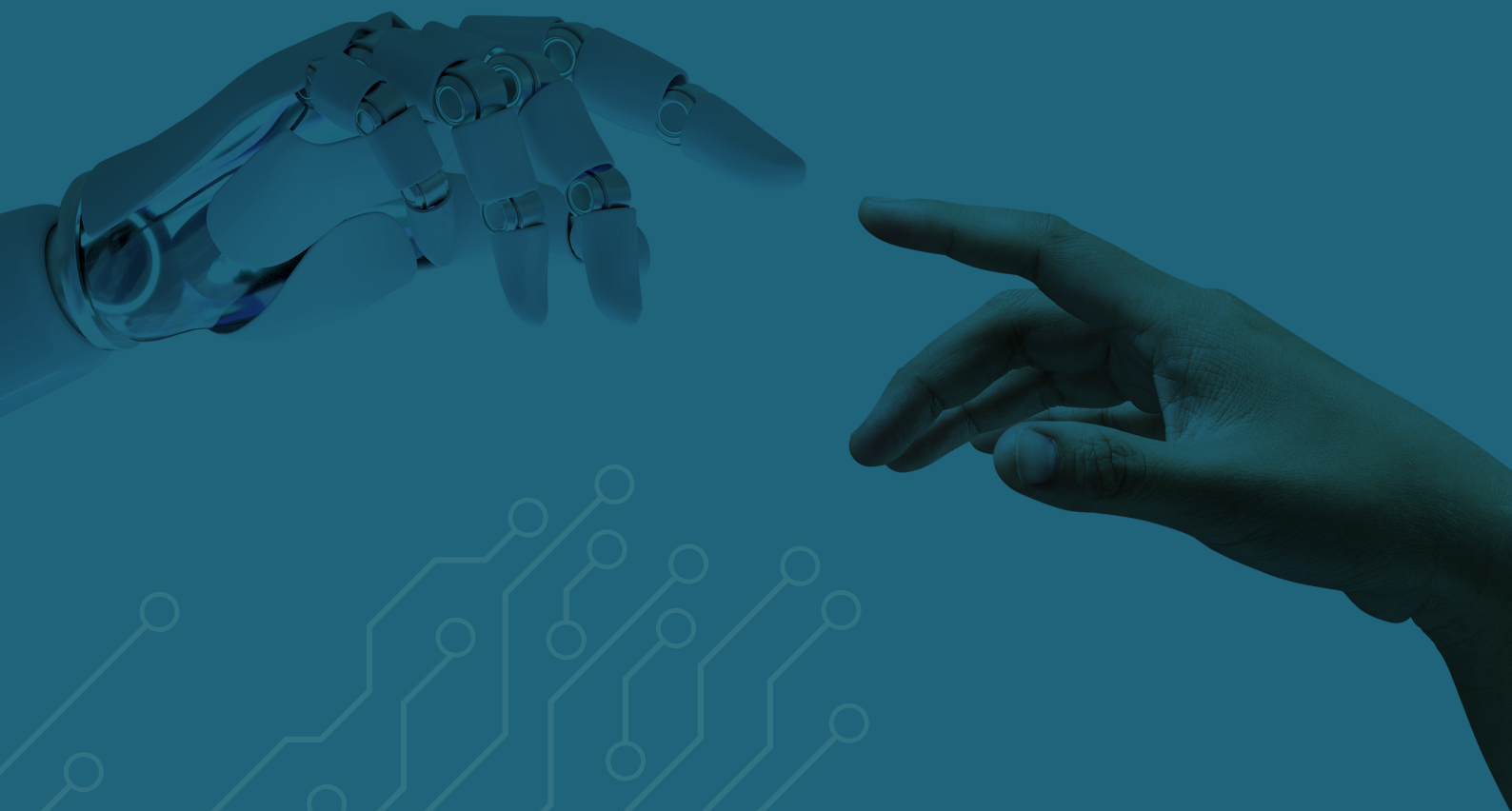


Informe sobre el uso de la inteligencia artificial en la empresa andaluza





Título:

INFORME SOBRE EL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EN LA EMPRESA ANDALUZA

Proyecto:

Fomento de la Cultura Emprendedora 2021

Coordinación:

Confederación de Empresarios de Andalucía (CEA).

Autor/es:

Fco. Javier Melero Rus*, *Universidad de Granada* (coord.)

Juan Chiachio Ruano*, *Universidad de Granada*

Macarena Espinilla Estévez*, *Universidad de Jaén*

María del Mar Fuentes Fuentes**, *Universidad de Granada*

Eugenio Martínez Cámara*, *Universidad de Granada*

Sebastián Ventura Soto*, *Universidad de Córdoba*

Carmen Zarco Fernández*, *Universidad de Granada*

Depósito Legal:

SE 1250-2022

* Instituto Andaluz Interuniversitario de Ciencia de Datos e Inteligencia Computacional, DaSCI

** Grupo de Investigación Avanzada en Dirección Empresarial, GIADE

Índice

Presentación	5
PARTE I. Encuesta sobre el uso de la inteligencia artificial en las empresas de Andalucía	
Resumen ejecutivo	9
Nivel de uso actual de las tecnologías digitales básicas	9
Grado de conocimiento de las tecnologías basadas en la inteligencia artificial (IA)	9
Grado de uso de la inteligencia artificial	10
Forma de implantación de la IA	10
Ámbito de aplicación e impacto de la IA en las empresas	10
Uso futuro de la IA en la empresa	11
Conocimiento del ecosistema IA en Andalucía	12
1. Nivel de uso actual de Tecnologías Digitales e IA	13
2. Grado de conocimiento de tecnologías IA	15
3. Grado de uso y potencial de uso en el sector y en la empresa	18
4. Implantación actual de IA en las empresas	22
5. Uso futuro de la IA en la empresa	27
6. Conocimiento del ecosistema andaluz de IA	33
ANEXO Descripción de la muestra	35
PARTE II. La inteligencia artificial y su aplicación en la empresa	
1. ¿Qué es la inteligencia artificial?	41
1.1. Herramientas para el manejo de la información en la empresa: la ciencia de datos.	44
Minería de Datos	45
Big Data	45
Smart Data	47
Detección de Anomalías	47
Análisis de Series Temporales	48
1.2. Tecnologías para resolver problemas: la creación de sistemas inteligentes	49
Machine Learning	49
Deep Learning	50
Sistemas de Ayuda a la Decisión	51
Sistemas Difusos	51
1.3. Otras tecnologías relacionadas con la inteligencia artificial de aplicación en la empresa.	52
Visión Artificial	53
Procesamiento del Lenguaje Natural	53
Internet de las Cosas	54
Computación en la Nube	55
Computación en el Borde	55
Gemelo Digital	56
Ciberseguridad	57
Realidad Aumentada	57
Impresión 3D	58
Ciudades Inteligentes	59
Vehículos Autónomos	60

2. Aplicación de la IA en la pequeña y mediana empresa	61
2.1. Agricultura y ganadería	61
Agricultura de precisión	62
Ganadería de precisión	64
2.2. Construcción e infraestructuras	65
Diseño generativo	65
Gestión inteligente de infraestructuras	67
Predicción de riesgos a pie de obra	68
Gestión robótica de infraestructuras y servicios urbanos	68
2.3. Industria	69
Robótica autónoma y colaborativa	70
Fábricas desasistidas (lights-out)	70
Control de calidad	71
Mantenimiento predictivo	71
Optimización de los procesos de producción	72
2.4. Transporte y logística	72
Seguridad de los sistemas de transporte	72
Optimización de rutas de transporte	73
Gestión de almacén	73
Optimización de embalajes	74
Trazabilidad	74
2.5. Comercio	75
Estrategia de ventas	76
Gestión documental y de procesos	77
Sistemas de pago inteligentes	77
Ventas online y atención al cliente 24h	78
Probadores inteligentes o virtuales	78
2.6. Marketing y publicidad	79
Optimización de precios y ofertas	80
Creación de contenidos para web y redes sociales	81
Fidelizar al cliente: personalización de webs y aplicaciones	81
2.7. Hostelería y restauración	82
Gestión de precios y reservas hoteleras	82
Gestión de reservas	83
Optimización de la producción y el envío a domicilio	84
Personalización y mejora del servicio al comensal	85
Análisis de opiniones online	85
2.8. Salud y bienestar	86
Plataformas de gestión de datos clínicos	86
Sistemas de análisis de imágenes médicas	87
Sistemas de seguimiento ocular	88
Asistentes virtuales y telemedicina	88
Dispositivos de monitorización	89
2.9. Servicios profesionales	90
Servicios jurídicos	90
Servicios financieros y de seguros	91

Presentación



La implantación de la IA es fundamental para mantener o mejorar la competitividad”



Bajo la denominación de inteligencia artificial (IA) se encuentran numerosas tecnologías y herramientas que permiten, gracias a la recopilación, tratamiento e interpretación de los datos, obtener respuestas a unas cuestiones concretas o definir acciones a realizar para conseguir un objetivo concreto.

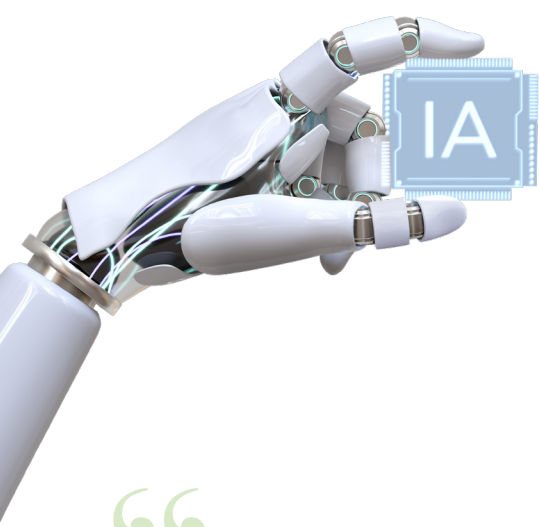
En el caso de las pequeñas y medianas empresas, independientemente del sector económico en el que operen, **la implantación de la IA** en sus procesos no es algo deseable o accesorio, sino que **es fundamental para mantener o mejorar la competitividad** en un mundo globalizado e interconectado.

En la primera parte de este trabajo, se exponen los resultados de una encuesta realizada entre empresas y autónomos andaluces sobre el conocimiento y el uso de esta tecnología en el ámbito empresarial. Este estudio ha revelado algunos resultados que deben ser considerados por los diferentes agentes e instituciones de cara a impulsar la adopción de la IA en las empresas andaluzas.

En primer lugar, las empresas andaluzas manifiestan un **escaso nivel de implantación de las tecnologías IA en sus procesos**, tanto a nivel particular como en el sector en el que compiten. También es generalizada la percepción de que se podría usar más de lo que actualmente se está aplicando, pero tampoco esta potencialidad de uso alcanza unos valores destacables.

De las respuestas recibidas por parte de las empresas andaluzas se deduce que **hay un gran desconocimiento sobre qué es la IA**, en qué consisten las tecnologías asociadas a la IA y los beneficios que pueden suponer para los negocios. De hecho, esta falta de conocimiento en IA es una de las principales justificaciones para no haber implantado hasta ahora ninguna de las soluciones posibles.

Corroborar la importancia del conocimiento de las tecnologías IA el que **aquellas empresas que ya han implantado en sus procesos tecnologías de IA manifiestan un alto grado de satisfacción y resultados obtenidos**, así como una mayor intención de implantar nuevas tecnologías con respecto a las que no lo han hecho aún. De hecho, la encuesta pone de manifiesto que, a mayor grado de conocimiento de una tecnología, mayor intención de implantarla por parte de las empresas.



**la adopción de IA
presenta mayores
dificultades para
las PYMES”**

Por tanto, uno de los retos de todos los agentes del ecosistema empresarial es facilitar el conocimiento de casos de uso de la IA tanto a nivel sectorial como funcional en las empresas, usando formatos que permitan la interacción entre aquellas empresas con una avanzada implantación de la IA, las empresas interesadas en la adopción y especialistas en estas tecnologías.

En segundo lugar, el estudio indica que las **principales barreras** que manifiestan las empresas para la implantación de nuevas tecnologías basadas IA, además del comentado desconocimiento, son el **pequeño tamaño de las empresas y los costes económicos**, además de **no contar con personal especializado**. Si bien las empresas son optimistas en cuanto a contar con ayudas públicas y financiación procedente de proyectos de I+D para la implantación de la IA en un futuro, las que ya han abordado este despliegue apenas han contado con este tipo de recursos económicos, habiéndolo realizado sobre todo con fondos propios.

Como en otros ámbitos tecnológicos y de innovación, este diagnóstico pone de manifiesto que **la adopción de IA presenta mayores dificultades para las PYMES**. Las administraciones públicas deberían reflexionar sobre las herramientas que ponen a disposición de las empresas para facilitar la implantación de tecnologías IA, y su grado de efectividad, para que realmente ayuden a agilizar su adopción entre el tejido empresarial y sirvan de palanca al desarrollo de nuevos modelos de negocio.

Por otro lado, **el diseño e implantación de una oferta formativa asociada a la IA** en diferentes niveles educativos se hace imprescindible para desarrollar el talento y la fuerza laboral que las empresas necesitan incorporar de manera cada vez más inmediata.

En tercer lugar, esta encuesta no solo ha revelado el gran desconocimiento que tiene el tejido empresarial de las oportunidades que la IA ofrece para el desarrollo de los negocios, sino también de los recursos que están a su alcance y que ofrecen los diferentes agentes del ecosistema. Es destacable **la escasa visibilidad de los centros de investigación, empresas y clusters tecnológicos** que pueden aportar soluciones. En este sentido, están surgiendo iniciativas como el *hub* de innovación **“AIR Andalusia”** que intenta visibilizar y acercar a la PYME los recursos de IA y robótica que hay en Andalucía, y que a la luz de los datos de este estudio se manifiestan fundamentales **para que la empresa andaluza no pierda el tren de la inteligencia artificial**.

Junto a estas iniciativas, los agentes económicos y políticos deberían **facilitar la atracción de inversión especializada**, así como de corporaciones punteras en el desarrollo y uso de IA que, por un lado, colaboren con investigadores y universidades, y por otro, estimulen la iniciativa empresarial en este ámbito.

En definitiva, el papel que la IA está jugando en la innovación de las empresas, la transformación digital y en la optimización de productos, servicios y procesos tanto en sectores tecnológicos como tradicionales la está convirtiendo en un elemento necesario para la competitividad de las empresas y el desarrollo de nuevas oportunidades de negocio.

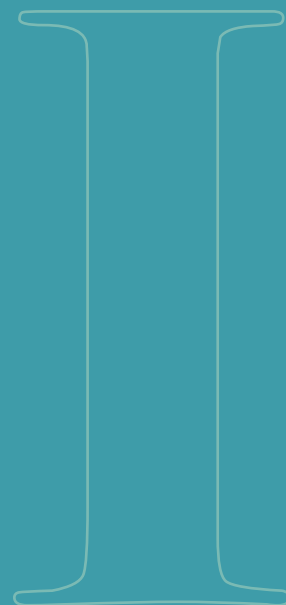
Con el objetivo de disminuir el desconocimiento de la IA, que se señala por parte de las empresas como una de las principales causas de su escasa implantación, en la segunda parte de este informe se describen brevemente las principales tecnologías relacionadas con la IA. En sucesivos apartados se exponen soluciones existentes en el mercado y que son susceptibles de un uso inmediato por las empresas andaluzas. Además, entre líneas se pueden extraer algunos retos o situaciones en las que se pudieran generar nuevas soluciones desde nuestro ecosistema IA.

Han sido casi 150 soluciones las que se han incluido en este informe, con aplicación en prácticamente todos los sectores y las diversas áreas funcionales o de negocio de la empresa. Muchas de ellas operan bajo el modelo SaaS, que supone un reducido coste de implantación. Otras soluciones son sistemas ampliamente implantados en el mercado y que requieren de una mínima adaptación. La gran mayoría son soluciones internacionales, incluso algunas surgidas en Andalucía, lo que permitiría en caso de ser adoptadas que las empresas andaluzas compitieran de igual a igual con el resto de negocios del mundo.



