acelerar el progreso de los ODS. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2017/10/la-inteligencia-artificial-como-herramienta-para-acelerar-el-progreso-de-los-ods/>
- [22] Aguirre C. M. 2025. Inteligencia artificial en el diseño automotriz: herramientas y usos actuales en el diseño automotriz con base en revisión de patentes. [Obra literaria]. Certificado del Registro Público del Derecho de Autor No. 03-2025-091210342200-01.
- [23] NETWORK360. (2024). Gemelos digitales en la industria automotriz: ¿cuáles son las aplicaciones? IT Masters Mag. Recuperado de: <https://www.itmastersmag.com/transformacion-digital/gemelos-digitales-cuales-son-las-aplicaciones-en-la-industria-automotriz/>
- [24] OECD/Eurostat (2018), Oslo manual 2018: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation, 4a. edición, the measurement of scientific, technological and innovation activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- [25] Stryker C., Kavlakoglu E. (2024). ¿Qué es la inteligencia artificial (IA)? IBM. Fecha de consulta: 28 de Mayo del 2025. <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/artificial-intelligence>
- [26] Copeland B. J. (2025). Artificial intelligence. Encyclopedía Británica.
- [27] Universidad Autónoma de México (UNAM). Invenciones | Dirección de Propiedad Intelectual. [https://propiedadintelectual.unam.mx/propiedad\\_industrial/invenciones/](https://propiedadintelectual.unam.mx/propiedad_industrial/invenciones/)
- [28] Elrefaie M., Qian J., Wu R., Chen Q., Dai A., Ahmed F. (2025). AI agents in engineering design: a multi-agent framework for aesthetic and aerodynamic car design. <https://arxiv.org/abs/2503.23315>

- [29] Belcic I., Stryker C. (2024). What is supervised learning? IBM.  
<https://www.ibm.com/think/topics/supervised-learning>
- [30] Kohar C. P., Greve L., Eller T. K., Connolly D. S., Inal K. (2021). A machine learning framework for accelerating the design process using CAE simulations: an application to finite element analysis in structural crashworthiness. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 385, 114008.  
<https://doi.org/10.1016/j.cma.2021.114008>
- [31] Wikipedia. (2025). AI - assisted reverse engineering.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/AI-assisted\\_reverse\\_engineering](https://en.wikipedia.org/wiki/AI-assisted_reverse_engineering)
- [32] Yoo S., Lee S., Kim S., Hwang K. H., Park J. H., Kang N. (2020). Integrating deep learning into CAD/CAE system: generative design and evaluation of 3D conceptual wheel. <https://arxiv.org/abs/2006.02138>
- [33] Wikipedia. (2025). AI-driven design automation. [https://en.wikipedia.org/wiki/AI-driven\\_design\\_automation](https://en.wikipedia.org/wiki/AI-driven_design_automation)
- [34] McLachlan S., Kyrimi E., Dube K., Fenton N., Schafer B. (2022). The self-driving car: crossroads at the bleeding edge of artificial intelligence and law.  
<https://arxiv.org/pdf/2202.02734>
- [35] Cuality Corporation. (2024). Qué normas son esenciales para la IA.  
<https://cualitycorporation.com/normas-iso/que-normas-son-esenciales-para-la-ia>
- [36] Taylor Wessing. (2025). AI Act and the Automotive Industry.  
<https://www.taylorwessing.com/en/insights-and-events/insights/2025/03/ai-act-and-the-automotive-industry>
- [37] Salay R., Queiroz R., Czarnecki K. (2017). An analysis of ISO 26262: using machine learning safely in automotive software. <https://arxiv.org/abs/1709.02435>
- [38] Ministry of Industry and Information Technology (MIIT) & SAC. (2024, 23 de agosto). GB 44495-2024: Technical requirements for vehicle cybersecurity (English version). SAMR/SAC. <https://www.chinesestandard.us/products/gb44495-2024>
- [39] Wei C., Zhao J., Sun L. (2025). Achieving regulatory alignment for E2E autonomous driving in China: a framework for tort liability and data governance. *Computer Law & Security Review*, Vol. 59. No. 106192.  
<https://doi.org/10.1016/j.clsr.2025.106192>