Hay un gran desconocimiento sobre qué es la IA y cómo puede aplicarse en la PYME”





PARTE I

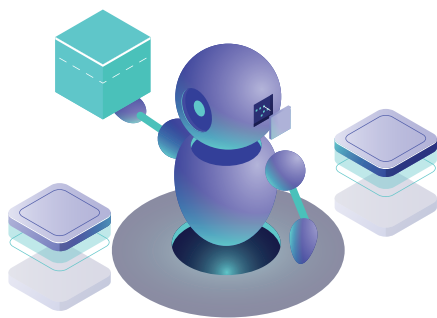
Encuesta sobre el uso de la inteligencia artificial
en las empresas de Andalucía



Resumen ejecutivo



El objetivo es detectar el nivel de conocimiento y uso de la IA por las PYMES andaluzas”



El propósito de esta encuesta es detectar el nivel de conocimiento y uso de la inteligencia artificial en las PYMES andaluzas, facilitando que desde la CEA se puedan detectar debilidades y fortalezas en el tejido empresarial andaluz frente a esta nueva revolución que se está iniciando en todo el mundo y a la que sin duda deben unirse las empresas andaluzas.

Para ello, se ha lanzado una encuesta online a la que han contestado mayoritariamente personas que tienen parte activa en la toma de decisiones tecnológicas en las empresas, siendo la mitad de estas corporaciones de menos de 10 empleados y con menos de 1 millón de euros de facturación.

Se enumeran a continuación los principales datos extraídos de la muestra:

NIVEL DE USO ACTUAL DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES BÁSICAS

- El 87% de las empresas tiene página web, y el 53% usan redes sociales. El nivel de digitalización de los procesos de la empresa es escaso, disponiendo en torno a un tercio de ellas de CRM (31.9%) o ERP (36%). El almacenamiento en la nube es algo bastante extendido y lo usan el 70% de las empresas.
- Destaca el alto uso de ERPs en la Industria (59%), y el bajo nivel de uso de almacenamiento en la nube de Hostelería (43%) con respecto al resto de sectores. En general, el sector del Transporte y Almacenamiento es el que manifiesta una menor digitalización.

GRADO DE CONOCIMIENTO DE LAS TECNOLOGÍAS BASADAS EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

- La tecnología basada en IA con menor conocimiento por parte de las empresas andaluza es el gemelo digital, destacando que más del 50% no conocía el término, y solo el 15% sabría explicar cómo funciona. En el caso del procesamiento del lenguaje natural, el 55% de los encuestados o no conocía el término, o no saben a qué se refiere.
- Por el contrario, las tecnologías que los encuestados afirman conocer mejor son el Internet de las cosas (*IoT*), la realidad virtual, la realidad aumentada y el *big data*. En el caso del *IoT*, el 43% sabrían explicar su funcionamiento, lo que ocurre en un 42% para la realidad virtual, un 37% en el caso de la realidad aumentada, y un 35% si se les pregunta por *big data*.



Las tecnologías con mayor implantación son los sistemas de ciberseguridad, el *big data* y el IoT”



GRADO DE USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

- En general, las empresas encuestadas perciben que en su sector se usan las tecnologías de inteligencia artificial más de lo que hacen ellas. Esto es especialmente reseñable en el sector de Banca y Seguros, y en el Comercio.
- Es de destacar que el tramo de empresas que menos aplican la IA se encuentra entre las que facturan menos de 1 millón de euros, donde solo lo hacen una de cada tres.
- Pese a que no hay una tecnología cuya adopción sea significativamente superior en el conjunto de las empresas andaluzas, las que tienen mayor presencia son los sistemas de ciberseguridad, el *big data* y el Internet de las cosas.
- Las empresas de Transporte y Almacenamiento, Comercio y Construcción son las que menos implantan de tecnologías IA, incluso indican la poca aplicabilidad de estas a su sector. Por el contrario, los sectores Información y Telecomunicaciones, Hostelería y Banca y Seguros son los que tienen un mayor grado de implantación de estas tecnologías.
- Con respecto al nivel de madurez, las tecnologías más asentadas son el Internet de las cosas y los sistemas de ciberseguridad, que son precisamente las que se empezaron a implantar hace más tiempo (2014-2015). Por el contrario, las tecnologías más novedosas como el gemelo digital (2020), o la *blockchain* (2019) tienen un grado de implantación habitualmente en piloto.

FORMA DE IMPLANTACIÓN DE LA IA

- Las empresas han implantado las tecnologías IA principalmente con personal propio (75%) y alrededor de 1 de cada 4 ha externalizado parte del trabajo o ha colaborado con otras empresas.
- La financiación ha venido primordialmente de fondos propios de la empresa, lo que afirman el 88% de las encuestadas. El 25% de las empresas afirman haber recibido ayudas y subvenciones públicas para ello, y el 14% manifiestan haber estado involucradas en proyectos de I+D para la implantación.

ÁMBITO DE APLICACIÓN E IMPACTO DE LA IA EN LAS EMPRESAS

- El 60% de las empresas que han implantado tecnologías IA afirman que han sido aplicadas en el Marketing y Ventas, y en torno al 45% afirman que lo han sido en Administración y Gestión, así como en el Diseño y Fabricación del Producto y Servicios.



A mayor grado de conocimiento sobre IA, mayor intención de implantar a corto plazo”

- Las empresas con más empleados reportan en general una mayor aplicación de la IA en los diferentes aspectos de la empresa, mientras que todas indican una escasa aplicación en el transporte y la logística.
- Destaca sobre manera el impacto de la IA que reportan las empresas en sus diferentes resultados del negocio, indicando “mucho” o “bastante” impacto más del 60% de los encuestados en todos los parámetros, salvo en el de la internacionalización, que es el resultado menos influido por la aplicación de la IA. En concreto, afirman que ha impactado “mucho” en la innovación de productos y servicios el 46% de los encuestados.
- Se aprecia un menor impacto de la IA en todo lo que tiene que ver con resultados económicos y de crecimiento de la empresa.

USO FUTURO DE LA IA EN LA EMPRESA

- Un 55% de las empresas que ya tienen alguna tecnología IA implantada, tienen previsión de introducir nuevas tecnologías IA a corto plazo. Este porcentaje desciende al 33% en aquellas que no tienen en este momento ningún proceso con intervención de IA.
- Los principales factores por los que no han implantado antes esas tecnologías son el coste económico, el desconocimiento de la IA, así como la pequeña dimensión de la empresa. En concreto, el 56% indican que el coste económico ha influido “bastante” o “mucho”, el 58% el desconocimiento sobre IA y su impacto en la empresa y hasta un 65% el tamaño de la empresa.
- Se ha encontrado que existe una correlación positiva entre el grado de conocimiento de las tecnologías IA y la previsión de implantarlas a corto plazo en la empresa.
- Las tecnologías que más están pensando implantar las empresas que se están planteando usar alguna a corto plazo son el *big data* (39%) y los sistemas predictivos (31%).
- Las áreas en las que tienen previsto hacerlo son marketing y ventas (67%), administración y gestión (60%), fabricación de productos o prestación de servicios (47%) y diseño de productos y servicios (45%).
- Un 60% de las empresas se plantea la implantación de la IA con personal propio, un 51% externalizándolo con consultoría y un 36% a través de acuerdos de colaboración con otras empresas. Tan solo el 23% lo hará adquiriendo licencias.
- En cuanto a la financiación, un 88% de las empresas indican que lo harán con fondos propios, una 61% con ayudas pública y un 28% con proyectos de I+D.

“Las empresas desconocen, en general, el ecosistema IA andaluz”

- En términos generales hay unas buenas expectativas sobre el impacto que estas tecnologías tendrán en el desempeño de las empresas. Es destacable que en torno a un 80% de las empresas esperan su impacto sea “bastante” o “mucho” en la eficiencia e innovación de los procesos, seguido de la adaptación a las necesidades de los clientes y su satisfacción. Por el contrario, el impacto menos esperado es relativo al acceso a mercados internacionales, que no llega al 40% de los casos.

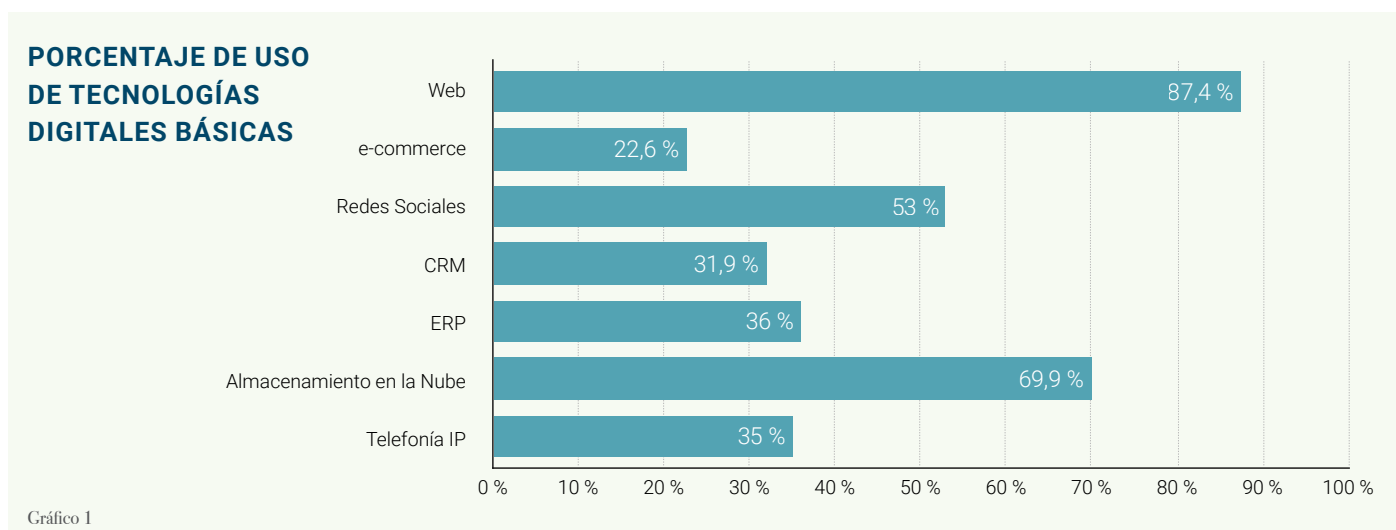
CONOCIMIENTO DEL ECOSISTEMA IA EN ANDALUCÍA

- En términos generales, no hay un gran conocimiento del ecosistema andaluz de IA. De hecho, el desconocimiento absoluto oscila entre el 20% de los encuestados que “no saben” sobre la existencia oferta formativa en IA y el 31% que “no saben” de la existencia de *clusters* y *hubs* de innovación en IA o de inversores especializados en el ámbito.
- Los aspectos del ecosistema que más respuestas “bastante” y “mucho” reciben cuando se ha preguntado sobre la existencia en Andalucía de estos elementos han sido la variedad de software y aplicaciones basadas en IA, y los centros de investigación en IA (en torno al 25%).
- Por provincias, destaca percepción más positiva de capital humano formado o con experiencia en IA en Cádiz, Málaga y Sevilla; la existencia de subvenciones y políticas públicas para la implantación en Málaga y Granada; y la variedad de oferta formativa especializada en Jaén, Granada y Málaga.



1. NIVEL DE USO ACTUAL DE TECNOLOGÍAS DIGITALES E IA

En un primer lugar, se ha preguntado a las empresas por el nivel de uso de tecnologías digitales básicas. Según se aprecia en el gráfico 1, **aún hay un 12.6% de empresas que no disponen de página web, y poco más de la mitad utilizan redes sociales** (Twitter, Facebook, Whatsapp o Instagram, por ejemplo). El almacenamiento en la nube es una herramienta muy común, en cualquiera de las alternativas disponibles en el mercado (Google Drive, Dropbox, Microsoft OneDrive, iCloud, etc.) pero tan sólo usan sistemas de gestión digital de la empresa (CRMs o ERPs) en torno a una de cada tres de las empresas participantes.



Si se desglosan los datos por sectores de actividad económica, en el gráfico 2 se aprecia que hay sectores con una menor digitalización básica, como es el caso del transporte y almacenamiento, o el de la construcción. En la tabla 1 puede verse con más detalle el grado de aplicación de las diferentes tecnologías en cada uno de los sectores de actividad.



COMPARATIVA DE USO DE
TECNOLOGÍAS DIGITALES
BÁSICAS POR SECTOR
SEGÚN LAS RESPUESTAS
OBTENIDAS

- Web
- e-commerce
- Redes Sociales
- CRM
- ERP
- Almacenamiento en la Nube
- Telefonía IP

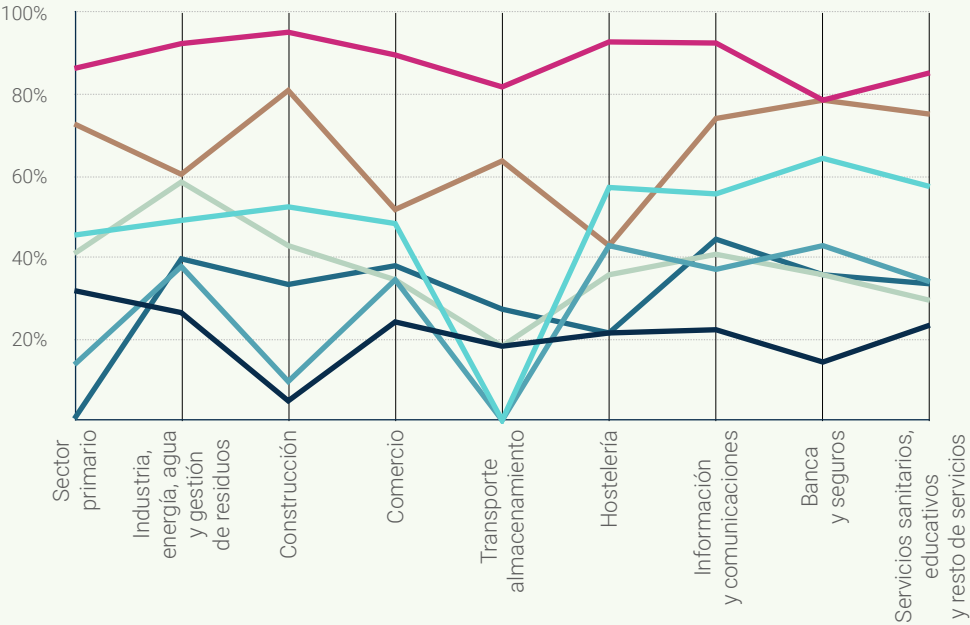


Gráfico 2

PORCENTAJE DE LOS
ENCUESTADOS QUE HACEN USO
DE TECNOLOGÍAS DIGITALES
BÁSICAS DESGLOSADO POR
SECTORES DE ACTIVIDAD

	Web	e-commerce	RRSS	CRM	ERP	Nube	voIP
Sector primario	86,4%	31,8%	45,5%	13,6%	40,9%	72,7%	36,4%
Industria, energía, agua y gestión de residuos	92,5%	26,4%	49,1%	37,7%	58,5%	60,4%	39,6%
Construcción	95,2%	4,8%	52,4%	9,5%	42,9%	81,0%	33,3%
Comercio	89,7%	24,1%	48,3%	34,5%	34,5%	51,7%	37,9%
Transporte y almacenamiento	81,8%	18,2%	0,0%*	0,0%*	18,2%	63,6%	27,3%
Hostelería	92,9%	21,4%	57,1%	42,9%	35,7%	42,9%	21,4%
Información y comunicaciones	92,6%	22,2%	55,6%	37,0%	40,7%	74,1%	44,4%
Banca y seguros	78,6%	14,3%	64,3%	42,9%	35,7%	78,6%	35,7%
Servicios sanitarios, educativos y resto	85,3%	23,4%	57,4%	34,0%	29,4%	75,1%	33,5%

Tabla 1
* Valor debido al bajo tamaño muestral

Puede apreciarse, por ejemplo, el alto uso relativo de tiendas online en el sector primario. Así mismo, es destacable el alto uso de ERPs en el sector de la industria y la construcción, y los niveles relativamente bajos en general de digitalización del sector de transporte y almacenamiento. La hostelería es el sector que menos almacenamiento en la nube declara usar.



2. GRADO DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍAS IA

Para tener una aproximación del grado de conocimiento de diversas tecnologías de la IA y otras tecnologías relacionadas, se ha preguntado a los encuestados que indiquen cuáles de los siguientes niveles se corresponden para cada una de ellas:

Las tecnologías más desconocidas son el gemelo digital, el procesamiento del lenguaje natural y el deep learning

1. No conocía el término.
2. Conozco el término, pero no sé a qué se refiere.
3. Conozco el término y lo que significa.
4. Sabría explicar cómo funciona.
5. Soy un/a experto/a en el tema.

La distribución de las respuestas obtenidas se muestra en el gráfico 3, donde visualmente se resalta el relativamente alto número de expertos en *IoT* (8% de los encuestados) y el gran desconocimiento de conceptos como “gemelo digital”, “procesamiento del lenguaje natural” o “*deep learning* / redes neuronales”, que supera el 50% de personas que no saben qué significa.

RESPUESTAS AL GRADO DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍAS IA

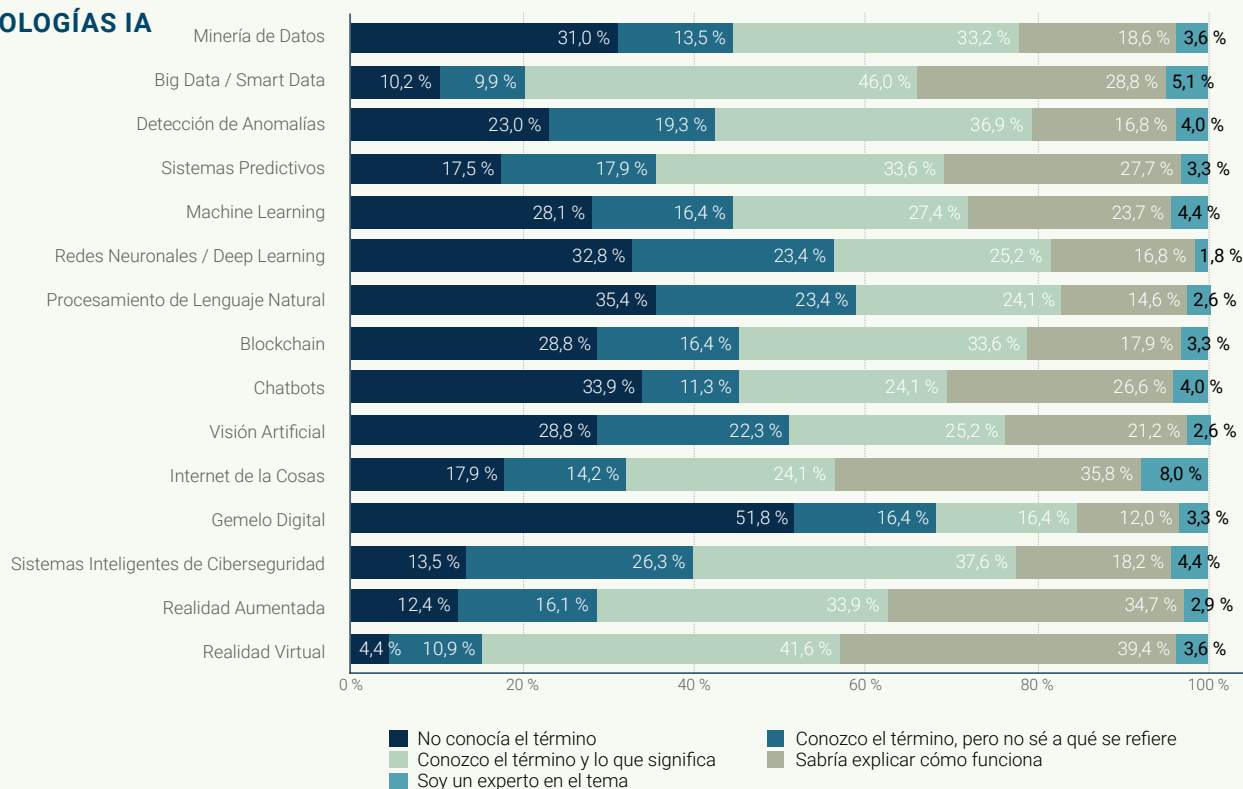


Gráfico 3

Las tecnologías más conocidas son el *big data*, la realidad virtual, realidad aumentada y el Internet de las cosas

Hemos valorado numéricamente las respuestas, ponderando el grado de conocimiento de 1 a 5 según la escala indicada anteriormente. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 2, y en base a ello podemos afirmar que los responsables de las empresas participantes saben qué significan (valor ≥ 3) los términos “*big data*”, “sistemas predictivos”, “Internet de las cosas” y “realidad aumentada” y “realidad virtual”, y podríamos decir que les suena el término otros aspectos como “sistemas predictivos”, “detección de anomalías”, “*block-chain*”, “chatbots” o “ciberseguridad”

VALORACIÓN NUMÉRICA DEL GRADO DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍAS IA

	General	Con capacidad de decisión tecnológica	Sin capacidad de decisión tecnológica
Gemelo Digital	1,99	1,99	1,98
Procesamiento del Lenguaje Natural	2,26	2,29	2,09
Redes Neuronales / Deep Learning	2,31	2,37	2,02
Visión Artificial	2,46	2,52	2,19
Minería de Datos	2,50	2,52	2,42
Blockchain	2,50	2,52	2,44
Chatbots	2,55	2,58	2,44
Detección de Anomalías	2,59	2,63	2,42
Machine Learning	2,60	2,62	2,49
Sistemas Inteligentes de Ciberseguridad	2,74	2,78	2,51
Sistemas Predictivos	2,81	2,85	2,60
Realidad Aumentada	3,00	3,03	2,84
Internet de la Cosas	3,02	3,08	2,70
Big Data / Smart Data	3,09	3,13	2,86
Realidad Virtual	3,27	3,27	3,26

Tabla 2

También se ha analizado si el grado de conocimiento declarado de las tecnologías IA varía en función de si la persona tiene responsabilidad en la toma de decisiones relativas a la adopción de tecnologías en la empresa o no. En este caso, las personas que no tienen responsabilidad técnica apenas conocen el término “realidad virtual”, en la misma medida que el resto de encuestados, pero en el resto de los términos manifiestan un mayor desconocimiento, como era de esperar. Se representa visualmente en el gráfico 4.

NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS IA

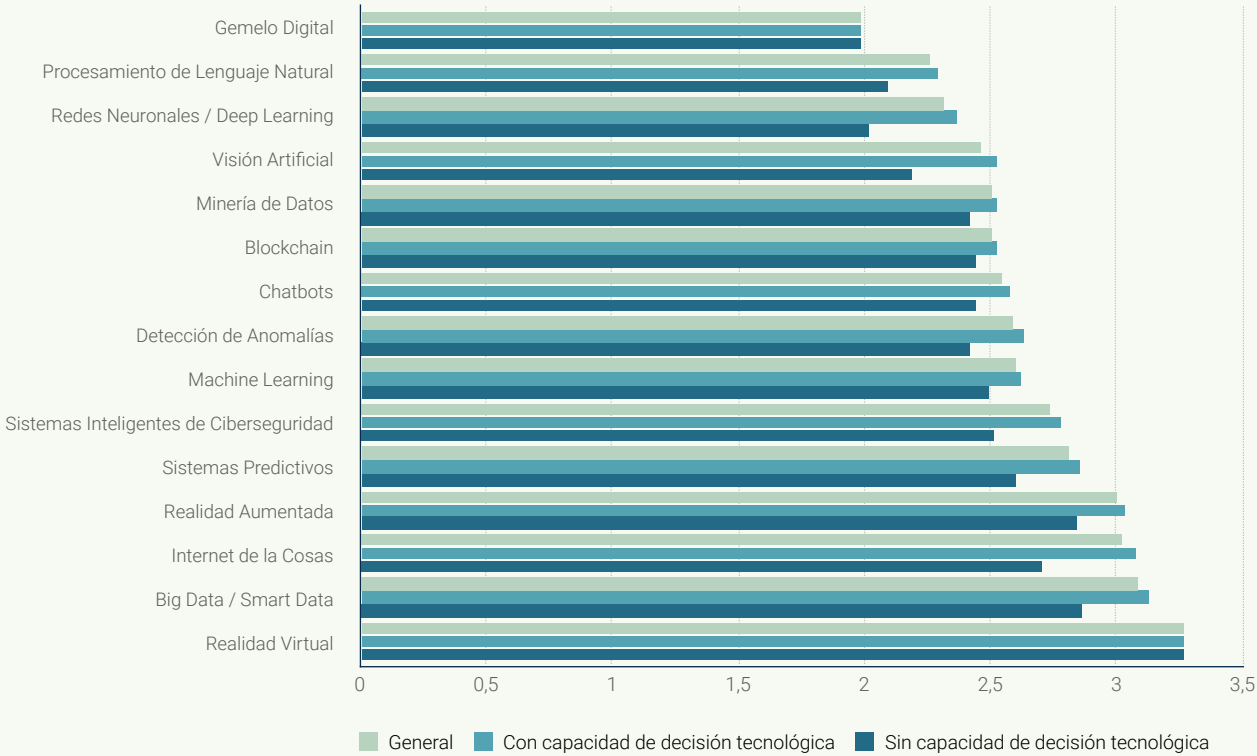
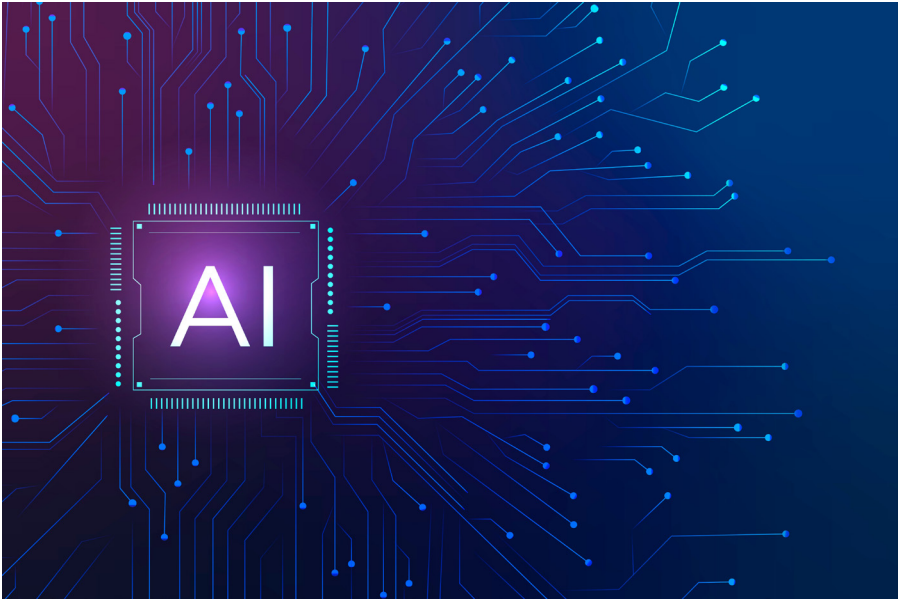


Gráfico 4



3. GRADO DE USO Y POTENCIAL DE USO EN EL SECTOR Y EN LA EMPRESA

En este apartado se muestra el nivel de uso y el potencial de uso (en caso de no usarse) de las diversas tecnologías de IA y otras tecnologías asociadas, tanto en el sector como en la propia empresa. En primer lugar, se presenta la valoración global del nivel de uso de la IA tanto en la empresa participante como para el resto de las empresas de su sector (gráfico 5).

NIVEL DE USO DE CADA TECNOLOGÍA EN EL GLOBAL DE LA MUESTRA

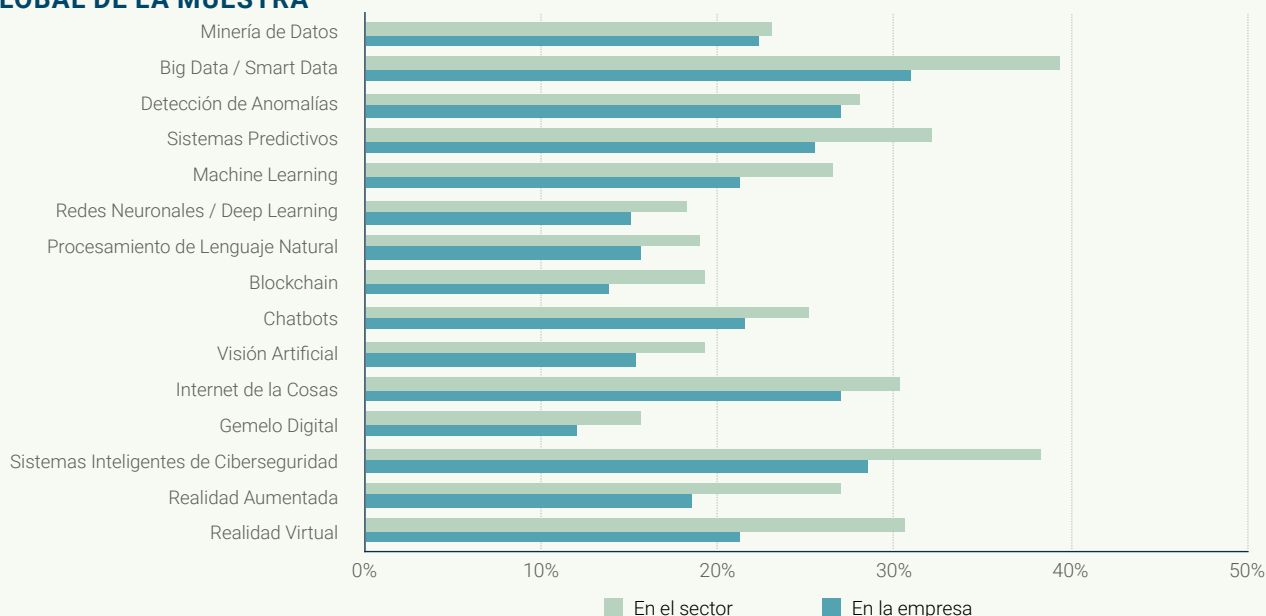


Gráfico 5

Las empresas con un menor volumen de facturación tienen menos implantadas las tecnologías asociadas a la IA, siendo las empresas que facturan entre 1 y 2 millones de euros las que aplican en mayor proporción la IA, según se muestra en el gráfico 6.

GRÁFICO 6. IMPLANTACIÓN DE IA SEGÚN VOLUMEN FACTURACIÓN

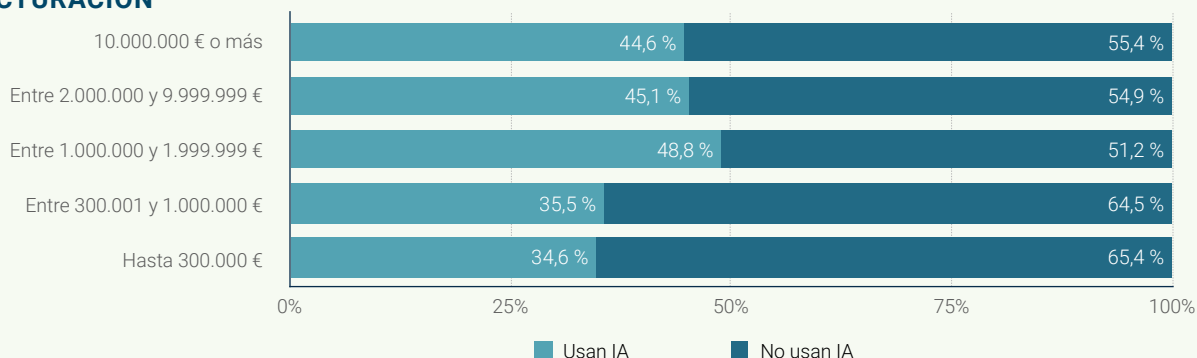


Gráfico 6

En la tabla 3 se muestra sintéticamente los resultados de las preguntas relativas al grado de adopción de las diferentes tecnologías relacionadas con la IA a nivel de sector en general (parte superior) y en las propias las empresas participantes en la encuesta (parte inferior).