- [40] Autodesk. (2025). Generative design: streamlining iteration and innovation. <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design>
- [41] Siemens. (s.f.). Solid Edge: software de diseño mecánico 3D. <https://solidedge.siemens.com/es/>
- [42] Celestial Dynamics. (s.f.). Gemelos digitales y omniverse: transformando el diseño industrial. <https://celestialdynamics.io/portfolio-item/gemelos-digitales-y-omniverse/>
- [43] Dassault Systèmes. (s.f.). CATIA: Software de diseño e ingeniería para productos complejos. <https://www.3ds.com/es/products/catia>
- [44] Bohn B., Garcke J., Iza-Teran R., Paprotny A., Peherstorfer B., Schepsmeiter U., Thole C. A. (2013). Analysis of car crash simulation data with non-linear machine learning methods. *Procedia Computer Science*, 18. pp. 621-630. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.226>
- [45] Zhong R. Y., Xu X., Klotz E., Newman S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering* 3 (5), pp. 616-630. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2017.05.015>
- [46] Singh K. B., Arat M. A. (2019). Deep learning in the automotive industry: recent advances and application examples. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.08834>
- [47] Aguirre J., García F., Ramírez C., Floreano S., Guarda T., Sánchez I., Rivera J., Sánchez C. (2021). Aplicación de la inteligencia artificial en la industria automotriz. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (RISTI)*. 149-158. Fecha de consulta: 28 de Mayo del 2025. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8624559>
- [48] Regenwetter L., Heyrani N. A., Faez A. (2021). Deep generative models in engineering design: a review. <https://arxiv.org/abs/2110.10863>.
- [49] Stappen L., Dillmann J., Striegel S., Vögel H., Flores-Herr N., Schuller B. W. (2023). Integrating generative artificial intelligence in intelligent vehicle systems. Fecha de consulta: 28 de mayo del 2025. <https://arxiv.org/abs/2305.17137>
- [50] Chen Q., Elrefaie M., Dai A., Ahmed F. (2025). TripNet: learning large scale high fidelity 3D car aerodynamics with triplane networks. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.17400>

- [51] Salunkhe A., Kolhalkar N. R. (2025). Artificial intelligence (AI) for crash risk forecasting during automotive crash simulations. 2025 1st International Conference on AIML Applications for Engineering & Technology.  
<https://doi.org/10.1109/ICAET63349.2025.10932167>
- [52] Chen H., Yu P., Long J. (2025). Multi-objective optimization of automotive seat frames using machine learning. *Advances in Engineering Software*. Vol. 199.  
<https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2024.103797>.
- [53] BMW Group. (2023). Fascinación diseño AI: creatividad e inteligencia artificial. Fecha de consulta: 28 de Mayo del 2025.  
<https://www.bmw.com/es/design/diseno-ai-y-arte-digital.html>
- [54] Hussien G. M., Alfuraih M. (2024). The role of artificial intelligence in automotive design: a comprehensive review. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 14 (11), pp. 72-82.  
<https://doi.org/10.9790/9622-14117282>
- [55] Gazi M. S. (2024). Implications of generative AI and machine learning on automotive industry development & reduction of carbon footprint: an analysis of the U.S. economy perspective. *Journal of Business and Management Studies*, 6 (3), pp. 134-143.  
<https://doi.org/10.32996/jbms.2024.6.3.15>
- [56] Car Studio AI. (2024). La revolución de la inteligencia artificial en la industria automotriz: la tecnología que moldea el futuro.  
<https://carstudio.ai/es/la-revolucion-de-la-inteligencia-artificial-en-la-industria-automotriz-la-tecnologia-que-moldea-el-futuro/>
- [57] Arinez J. F., Chang Q., Gao R. X., Xu C., Zhang J. (2020). Artificial intelligence in advanced manufacturing: current status and future outlook. American Society of Mechanical Engineers (ASME). *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. Vol. 142. No. 11. pp. 110804. <https://doi.org/10.1115/1.4047855>
- [58] Wikipedia (2025). Claude (chatbot) - Wikipedia, la enciclopedia libre. Disponible en:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Claude\\_\(chatbot\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Claude_(chatbot))
- [59] Research Rabbit (2025). ResearchRabbit: AI tool for smarter, faster literature reviews. Disponible en: <https://www.researchrabbit.ai>

- [60] Universidad de Alicante (UA). 2025. Guía de vigilancia e inteligencia tecnológica. [En línea]. Disponible en: <https://www.ovtt.org/guias/guia-de-inteligencia-tecnologica/>. [Último acceso: 10-04-2025]
- [61] World Intellectual Property Organization. (2022). Clasificación Internacional de Patentes (CIP). World Intellectual Property Organization. <https://doi.org/10.34667/TIND.45033>
- [62] Wikipedia contributors. (2022). Espacenet. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Espacenet>
- [63] WilsonGunn. (s.f.). 5 tips for your patent searching strategy - IP Insights - Wilson Gunn. <https://www.wilsongunn.com/resource/ip-insights/5-tips-for-your-patent-searching-strategy>
- [64] Adriano J. L. (2025). Mi sucesor será una máquina y será más barata que mi salario. El jefe de diseño de Mercedes-Benz lo ve claro: en 10 años, la inteligencia artificial será la que dise ne los autos. Motorpasión México.
- [65] Chabukswar R. (2024). From design to drive: unleashing the power of AI in automotive product development. Eastern Michigan University. SSRN. Fecha de consulta: 8 de junio del 2025. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4956959](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4956959)
- [66] Coulter J. (2024). The impact of artificial intelligence on the automotive industry: a comprehensive overview. NobleQuote. [https://www.noblequote.com/learning-center/specialized-topics/the-impact-of-artificial-intelligence-on-the-automotive-industry-a-comprehensive-overview?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.noblequote.com/learning-center/specialized-topics/the-impact-of-artificial-intelligence-on-the-automotive-industry-a-comprehensive-overview?utm_source=chatgpt.com)
- [67] Valois A. (2025). IA en la industria automotriz: aplicaciones y ventajas. Fecha de consulta: 28 de Julio del 2025. <https://atomchat.io/blog/ia-en-la-industria-automotriz-ventajas/>
- [68] Kauf industries. (2024). Diseño generativo en el sector del automóvil | Knauf. Fecha de consulta: 28 de Julio del 2025. <https://knaufautomotive.com/es/como-esta-revolucionando-el-diseno-generativo-la-industria-del-automovil/>

- [69] Wuest T., Weimer D., Irgens C., Thoben K. D. (2016). Machine learning in manufacturing: advantages, challenges, and applications. *Production & manufacturing research*, 4(1), 23-45. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21693277.2016.1192517>
- [70] Chien C. F., Dauzère-Pérès S., Huh W. T., Jang Y. J., Morrison J. R. (2020). Artificial intelligence in manufacturing and logistics systems: algorithms, applications, and case studies. *International Journal of Production Research*, 58 (9), 2730-2731. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2020.1752488>
- [71] Kiemel S., Stuhlsatz J., Sauer A., Miede R. (2021). Artificial intelligence applications for increasing resource efficiency in manufacturing companies - a comprehensive review. *Sustainability*, 13(12), 6689. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/12/6689>
- [72] Attaran M., Attaran S. & Celik. B. G. (2023). The impact of digital twins on the evolution of intelligent manufacturing and Industry 4.0. *Journal of Industry 4.0*, 1(1), 1-15. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43674-023-00058-y>
- [73] Del Gallo M., Mazzuto, G., Ciarapica F. E., Bevilacqua, M. (2023). Artificial intelligence to solve production scheduling problems in real industrial settings: systematic literature review. *Electronics*, 12(23), 4732. <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/23/4732>
- [74] Arango A. B., Tamayo G. L., Fadul B. A. (2012). Vigilancia tecnológica: metodologías y aplicaciones. *Revista Electrónica Gestión de las Personas y Tecnología*. 5 (13). Universidad de Santiago de Chile. <https://www.redalyc.org/pdf/4778/477847114019.pdf>
- [75] Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (Minciencias). (2024). Vigilancia tecnológica y/o inteligencia competitiva. Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación de Colombia. Glosario. <https://minciencias.gov.co/glosario/vigilancia-tecnologica-yo-inteligencia-competitiva>
- [76] Pandolfo M. (2023). Análisis de los procesos de vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica en la gestión de I+D+i en los organismos del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Humanidades. Departamento de Ciencia de la Información. Tesis de licenciatura en bibliotecología y documentación. <http://humadoc.mdp.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/974>

- [77] Benavides V. C. A., Quintana G. C. (2006). Inteligencia competitiva, prospectiva e innovación: la norma UNE-166006 EX sobre el sistema de vigilancia tecnológica. Boletín Económico de Información Comercial Española (BICE) número 2896. <https://revistasice.com/index.php/BICE/article/view/4195/4195>
- [78] Centro de Innovación y Diseño Industrial del Municipio de Puebla (CIDI Puebla). 2024. La digitalización de la industria automotriz. Fecha de consulta: 28 de Noviembre del 2024. <https://www.cidipuebla.mx/digitalizacion/la-digitalizacion-de-la-industria-automotriz>
- [79] Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2024). ODS 9: Industria, innovación e infraestructura: construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. [https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/sites/3/2024/01/2309739\\_-\\_S\\_SDG\\_2023\\_infographics\\_9-9.pdf](https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/sites/3/2024/01/2309739_-_S_SDG_2023_infographics_9-9.pdf)
- [80] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Encuesta 2024.
- [81] Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2024). . Naciones Unidas. <https://www.un.org/...>
- [82] Universidad de León. (s.f.). ¿Qué es una patente?. Fecha de consulta: 28 de Mayo del 2025. <https://www.unileon.es/investigadores/otri/patentes/que-es-una-patente>
- [83] Autodesk. (s.f.). Diseño generativo con inteligencia artificial (IA). Autodesk. <https://www.autodesk.com/es/solutions/generative-design-ai-software>
- [84] Dombrowski U., Richter T. (2018). Advanced manufacturing technologies and lean principles: bridging the gap. *Procedia CIRP*, 72, 1223-1227. 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.118>
- [85] Hofmann M., Neukart F., Bäck T. (2017). Artificial intelligence and data science in the automotive industry. <https://arxiv.org/abs/1709.01989>
- [86] Powell D. J. (2024). Artificial intelligence in lean manufacturing: digitalization with a human touch?. *International Journal of Lean Six Sigma*. Vol. 15 No. 3, 719-729. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2024-256>

- 
- [87] Rahardjo B., Wang F. K., Yeh. R. H., Chen. Y. P. (2023). Lean manufacturing in Industry 4.0: a smart and sustainable manufacturing system. *Machines*, 11(1), 72. <https://www.mdpi.com/2075-1702/11/1/72>
- [88] Ejjami R., Boussalham K. (2024). Industry 5.0 in manufacturing: enhancing resilience and responsibility through AI-driven predictive maintenance, quality control, and supply chain optimization. *International Journal for Multidisciplinary Research*. Fecha de consulta: 26 de Mayo del 2025. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i04.25733>