GRADO DE USO DE LAS TECNOLOGÍAS IA POR SECTOR Y EN LA EMPRESA ANDALUZA

EN EL SECTOR		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
Sector primario		1,64	2,14	1,92	1,86	1,92	1,82	1,58	1,69	1,77	1,69	2,08	1,73	1,64	1,43	1,36	1,75
Industria, energía, agua y gestión de residuos		1,61	2,09	2,19	1,91	1,79	1,42	1,35	1,52	1,42	1,85	1,85	1,73	2,13	1,77	1,88	1,77
Construcción		1,22	1,38	2,00	2,00	1,33	1,00	1,13	1,22	1,22	1,40	1,89	1,50	1,73	1,82	1,82	1,51
Comercio		1,08	1,94	1,57	1,77	1,33	1,10	1,00	1,54	1,50	1,25	1,40	1,30	1,92	1,40	1,41	1,43
Transporte y almacenamiento		1,00	1,33	1,00	1,67	1,25	1,00	1,00	1,00	1,25	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,17
Hostelería		2,60	2,29	2,67	2,29	2,50	2,25	2,83	2,20	2,80	2,00	3,57	2,25	3,13	2,50	2,25	2,54
Información y comunicaciones		2,88	3,05	2,29	2,71	2,39	2,19	2,56	1,89	2,79	1,80	2,53	1,64	3,06	2,32	2,35	2,43
Banca y seguros		3,00	3,33	3,20	3,33	3,17	2,83	2,80	3,17	3,33	2,80	3,00	1,60	3,67	1,60	1,83	2,84
Servicios sanitarios, educativos y resto de servicios		1,97	2,45	2,13	2,20	2,10	1,83	1,80	1,74	2,06	1,76	2,23	1,67	2,38	1,88	1,88	2,00
		1,89	2,22	2,11	2,19	1,98	1,71	1,78	1,78	2,02	1,73	2,17	1,60	2,40	1,75	1,75	
EN LA EMPRESA		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
Sector primario		1,75	1,93	1,79	1,93	2,00	1,91	1,58	1,67	1,54	1,54	1,92	1,64	1,29	1,43	1,36	1,68
Industria, energía, agua y gestión de residuos		1,40	1,85	1,87	1,82	1,71	1,42	1,36	1,45	1,46	1,63	1,97	1,63	1,97	1,50	1,63	1,64
Construcción		1,22	1,17	1,80	1,42	1,30	1,00	1,00	1,22	1,22	1,36	1,70	1,50	1,50	1,58	1,67	1,38
Comercio		1,08	1,06	1,00	1,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,31	1,00	1,07	1,00	1,63	1,07	1,07	1,09
Transporte y almacenamiento		1,00	1,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,33	1,00	1,00	1,11
Hostelería		2,40	2,50	2,67	2,29	2,67	2,40	3,00	2,40	2,40	2,40	3,00	3,00	2,83	2,00	2,13	2,54
Información y comunicaciones		2,78	2,90	2,20	2,69	2,56	2,00	2,41	1,75	2,32	1,78	2,89	1,40	2,82	1,84	2,00	2,29
Banca y seguros		1,75	2,00	2,20	1,50	1,50	1,50	2,00	1,50	1,50	1,50	2,00	1,50	3,60	1,50	1,50	1,80
Servicios sanitarios, educativos y resto de servicios		1,77	2,06	1,92	1,85	1,75	1,55	1,57	1,49	1,77	1,54	1,99	1,41	2,03	1,62	1,69	1,73
		1,68	1,87	1,83	1,73	1,72	1,53	1,66	1,50	1,61	1,53	1,95	1,56	2,22	1,50	1,56	

1 2 3 4 5
No se usa Se usa muy poco Se usa algo Se usa bastante Se usa mucho

Tabla 3

(1) Minería de Datos; (2) Big Data / Smart Data; (3) Detección de Anomalías; (4) Sistemas Predictivos; (5) Machine Learning; (6) Redes Neuronales / Deep Learning; (7) Procesamiento de Lenguaje Natural; (8) Blockchain; (9) Chatbots; (10) Visión Artificial; (11) Internet de la Cosas; (12) Gemelo Digital; (13) Sistemas Inteligentes de Ciberseguridad; (14) Realidad Aumentada; (15) Realidad Virtual

El nivel de uso percibido en el conjunto del sector de las tecnologías IA es dispar según el sector económico como se muestra en la parte superior de la tabla 3. Las empresas encuestadas han respondido sobre el grado de uso de la tecnología en el sector en el que están ubicadas. Observando los valores medios por sector, se aprecia que el grado percibido de uso de las tecnologías IA se encuentra entre “no se usa” y “se usa muy poco” en el sector primario (1,75), el secundario (1,77), la construcción (1,51), el comercio (1,43) y el transporte y almacenamiento (1,17). Por el contrario, el resto de los sectores se sitúan entre “se usa muy poco” (2) y “se usa algo” (3). Los espacios sin valor numé-

rico corresponden con tecnologías y sectores donde todos los encuestados contestaron “no sabe”. Realizando el mismo análisis por tecnologías, se puede observar que las empresas consideran, en media, que la ciberseguridad (2,4), el *big data* (2,22), los sistemas predictivos (2,19) y el Internet de las cosas (2,17) tienen una implantación relativa algo mayor a nivel sectorial, si bien, como se indicaba, ninguna tecnología supera el valor 3 que representa que “se usa algo”.

En relación con el grado de uso de las tecnologías IA por las propias empresas encuestadas, los valores medios de las empresas de hostelería, TIC, y banca y seguros indican que se usan en general gran parte de las tecnologías, con valores entre 2 (“se usa muy poco”) y 3 (“se usa algo”) en la mayoría de los casos. En el punto opuesto se encontrarían las empresas de los sectores de construcción, el comercio y el transporte y almacenamiento, que se declaran con menos implantación de tecnologías IA. En cuanto al análisis por tecnología, como pasaba a nivel sectorial, la ciberseguridad presenta el valor medio más alto de uso (2,22) y le sigue el Internet de las cosas con una valoración media de uso de 1,95.

Comparando la parte superior relativa al sector en general, y la inferior referida a la empresa, sí se puede inferir de las respuestas que **las empresas en general utilizan las tecnologías IA menos de lo que consideran que se usa en su sector**, siendo notable la diferencia en banca y seguros.

Considerando que hay empresas que no han indicado el uso de muchas de las tecnologías IA sugeridas en la encuesta, se les ha preguntado en ese caso, por el grado de uso potencial de las mismas a nivel sectorial (parte superior) y a nivel de empresa (parte inferior), mostrándose los resultados en la tabla 4. De las valoraciones extraemos que **las tecnologías con más uso potencial en los sectores y en la empresa (parte inferior) son los sistemas de ciberseguridad, el *big data* y los sistemas predictivos y el Internet de las cosas**. Por el contrario, las tecnologías con menor aplicabilidad según las respuestas obtenidas serían el gemelo digital, la minería de datos y el *deep learning*.

En cuanto distribución sectorial, las empresas de transporte y almacenamiento y las de hostelería son las que manifiestan una menor aplicabilidad de las tecnologías IA tanto en el sector como en la empresa. Esto contrasta con las respuestas generales de uso en hostelería, que manifiestan un alto grado de uso tanto en el sector y en la propia empresa que se mostraban en la tabla 3. Una explicación plausible es que, por un lado, estarían las empresas hoteleras, que sí hacen un uso intensivo de datos y predicciones y podrían haber contestado en mayor medida que las usan, y por otro lado, la restauración, donde la aplicabilidad es más limitada, y sus respuestas hayan quedado reflejadas en esta tabla 4.



POTENCIALIDAD DE USO DE LAS TECNOLOGÍAS IA POR SECTOR Y EMPRESA, SEGÚN MANIFIESTAN AQUELLAS EMPRESAS QUE CONSIDERAN QUE NO SE USA EN SU SECTOR O NO LAS USAN

EN EL SECTOR		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
Sector primario		2,75	2,88	3,25	3,13	3,13	3,00	2,78	2,75	3,11	2,75	2,83	2,00	3,40	3,18	3,18	2,94
Industria, energía, agua y gestión de residuos		2,16	3,27	3,31	3,47	2,56	2,61	2,56	2,75	2,38	3,18	3,53	3,00	3,71	2,71	2,95	2,94
Construcción		2,63	2,70	2,43	2,86	3,00	2,75	2,86	2,25	2,38	2,75	3,17	2,43	3,43	2,50	2,75	2,72
Comercio		2,55	2,56	2,60	3,33	2,60	2,33	2,00	2,70	2,78	2,45	3,25	2,22	2,63	2,82	2,33	2,61
Transporte y almacenamiento		1,50	2,00	1,00	2,50	2,67	1,00	2,50	1,33	2,00	1,00	2,00	1,00	3,00	2,25	1,67	1,83
Hostelería		3,00	3,25	2,33	3,00	2,00	1,00	1,00	2,33	2,00	2,67	3,00	1,00	3,00	2,00	3,00	2,31
Información y comunicaciones		1,75	4,00	3,17	3,00	3,00	2,13	2,57	2,18	2,33	2,78	2,00	2,22	3,25	2,57	2,57	2,63
Banca y seguros		3,00	4,00	4,00	4,00	3,50	4,00	5,00	3,00	3,00	3,50	5,00	2,50	5,00	3,00	3,75	3,75
Servicios sanitarios, educativos y resto de servicios		2,57	3,13	3,15	3,17	2,91	2,62	2,71	2,79	2,89	2,68	3,18	2,44	3,16	2,75	2,77	2,86
		2,43	3,09	2,80	3,16	2,82	2,38	2,66	2,45	2,54	2,64	3,11	2,09	3,40	2,64	2,77	

EN LA EMPRESA		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
Sector primario		2,38	3,40	3,78	3,90	3,89	3,43	3,22	3,00	3,33	3,36	3,50	3,25	3,54	3,00	2,91	3,33
Industria, energía, agua y gestión de residuos		2,18	2,85	2,61	3,00	2,30	2,11	2,10	2,39	1,67	2,63	2,56	2,53	3,52	2,45	2,77	2,51
Construcción		2,25	3,36	2,57	3,00	2,78	2,56	3,00	2,50	2,63	3,11	3,50	2,43	3,13	3,10	3,33	2,88
Comercio		1,83	2,88	2,50	2,69	2,57	2,23	2,29	2,62	2,45	2,38	2,86	2,27	2,83	2,86	2,57	2,52
Transporte y almacenamiento		1,50	2,00	2,33	3,00	3,00	1,00	1,00	1,33	1,67	1,00	2,00	1,00	2,67	2,25	1,67	1,83
Hostelería		2,67	2,67	2,00	2,00	1,33	1,33	1,33	1,33	2,00	2,00	2,50	1,50	2,00	2,80	3,00	2,03
Información y comunicaciones		1,40	2,60	2,17	2,40	2,71	2,75	2,75	2,77	2,38	2,70	2,14	2,45	2,20	2,83	2,80	2,47
Banca y seguros		2,67	3,75	3,00	3,60	3,80	4,00	5,00	3,40	3,60	3,80	4,00	3,00	5,00	3,00	3,40	3,67
Servicios sanitarios, educativos y resto de servicios		2,41	3,15	2,91	3,10	3,02	2,69	2,63	2,67	2,86	2,66	2,97	2,65	3,38	2,86	2,82	2,85
		2,14	2,96	2,65	2,97	2,82	2,45	2,59	2,45	2,51	2,63	2,89	2,34	3,14	2,80	2,81	

1	2	3	4	5
No aplicable	Poco aplicable	Algo aplicable	Bastante aplicable	Muy aplicable

Tabla 4

(1) Minería de Datos; (2) Big Data / Smart Data; (3) Detección de Anomalías; (4) Sistemas Predictivos; (5) Machine Learning; (6) Redes Neuronales / Deep Learning; (7) Procesamiento de Lenguaje Natural; (8) Blockchain; (9) Chatbots; (10) Visión Artificial; (11) Internet de la Cosas; (12) Gemelo Digital; (13) Sistemas Inteligentes de Ciberseguridad; (14) Realidad Aumentada; (15) Realidad Virtual

Las empresas agrícolas y ganaderas manifiestan que sería entre “algo” y “bastante” aplicable la IA en sus negocios, sin embargo, no ven tanto su potencial para el sector en general.

Las empresas reconocen la aplicabilidad de la IA en su sector, pero no la han implantado aún

Teniendo en cuenta los datos mostrados en las tablas 3 y 4 sobre el uso de las tecnologías y su potencial de uso, respectivamente, tanto a nivel de sector como a nivel de empresa, los resultados muestran, en general, una percepción de que **el sector en su conjunto hace un mayor uso de las tecnologías IA (o tiene más potencial de uso) que su propia empresa**, salvo en el caso de las empresas de agricultura y ganadería, que en general consideran que hacen un mayor uso de la IA que la competencia. En el caso de las empresas de banca y seguros, queda patente que las propias encuestadas reconocen que se encuentran claramente por detrás del uso de la IA con respecto a sus competidores, pues reconocen la aplicabilidad de estas tecnologías pero que no las usan en la actualidad.

4. IMPLANTACIÓN ACTUAL DE IA EN LAS EMPRESAS

Con el objeto de conocer en mayor profundidad cómo se ha abordado la implantación de las tecnologías IA en las empresas que manifestaron el uso de algunas de ellas, se plantearon diferentes preguntas sobre el grado de madurez, momento de adopción, forma de implantación, financiación, áreas de la empresa dónde se han implantado y el impacto que ha supuesto en el desempeño de la empresa.

NIVEL DE MADUREZ DE LAS TECNOLOGÍAS IA VS AÑO DE INICIO DE IMPLANTACIÓN

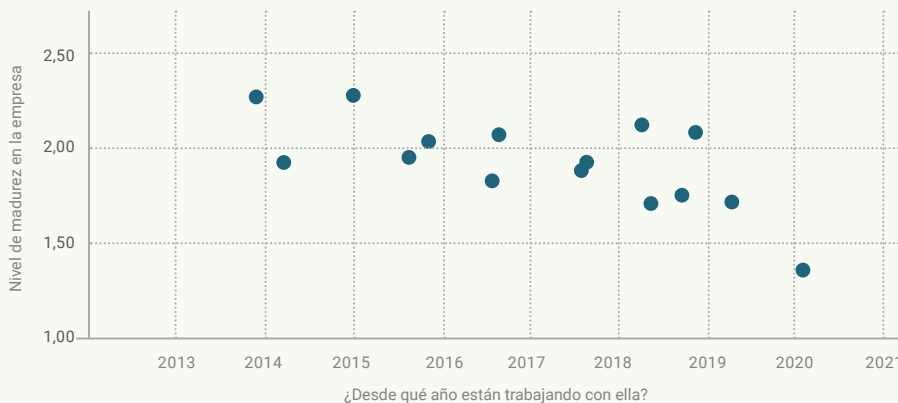


Gráfico 7

En primer lugar, se preguntó desde qué año están trabajando en ella y con qué nivel de madurez está su implantación (1: investigación; 2: piloto; 3: producción). El gráfico 7 muestra una relación positiva entre la fecha promedio de inicio de implantación de cada tecnología y el grado de adopción. Los detalles numéricos de cada tecnología se muestran en la tabla 5, siendo **las tecnologías IA con una implantación más consolidada** aquellas que comenzaron antes a ser introducidas en la empresa, como es el caso de **la ciberseguridad y el IoT**.

NIVEL DE IMPLANTACIÓN DE LAS DIVERSAS TECNOLOGÍAS IA EN LA EMPRESA

	Nivel medio	Año de implantación
Internet de la Cosas	2,29	2015
Sistemas Inteligentes de Ciberseguridad	2,28	2014
Machine Learning	2,13	2018
Chatbots	2,09	2019
Big Data / Smart Data	2,08	2017
Minería de Datos	2,04	2016
Sistemas Predictivos	1,96	2016
Detección de Anomalías	1,93	2014
Procesamiento de Lenguaje Natural	1,93	2018
Realidad Virtual	1,89	2018
Visión Artificial	1,83	2017
Realidad Aumentada	1,76	2019
Blockchain	1,72	2019
Redes Neuronales / Deep Learning	1,71	2018
Gemelo Digital	1,36	2020

Tabla 5

Las empresas tardan más en implantar de forma completa sistemas de visión artificial y de detección de anomalías

Las tecnologías en las que parece que las empresas tardan más en alcanzar un nivel de producción son “detección de anomalías” y “visión artificial”, que se están implantando desde 2014 y 2017 respectivamente y no alcanzan nivel promedio “piloto”. Ello puede ser debido a que son tecnologías para las que apenas hay soluciones de implantación directa, sino que requieren un desarrollo a medida. Por otro lado, en el caso de los chatbots (2019) y el *machine learning* (2018) parece que resulta más directa su implantación, pues se encuentran en un nivel medio entre piloto y en producción en cuatro años de trayectoria media. El concepto de gemelo digital, por su novedad, está en fases de investigación en la mayoría de los casos, mientras que el resto de las tecnologías se encuentran en una fase de pilotos avanzados o en producción en la mayoría de los casos.

En cuanto a la forma de implantación, casi **tres de cada cuatro de las empresas encuestadas utilizaron personal propio de la empresa**, y una de cada tres mediante la colaboración con otras empresas, como se muestra en el gráfico 8.

¿CÓMO SE HA IMPLANTADO O ESTÁ IMPLANTANDO ESTA TECNOLOGÍA EN SU EMPRESA?

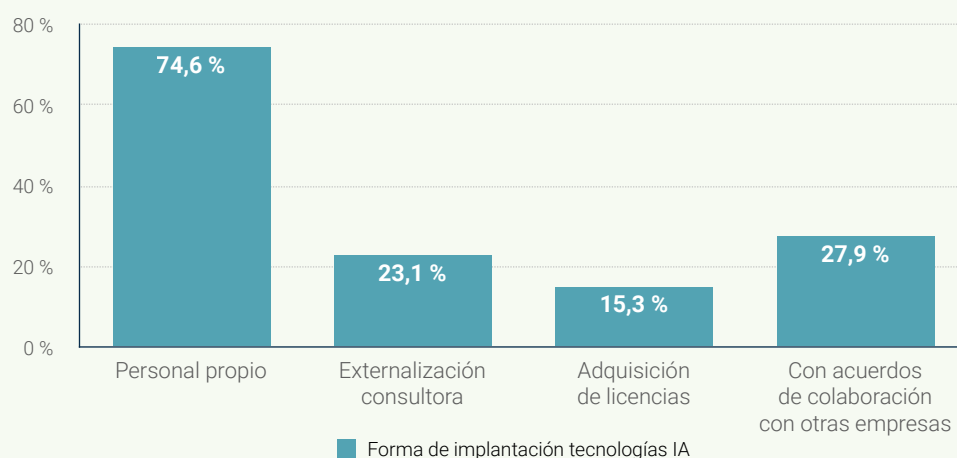


Gráfico 8

Los chatbots y las herramientas de *machine learning* se implantan de forma más rápida

Entrando en el detalle por tecnología, podemos ver en la Tabla 6, que la distribución es relativamente homogénea entre todas ellas, si bien **las tecnologías con mayor externalización para su implantación son la realidad aumentada, la realidad virtual y los sistemas de ciberseguridad**. Es posible que esto sea debido al menor número de profesionales especializados en estos temas tan específicos, ya que apenas hay oferta formativa de posgrado en estas tecnologías. Por otro lado, el hecho de que las librerías de *deep learning* sean de código abierto explicaría que el uso de licencias sea simbólico, así como en el procesamiento del lenguaje natural. Sin embargo, es relativamente alto el número de empresas que aplican sistemas inteligentes de ciberseguridad mediante adquisición de licencias, posiblemente debido a que la mayoría de los sistemas son privativos.

FORMA DE IMPLANTACIÓN POR TECNOLOGÍA

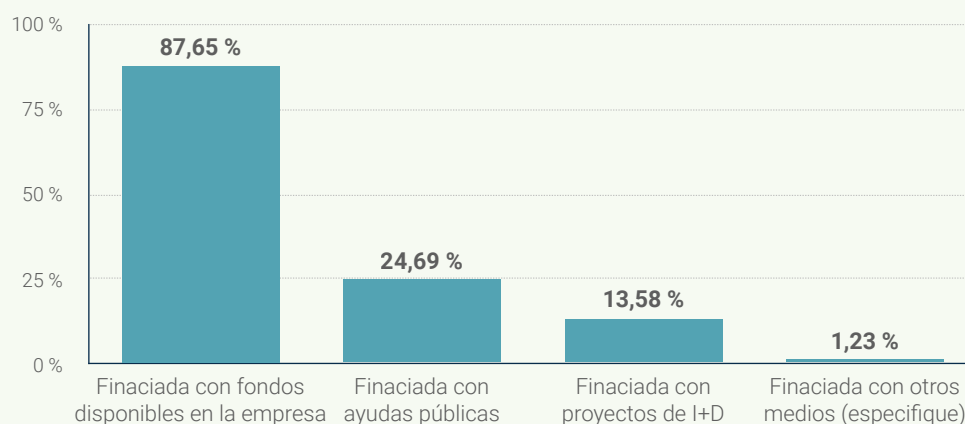
Tabla 6

	Personal propio	Externalización consultora	Adquisición de licencias	Colaboración con empresas
Internet de la Cosas	78,6%	17,9%	26,8%	21,4%
Ciberseguridad	67,2%	31,0%	34,5%	22,4%
Machine Learning	77,5%	20,0%	15,0%	35,0%
Chatbots	67,4%	18,6%	11,6%	34,9%
Big / Smart Data	72,3%	24,6%	15,4%	24,6%
Minería de Datos	71,7%	28,3%	17,0%	22,6%
Sistemas Predictivos	79,6%	20,4%	12,2%	28,6%
Detección de Anomalías	77,8%	18,5%	3,7%	24,1%
Proces. de Lenguaje Natural	63,0%	25,9%	18,5%	25,9%
Realidad Virtual	75,7%	32,4%	16,2%	18,9%
Visión Artificial	80,0%	20,0%	16,7%	30,0%
Realidad Aumentada	75,8%	33,3%	12,1%	21,2%
Blockchain	68,0%	20,0%	12,0%	36,0%
Deep Learning	82,1%	21,4%	3,6%	35,7%
Gemelo Digital	81,8%	13,6%	13,6%	36,4%
Internet de la Cosas	71,4%	22,5%	15,9%	31,7%

Otro de los aspectos tratados ha sido el cómo las empresas han financiado los proyectos de implantación de las diversas tecnologías IA, mostrado en el gráfico 9, resultando que prácticamente todas han usado fondos propios. **Tan sólo una de cada cuatro empresas ha recibido ayudas públicas para la implantación de la IA**, en forma de subvenciones o préstamos públicos, mientras que un 13% han utilizado proyectos de I+D para los desarrollos.

¿CÓMO HAN FINANCIADO LAS EMPRESAS SUS INVERSIONES EN IA?

Gráfico 9

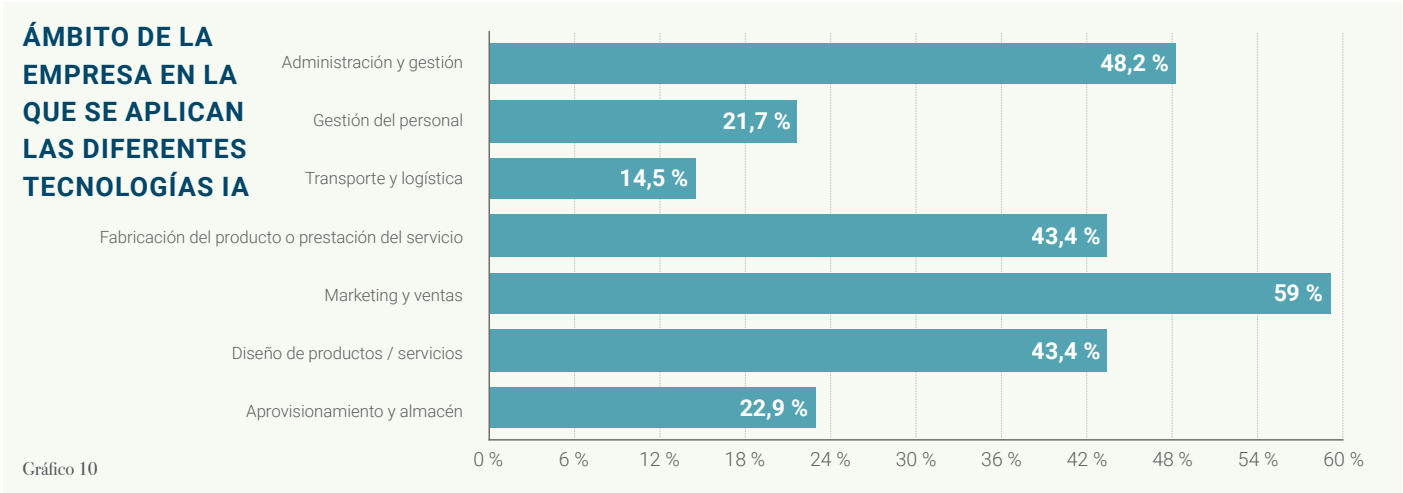


La IA está siendo aplicada principalmente a las áreas de Marketing y Ventas, y al diseño y fabricación de productos y servicios.

En lo que respecta a los ámbitos del negocio en los que están aplicando las tecnologías IA, en el gráfico 10 destaca sobremanera su uso en las áreas de marketing y ventas, y en menor medida en el diseño, y fabricación de los productos y servicios. También casi la mitad de las empresas aplican la IA a tareas de gestión y administración, y mucho menos en funciones de aprovisionamiento y almacén, transporte y logística o en gestión de personal.

Si se analiza el área donde se usa la IA en las empresas en función del número de empleados, mostrado en la Tabla 7, podemos ver como es de esperar, una mayor aplicación en diferentes áreas a mayor tamaño de la empresa. Esto es más evidente en las áreas de aprovisionamiento y en transporte y logística, cuya implantación no es de las más elevadas, pero aumenta cuantos más empleados hay. El uso de la IA es superior en empresas de más de 250 empleados,

y también en las áreas de fabricación y prestación de servicios (80%). Por otro lado, el uso en las áreas de marketing y ventas es mayor en empresas de tamaño mediano. Es destacable el uso de la IA en las áreas de diseño de productos y servicios en las empresas de entre 6 y 9 trabajadores.



ÁREA DE APLICACIÓN DE LA IA EN LAS EMPRESAS SEGÚN SU TAMAÑO

	Aprovevisionamiento	Diseño de productos / servicios	Marketing y ventas	Fabricación / prestación servicio	Transporte y logística	Gestión RRHH	Admon. y gestión
Sin empleados	0%	17%	17%	33%	0%	33%	33%
Entre 1 y 5	21%	21%	29%	21%	8%	8%	21%
Entre 6 y 9	0%	63%	50%	38%	0%	13%	50%
Entre 10 y 49	25%	29%	67%	38%	13%	29%	54%
Entre 50 y 249	42%	42%	58%	42%	17%	17%	42%
250 o más	70%	60%	50%	80%	40%	40%	50%

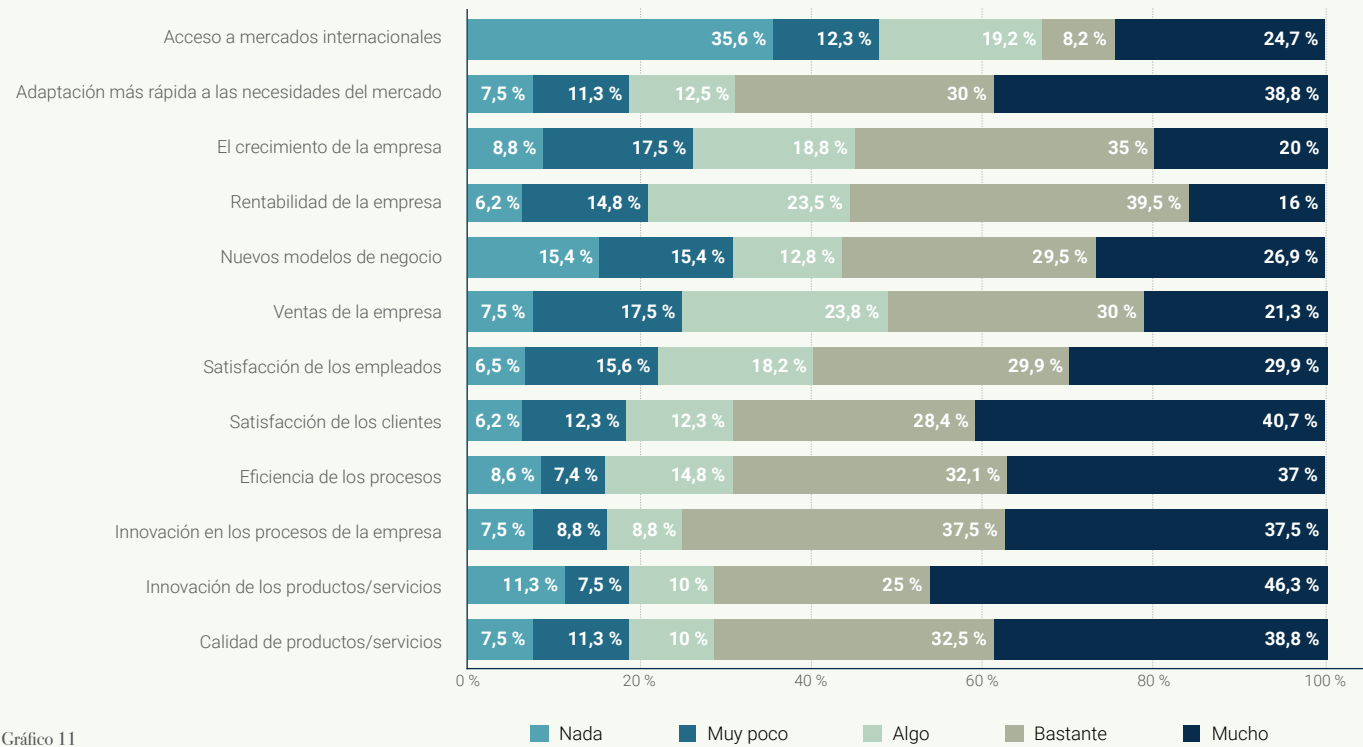
Tabla 7

Finalmente, se ha preguntado a las empresas por su percepción sobre el nivel de impacto de la IA en el desempeño de la empresa. En el gráfico 11 se puede comprobar de manera muy visible el gran impacto de la IA en desempeño de la empresa, donde se aprecia que afecta “mucho” o “bastante” en más del 50% de las empresas para todos los aspectos preguntados, salvo en la internacionalización que levemente supera el 30%.

Considerando las respuestas de “mucho” impacto, destacan los siguientes ámbitos donde la aportación de la IA es mayor: la innovación tanto en procesos como en productos y servicios, la satisfacción de los clientes y la adaptación más rápida a las necesidades de estos, así como la calidad de los productos y servicios de la empresa. En lo que menos afecta la IA, es en la internacionalización de la empresa, cuestión que puede ser explicada por el pequeño porcentaje de la muestra que indica vender en mercados internacionales.

La IA ha influido positivamente en los procesos y competitividad de más del 50% de las empresas que la han implantado

IMPACTO DE LA APLICACIÓN DE LA IA EN LOS PROCESOS Y FACTORES DE COMPETITIVIDAD DE LA EMPRESA



La tabla 8 muestra la media de las respuestas para cada indicador de desempeño considerando 1: Nada; 5: Mucho. El impacto medio mostrado en los indicadores de desempeño de la empresa se sitúa entre el 2,7 y el 3,9, lo que confirma una percepción muy positiva de los resultados de su implantación, aunque en menor medida (3,4) en indicadores asociados a resultados económicos o de generación de ingresos (rentabilidad, ventas, crecimiento y modelos de negocio). En su conjunto, **estos datos deberían animar a las empresas que aún no han incorporado las tecnologías de la IA a sus procesos a iniciar el camino.**

VALORACIÓN DEL IMPACTO DE LA IA EN EL DESEMPEÑO DE LA EMPRESA

	Valoración
Innovación en los procesos de la empresa	3,9
Innovación de los productos/servicios	3,9
Satisfacción de los clientes	3,9
Calidad de productos/servicios	3,8
Eficiencia de los procesos	3,8
Adaptación más rápida a las necesidades del mercado	3,8
Satisfacción de los empleados	3,6
Rentabilidad de la empresa	3,4
Ventas de la empresa	3,4
El crecimiento de la empresa	3,4
Nuevos modelos de negocio	3,4
Acceso a mercados internacionales	2,7

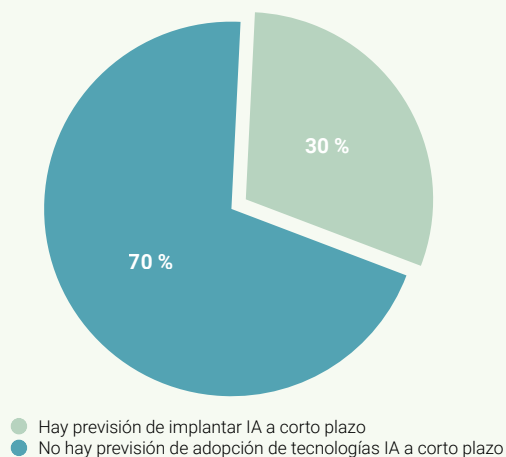
Tabla 8

5. USO FUTURO DE LA IA EN LA EMPRESA

Las empresas que ya han incorporado la IA a sus procesos son más proclives a aplicar nuevas tecnologías que las que aún no usan la IA.

En este apartado se analizan las respuestas de las empresas que han manifestado la intención de implantar tecnologías de IA a medio plazo en cuanto al modo, financiación, áreas e impacto esperado. Explorando el uso futuro de las tecnologías IA, podemos apreciar en el gráfico 12 que aquellas empresas que ya usan tecnologías de IA piensan en mayor medida incorporar nuevas tecnologías basadas en IA (55%) que aquellas que permanecen ajenas a estas tecnologías (33%). En el cómputo general, el 42% de las empresas tienen intención de incorporar alguna tecnología basada en IA en el corto plazo, y por tanto, el 58% de las empresas no tienen previsto incorporar nuevas tecnologías IA a sus procesos.

DE LAS EMPRESAS QUE ACTUALMENTE NO APLICAN IA EN SUS PROCESOS, ¿CUÁNTAS MANIFIESTAN TENER PREVISTO HACERLO A CORTO PLAZO?



DE LAS EMPRESAS QUE ACTUALMENTE SÍ APLICAN IA EN SUS PROCESOS, ¿CUÁNTAS MANIFIESTAN TENER PREVISTO HACERLO A CORTO PLAZO?

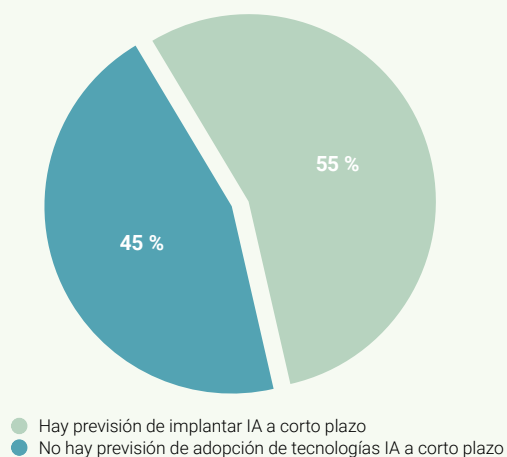


Gráfico 12

El Big Data y los Sistemas Predictivos son las tecnologías que más están pensando implantar las empresas a corto plazo

Entre las nuevas tecnologías basadas en IA que las empresas andaluzas piensan incorporar a sus procesos productivos o de gestión, el abanico es muy diverso, pero destaca el uso del *big data* como se observa en la tabla 9.

DE LAS EMPRESAS QUE TIENEN PREVISTO INCORPORAR TECNOLOGÍAS NUEVAS BASADAS EN IA, ¿QUÉ TECNOLOGÍA TIENEN PENSADO IMPLANTAR?

Tecnología	De las que prevén implantar IA
Big Data / Smart Data	38,7%
Sistemas Predictivos	30,1%
Sistemas Inteligentes de Ciberseguridad	26,9%
Internet de la Cosas	24,7%
Realidad Virtual	24,7%
Machine Learning	21,5%
Blockchain	20,4%
Detección de Anomalías	18,3%
Chatbots	18,3%
Visión Artificial	16,1%
Realidad Aumentada	16,1%
Minería de Datos	14,0%
Redes Neuronales / Deep Learning	10,8%
Procesamiento de Lenguaje Natural	8,6%
Gemelo Digital	8,6%

Tabla 9

INTENCIÓN DE IMPLANTAR LAS TECNOLOGÍAS IA EN LA EMPRESA SEGÚN EL GRADO DE CONOCIMIENTO DE CADA UNA.

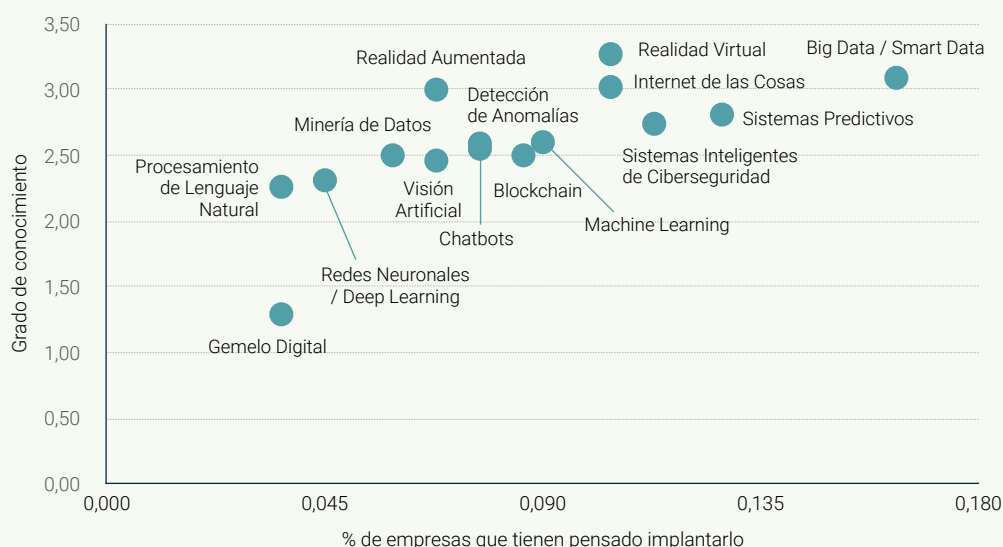


Gráfico 13

Analizando los datos, vemos que **hay correlación positiva entre el grado de conocimiento de una tecnología y la intención de implantarla a corto plazo**, como se aprecia en el gráfico 13.

El 49% de las empresas no han implantado antes la IA por su pequeña dimensión. El 41% por desconocimiento tecnológico.

En el gráfico 14 se observa que entre las empresas que tienen intención de implantar nuevas tecnologías IA y que hacían uso hasta la fecha, los factores que han influido "mucho" en un mayor porcentaje para no haberlo hecho antes son la pequeña dimensión (49%), el desconocimiento de la tecnología y de cómo aplicarlo a su empresa (41%) y el hecho de que la IA no sea una prioridad en empresa (40%). Considerando también las respuestas relativas a que "ha influido bastante", **el coste económico representa un factor disuasorio también de peso junto con el no tener personal especializado o con formación para ello.**

RESPUESTAS A LA PREGUNTA “¿POR QUÉ CAUSAS NO SE HA IMPLANTADO ANTES ESTA TECNOLOGÍA IA QUE TIENE PREVISTO IMPLANTAR? 1: NO HA INFLUIDO; 5: HA INFLUIDO MUCHO

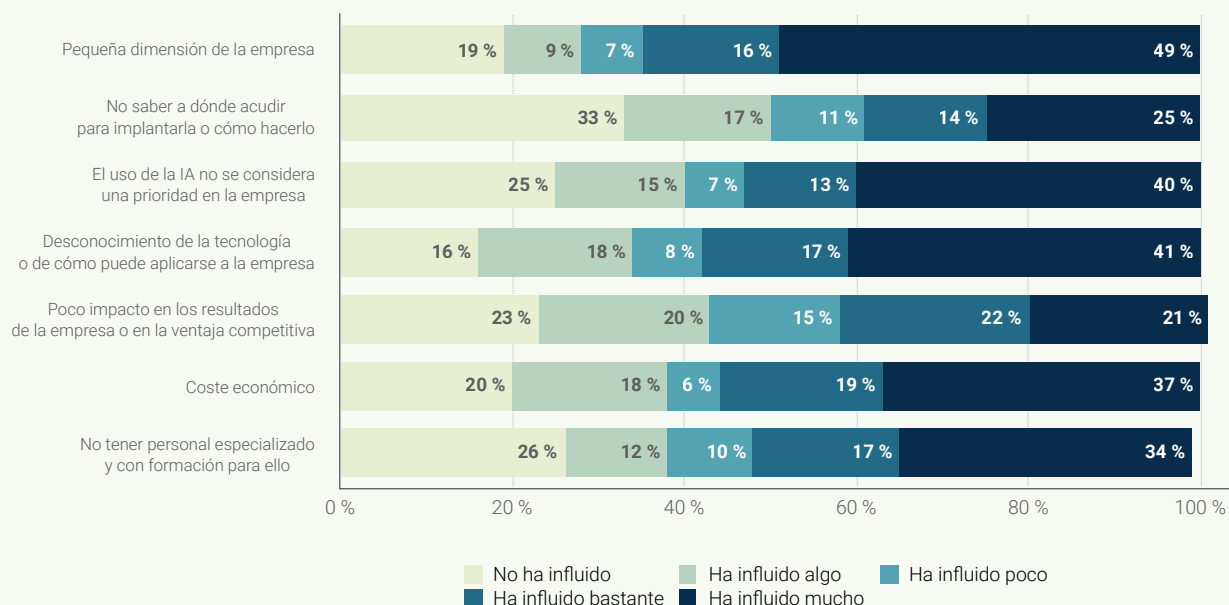


Gráfico 14

MEDIOS PARA IMPLANTAR LAS TECNOLOGÍAS IA PREVISTAS

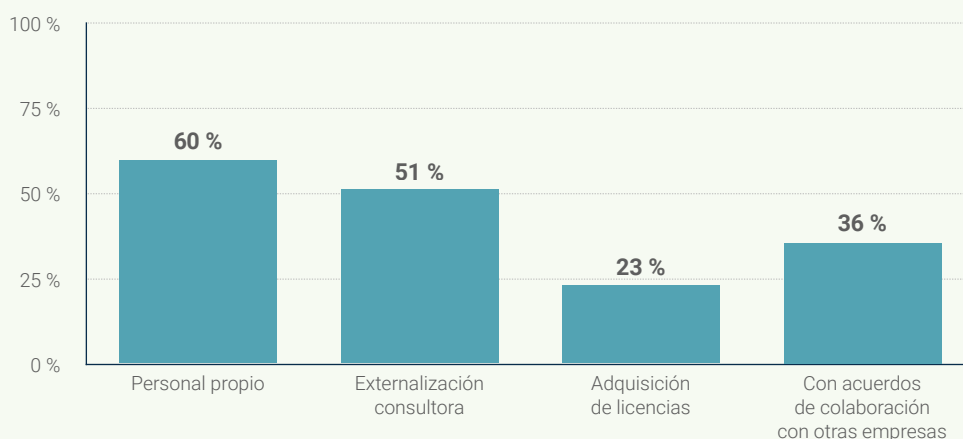


Gráfico 15

Respecto a cómo piensan abordar el despliegue de esa nueva tecnología, el gráfico 15 muestra que el 60% de las empresas indican que lo harán con personal propio, y el 51% tienen pensado externalizar todo o parte de los trabajos con consultoras externas. Algo más de un tercio de las empresas tienen pensado ir en colaboración con otras empresas para el despliegue de esas nuevas tecnologías, y el 23% piensan que será necesario adquirir licencias software.

En el gráfico 16 se muestra cómo tienen pensado financiar esas nuevas tecnologías en las empresas, y se contrasta con la respuesta que dieron aquellas empresas que ya tienen tecnologías IA implantadas. Lo más llamativo es que **la expectativa de ayudas públicas o proyectos I+D es más del doble que la realidad**, mientras que el uso de fondos disponibles en la empresa es mayor en los despliegues realizados hasta el momento.

**¿CÓMO TIENEN
PENSADO LAS
EMPRESAS FINANCIAR
NUEVOS DESPLIEGUES
DE TECNOLOGÍAS IA?
¿CÓMO FINANCIARON
LA QUE ACTUALMENTE
TIENEN DESPLEGADA?**

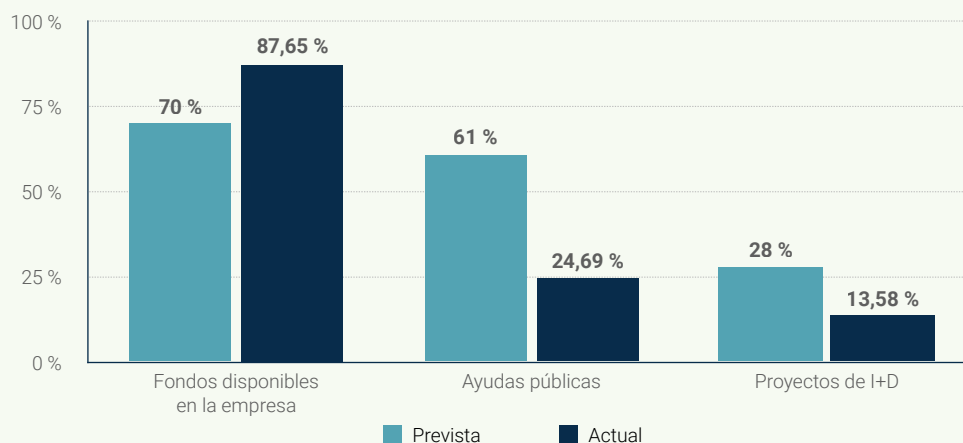


Gráfico 16

**ÁREAS DE LA
EMPRESA EN LAS
QUE SE PREVÉ
APLICAR LA IA**

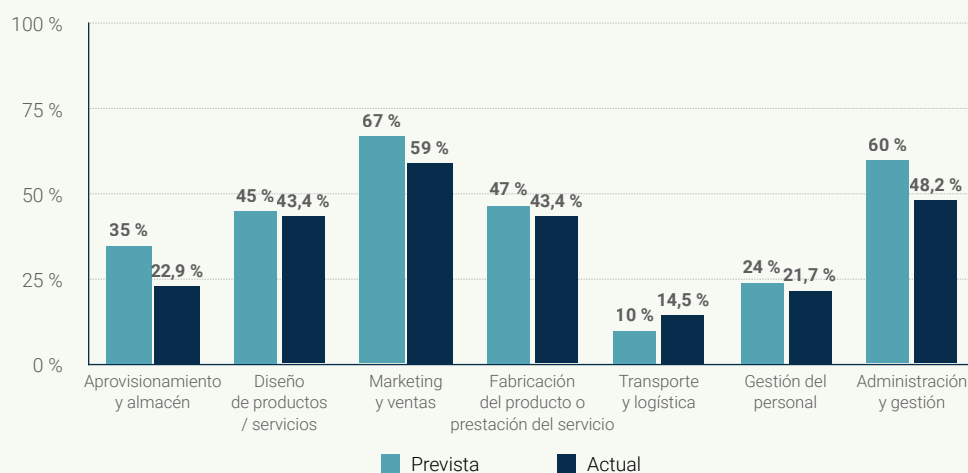


Gráfico 17

En el gráfico 17 se observa en qué áreas de la empresa tienen previsto aplicar estas nuevas tecnologías, y se ha comparado también con las respuestas obtenidas en aquellas empresas que ya tienen IA aplicada. Los valores obtenidos tienen la misma prioridad, destacando el marketing y las ventas (67%), pero en general se observa una mayor previsión de aplicación en todos los aspectos. De nuevo, parece que **para las empresas andaluzas la IA apenas tiene aplicación en transporte y logística (10%), o en la gestión de los recursos humanos.**

El impacto previsto en la implantación de estas nuevas tecnologías IA, considerando que impactarán “bastante” o “mucho” para más del 50% de las empresas es para todos los tipos de desempeño considerados salvo en la internacionalización, como se muestra en el gráfico 28.

IMPACTO PREVISTO GRACIAS A LA ADOPCIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA IA EN LA EMPRESA

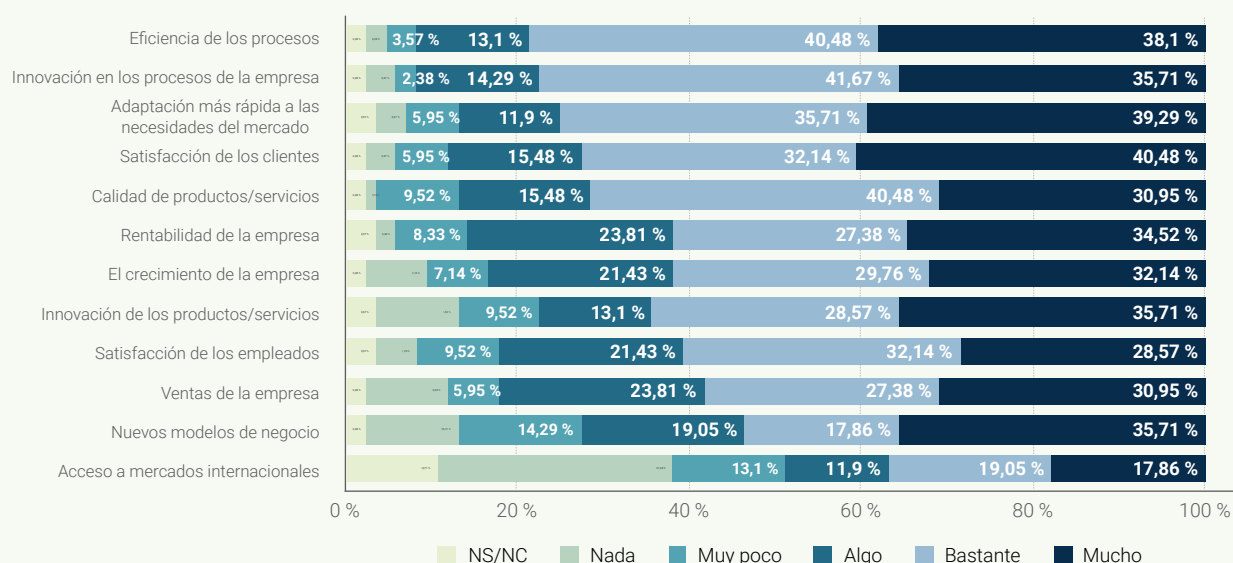


Gráfico 18

COMPARATIVA DE LA PREVISIÓN DE IMPACTO DE LA IA EN LAS EMPRESAS QUE VAN A ADOPTARLA, COMPARADO CON EL IMPACTO MANIFESTADO POR LAS QUE YA LA USAN. 1: NADA; 5: MUCHO.

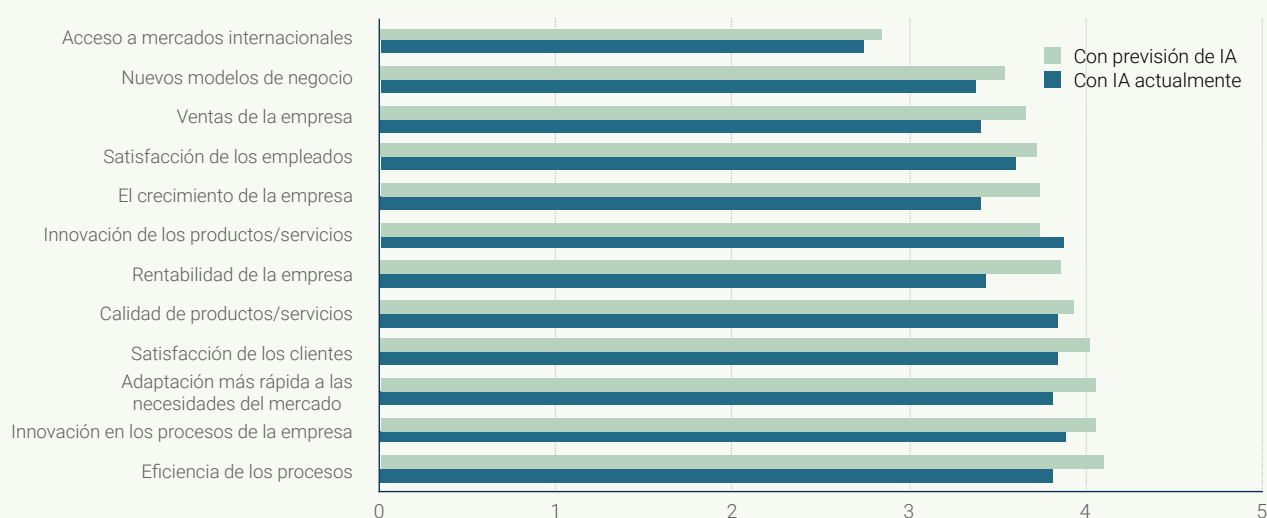


Gráfico 19

Comparados estos valores esperados, con los valores reportados por las empresas que ya aplican estas tecnologías en los diversos procesos, podemos observar en el gráfico 19 que las expectativas son ligeramente mayores que la percepción transmitida por las empresas que ya usan la tecnología, salvo en la innovación de productos y servicios.

Anteriormente se ha visto que el **58 % de las empresas no tiene previsto implantar IA en un futuro**. En el gráfico 20, ante la pregunta de por qué no tienen pensado implantar IA, las empresas encuestadas indican como motivos principales su pequeña dimensión (46%) y el desconocimiento de la tecnología y cómo esta puede aplicarse a la empresa (39%). En menor medida aducen que no sea una prioridad para la empresa, el coste económico o la falta de personal cualificado, si bien hemos visto anteriormente que son factores que retrasan la implantación.

MOTIVOS POR LOS QUE LA EMPRESA NO SE PLANTEA IMPLANTAR IA

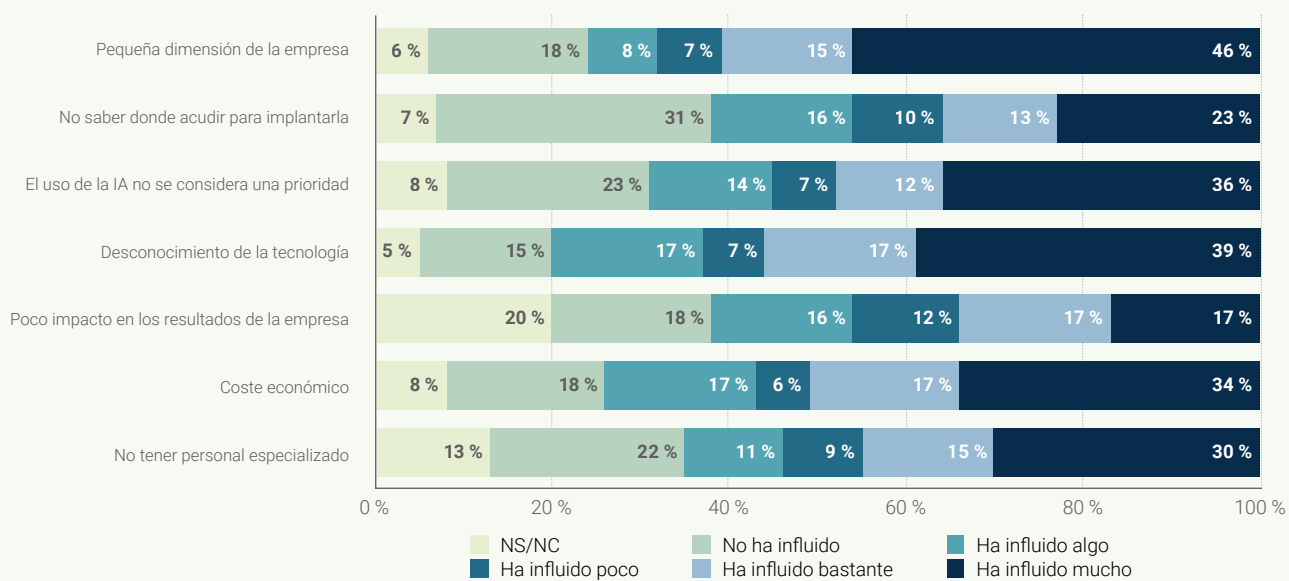


Gráfico 20

6. CONOCIMIENTO DEL ECOSISTEMA ANDALUZ DE IA

Finalmente, se ha preguntado a las empresas andaluzas por su percepción sobre el ecosistema andaluz de inteligencia artificial. Llama la atención en el gráfico 21 que aproximadamente **el 25% de las empresas andaluzas desconocen los diversos actores que componen el ecosistema de IA**, especialmente los *cluster* y *hubs* de innovación o las posibilidades de recibir inversión.

PERCEPCIÓN DEL ECOSISTEMA ANDALUZ POR LAS EMPRESAS ANDALUZAS

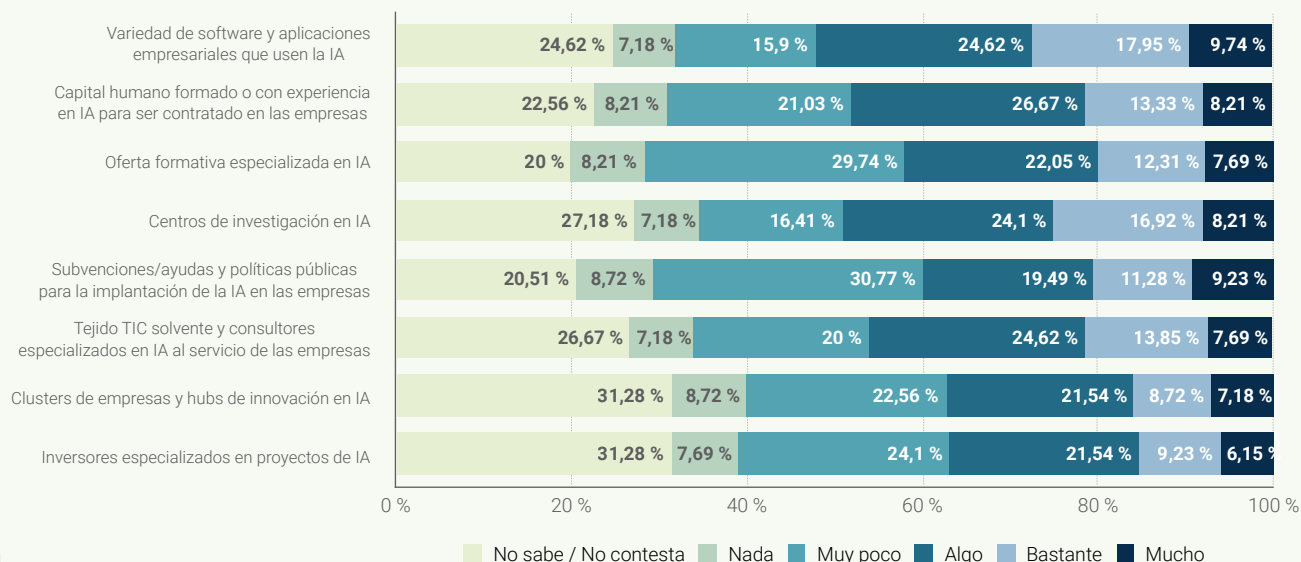


Gráfico 21

Desglosando por provincias los datos en la tabla 10, se puede apreciar como la peor percepción del ecosistema andaluz de IA se da en las empresas onubenses, mientras que la mejor se da en Cádiz, Jaén y Málaga. La mejor presencia de capital humano en IA la perciben en Cádiz, Málaga y Sevilla, mientras que las empresas de Cádiz, Jaén y Málaga son las que consideran en mayor medida que en Andalucía hay centros de investigación en IA.

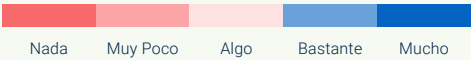
Hay un gran desconocimiento de las oportunidades que el ecosistema andaluz de IA ofrece a las empresas

La mejor percepción sobre la oferta formativa especializada en IA se da en Jaén, Granada y Málaga. Salvo en Jaén, las empresas consideran que hay muy pocos o ningún *cluster* o *hub* de innovación en IA en Andalucía.

PERCEPCIÓN DEL ECOSISTEMA IA DESGLOSADO POR PROVINCIAS

	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla
Subvenciones/ayudas y políticas públicas para la implantación de la IA	2,10	2,31	1,87	2,40	1,82	2,22	2,44	2,00
Oferta formativa especializada en IA	2,10	2,27	1,93	2,53	1,55	2,67	2,53	1,83
Clúster de empresas y hubs de innovación en IA	1,70	2,00	1,73	1,97	1,55	2,22	1,97	1,67
Tejido TIC solvente y consultores especializados en IA al servicio de las empresas	1,80	2,31	1,73	2,00	1,73	2,33	2,44	2,10
Capital humano formado o con experiencia en IA para ser contratado	2,20	2,58	1,93	2,07	1,82	2,22	2,25	2,25
Variedad de software y aplicaciones empresariales que usen la IA	2,30	2,69	1,87	2,30	1,45	2,56	2,44	2,27
Centros de investigación en IA	1,90	2,54	2,00	2,07	1,55	2,44	2,42	2,12
Inversores especializados en proyectos de IA	1,90	2,08	1,73	1,87	1,27	1,78	1,92	1,85

Tabla 10



ANEXO

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Para obtener los datos que conforman el estudio se ha elaborado un cuestionario online que se ha distribuido por correo electrónico entre una muestra de más de 20.000 empresas que operan en Andalucía. Los datos se recopilaban durante el mes de marzo de 2022. El cuestionario se dirigió al director o directora general de la empresa.

Al enlace proporcionado han accedido 492 empresas, que han abandonado el proceso en diversas etapas. Como se aprecia en el gráfico 22, respondieron a las preguntas básicas sobre uso de nuevas tecnologías el 78% de las empresas que iniciaron la encuesta, pero el 30% de éstas abandonaron al encontrarse con preguntas relacionadas con inteligencia artificial.

FLUJO DE RESPUESTAS OBTENIDAS EN LA ENCUESTA

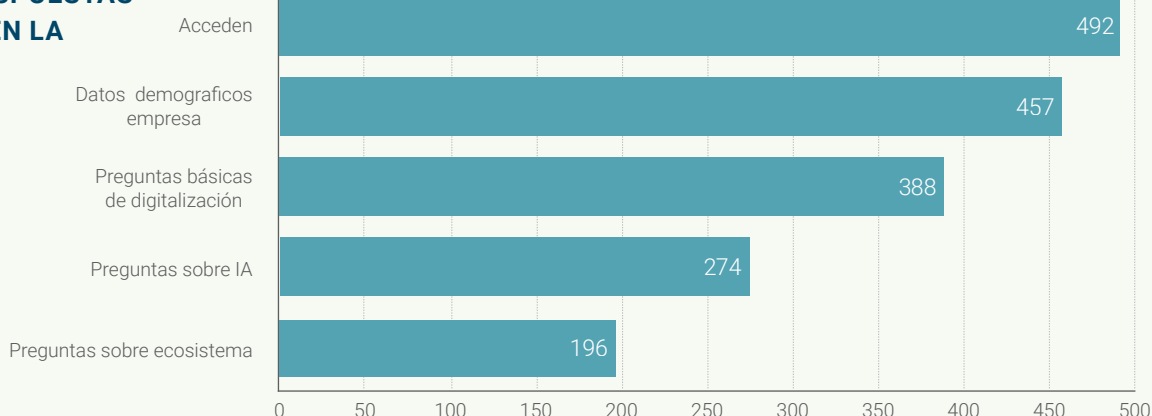


Gráfico 22

Podemos, por tanto, comparar la muestra a dos niveles: por un lado, las empresas que han accedido a responder las preguntas básicas de digitalización y las que han completado el estudio con respuestas sobre IA. En el gráfico 23 se observa cómo el abandono de una fase a otra de la encuesta no ha supuesto apenas una variación en la representatividad de los diferentes sectores económicos, si bien se detecta un notable abandono en las respuestas de “Educación”, “Finanzas y Seguros” y “Actividades Administrativas y Servicios Auxiliares” al encontrarse con preguntas relacionadas con la IA.

Para evaluar la representatividad de la muestra de 274 empresas que han contestado sobre IA con respecto a la estructura del tejido empresarial andaluz, hemos tomado los datos de empresas inscritas en la Seguridad Social del [Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía](https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/empresasSS/index.htm)¹ del mes de la encuesta.

¹ <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/empresasSS/index.htm>

ACTIVIDAD ECONÓMICA DE LAS EMPRESAS QUE HAN PARTICIPADO

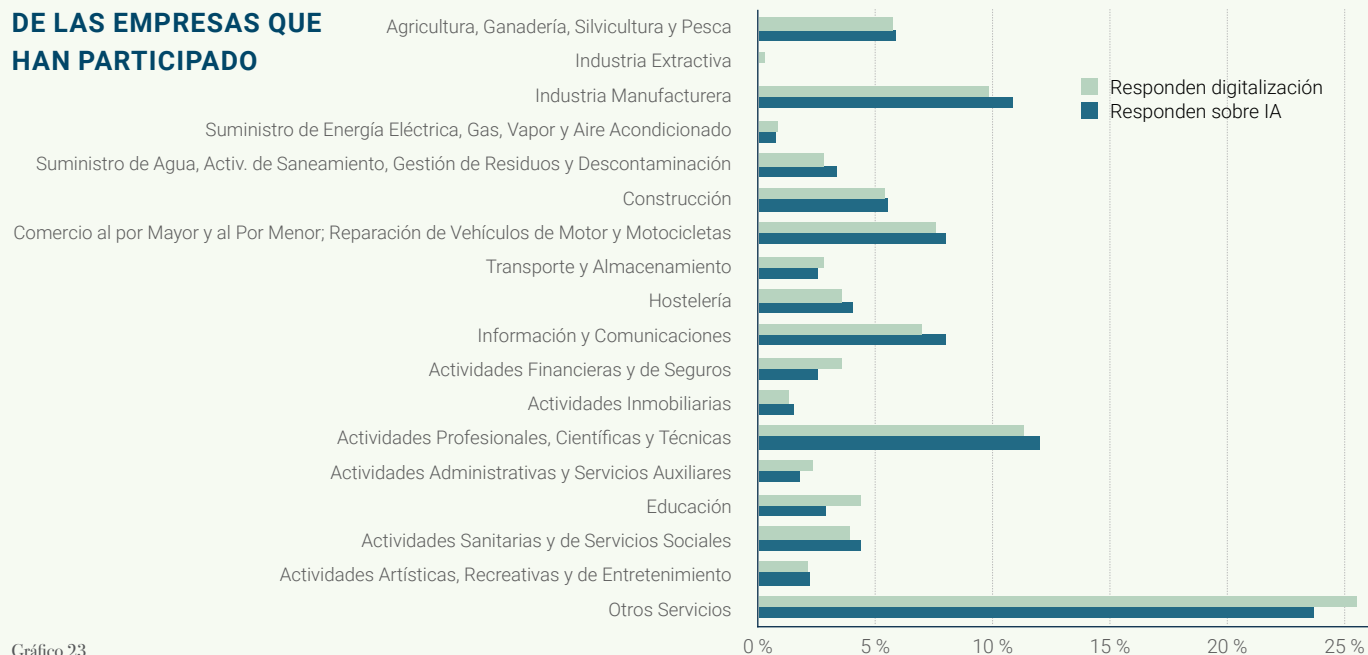


Gráfico 23

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE EMPRESAS POR ACTIVIDAD ECONÓMICA EN LA SEGURIDAD SOCIAL Y EN LA ENCUESTA REALIZADA

ACTIVIDAD ECONÓMICA	Seguridad Social	Responden sobre IA
A. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	15,42%	5,84%
B. Industrias extractivas	0,10%	0,00%
C. Industria manufacturera	6,10%	10,95%
D. Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	0,13%	0,73%
E. Suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación	0,36%	3,28%
F. Construcción	9,05%	5,47%
G. Comercio al por mayor y al por menor; Reparación de vehículos de motor y motocicletas	21,98%	8,03%
I. Hostelería	13,09%	2,55%
H. Transporte y almacenamiento	4,47%	4,01%
J. Información y comunicaciones	1,24%	8,03%
K. Actividades financieras y de seguros	1,16%	2,55%
L. Actividades inmobiliarias	2,27%	1,46%
M. Actividades profesionales, científicas y técnicas	5,90%	12,04%
N. Actividades administrativas y servicios auxiliares	3,72%	1,82%
P. Educación	2,63%	2,92%
Q. Actividades sanitarias y de servicios sociales	3,83%	4,38%
R. Actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento	1,90%	2,19%
S. Otros servicios	6,65%	23,72%

Tabla 11

Llama la atención en la tabla 11 la notable carencia de respuestas en “Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca”, en “Comercio y reparación de vehículos” y en “Hostelería”, tres actividades que suponen casi el 50% de las empresas registradas en la Seguridad Social en Andalucía.

PESO DE CADA PROVINCIA POR NÚMERO DE EMPRESAS

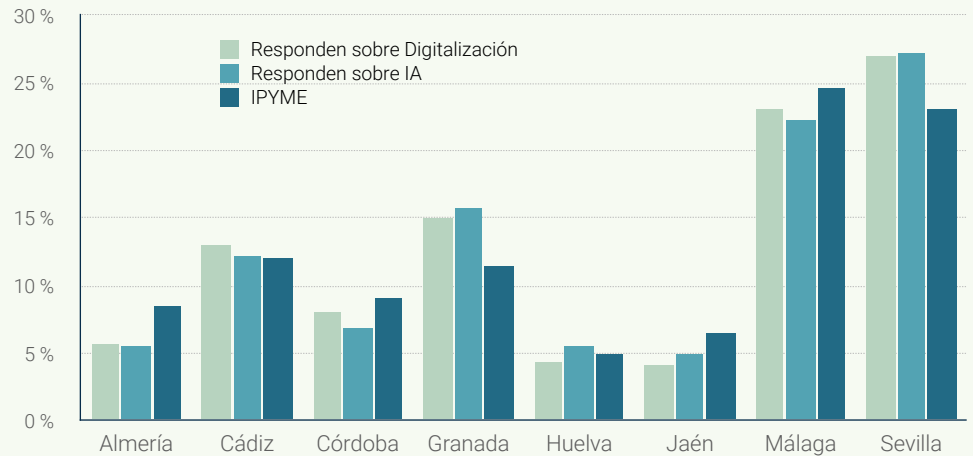


Gráfico 24

En cuanto a la distribución de la muestra por el territorio andaluz, mostrado en el gráfico 24, las provincias infrarrepresentadas en este estudio serían en mayor medida Almería (-3%), Málaga (-2.4%), Córdoba (-2.2%) y Jaén (-1.6%), que corresponden con provincias con gran número de pequeños empresarios y autónomos de los sectores infrarrepresentados (hostelería, comercio y agricultura) en la muestra. Aun así, la distribución de pesos de cada provincia mantiene armonía con la estructura empresarial del territorio.

Si analizamos el perfil de empleados de las empresas que han contestado sobre IA junto con la distribución de empresas según el número de empleados según los datos del último informe de Estructura y Dinámica Empresarial en España publicado en 2022 por la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa (IPYME), podemos ver en el gráfico 25 que son las empresas de 1 a 9 trabajadores las que guardan en la muestra una representación más acorde a su población, apenas están representadas las empresas sin empleados, y están representadas en mayor medida las empresas a partir de 10 empleados.

DISTRIBUCIÓN DE RESPUESTAS OBTENIDAS POR TAMAÑO DE LA EMPRESA.

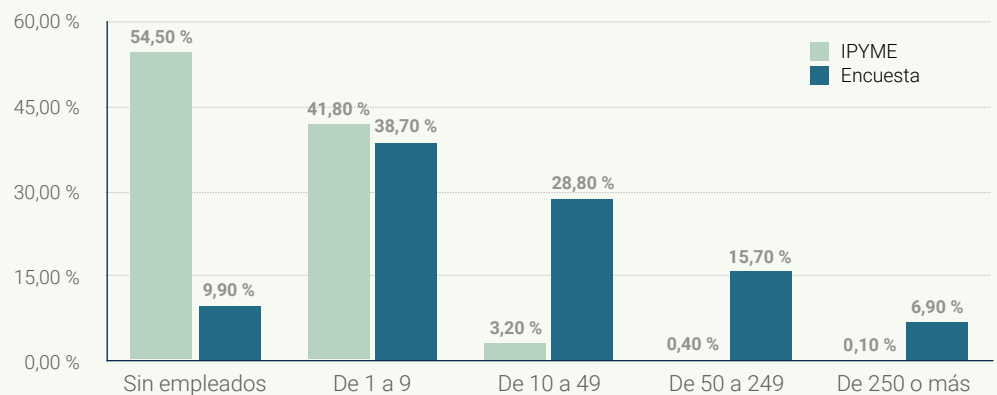


Gráfico 25

En cuanto a los niveles de facturación de las empresas que han contestado a la encuesta, más de dos tercios corresponden con micropymes por nivel de facturación (<2M€), siendo un 13% el porcentaje de empresas que serían medianas empresas, como se refleja en el gráfico 26.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA POR FACTURACIÓN ANUAL DECLARADA DE LOS PARTICIPANTES

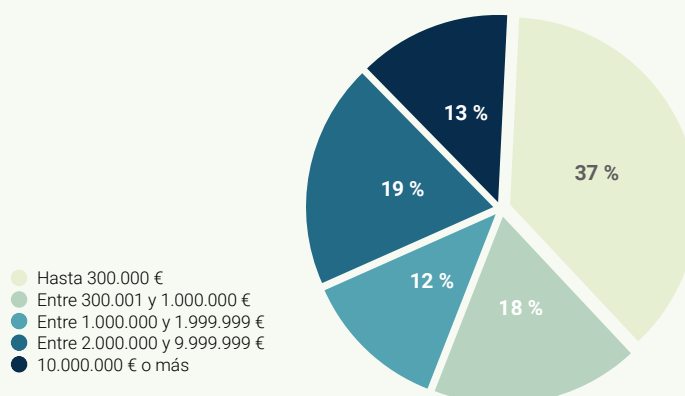


Gráfico 26

En la encuesta también se ha preguntado por la antigüedad de la empresa, de cara a poder valorar si influye en su predisposición para adoptar la IA. En el gráfico 27 se observa que la mayoría de las empresas son consolidadas con una antigüedad de más de 10 años (81%) y sólo hay un 10% que tienen menos 5 años de edad.

DISTRIBUCIÓN DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES POR SU ANTIGÜEDAD.

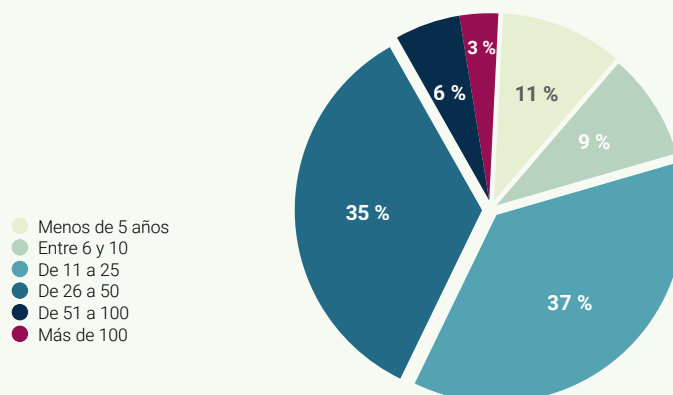


Gráfico 27

Así mismo, se ha preguntado por la capacidad de decisión de la persona que ha respondido a la encuesta, para poder determinar la certeza en cuanto a las futuras acciones encaminadas a la aplicación de la IA en la empresa en cuestión. En este sentido, como se muestra en el gráfico 28, **el 84% de los encuestados participan de las decisiones tecnológicas en la empresa.**

En cuanto al nivel educativo de los encuestados, más del 75% disponen de titulación universitaria, como se refleja en el gráfico 29, siendo principalmente de áreas Sociales y Jurídicas (Derecho y ADE), como se muestra en el gráfico 30.

PORCENTAJE DE ENCUESTADOS QUE TIENEN RESPONSABILIDAD EN LAS DECISIONES TECNOLÓGICAS DE LA EMPRESA

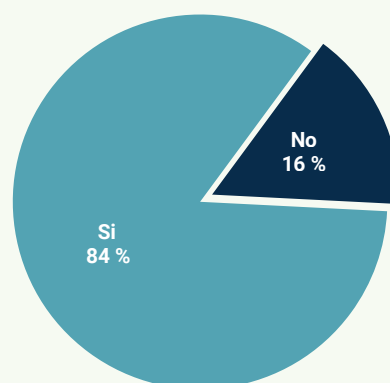


Gráfico 28

NIVEL DE ESTUDIOS DE LOS ENCUESTADOS

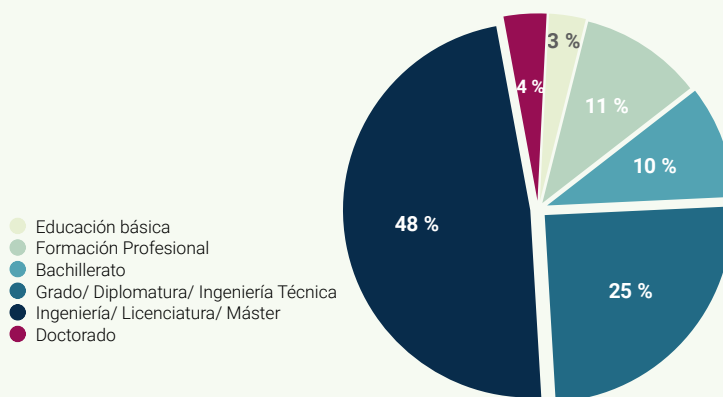


Gráfico 29

ÁREA DE CONOCIMIENTO DE LOS ESTUDIOS DE LOS ENCUESTADOS

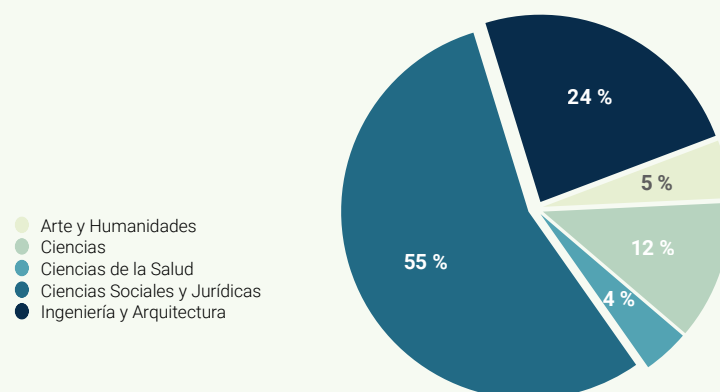


Gráfico 30



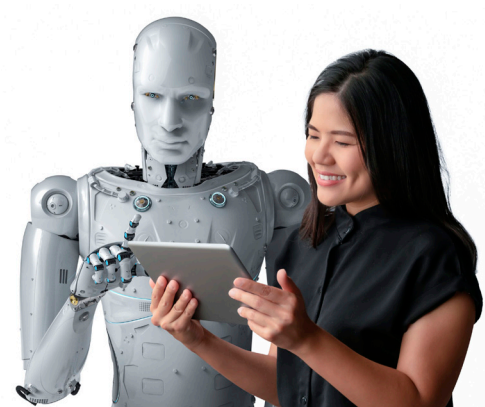
PARTE II

La inteligencia artificial
y su aplicación en la empresa



1

¿Qué es la inteligencia artificial?



la IA como ciencia
y tecnología ha
alcanzado su
madurez”

Actualmente, la inteligencia artificial (IA) como ciencia y tecnología ha alcanzado su madurez, pasando de los laboratorios a la sociedad. Las administraciones y la industria hacen uso cada vez más extendido de las tecnologías inteligentes y digitales en su día a día. En estos últimos años, su impacto económico ha crecido de forma considerable, existiendo estudios que predicen un impacto cercano a los 15 billones de euros en la economía global en el año 2030.

A pesar del creciente interés por la IA, no hay una única definición de esta, y no tanto por el concepto “artificial” sino por lo que se entiende en cada ámbito de la economía y la sociedad por “inteligencia”. Ya en 1950, Alan Turing, uno de los padres de la Informática, estableció un criterio para determinar si un sistema tiene un comportamiento inteligente, el conocido **test de Turing**. La prueba se corresponde con un juego de imitación en el que participan, en espacios independientes, un interrogador humano, una persona y una máquina. Entre los tres participantes mantienen una conversación dirigida por las preguntas que el interrogador realiza tanto a la máquina como a la otra persona. Si las respuestas del ordenador hacen creer al interrogador que éstas son realizadas por una persona, entonces se podría decir que el ordenador tiene un comportamiento inteligente. Quizá el lector caiga en la cuenta al leer estas líneas de numerosos sistemas tecnológicos cotidianos que 70 años después, cumplen este criterio de inteligencia.

La ausencia de una definición de consenso sobre qué es la inteligencia artificial no ha sido obstáculo para que las principales organizaciones políticas y científicas hayan establecido, en aras de una contextualización de sus estrategias y políticas, diversas definiciones que podrían, en su conjunto, dar una aproximación bastante acertada de lo que nos referimos cuando hablamos de IA:

- Para la OCDE, un sistema de IA es “un sistema basado en máquinas que puede, para un conjunto determinado de objetivos definidos por el ser humano, hacer predicciones, recomendaciones o tomar decisiones que influyen en entornos reales o virtuales. Los sistemas de IA están diseñados para funcionar con diversos niveles de autonomía. Además, la IA son “máquinas que realizan funciones cognitivas similares a las de los humanos”^{2,3}.
- Para la el Grupo de Expertos convocado por la Comisión Europea, “los sistemas de inteligencia artificial (IA) son programas informáticos (y posiblemente también sistemas hardware) diseñados por seres humanos que, dado un ob-

² OECD (2019), Artificial Intelligence in Society, www.oecd.org/going-digital/artificialintelligence-in-society-eedfee77-en.htm.

³ OECD (2019), Recommendation of the Council on Artificial Intelligence, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>.



jetivo complejo, actúan en la dimensión física o digital mediante la percepción de su entorno a través de la adquisición de datos, la interpretación de éstos (ya sean estructurados o no estructurados), el razonamiento sobre el conocimiento o el tratamiento de la información derivada de estos datos, así como la elección de las mejores acciones que se llevarán a cabo para alcanzar el objetivo fijado. Los sistemas de IA pueden usar reglas simbólicas o aprender un modelo numérico, y pueden además adaptar su comportamiento analizando cómo el entorno reacciona a sus acciones previas”⁴.

- Otro informe de la Comisión Europea⁵ define la IA como “un término genérico que se refiere a cualquier máquina o algoritmo capaz de observar su entorno, aprender y, a partir del conocimiento y experiencia adquiridos, tomar acciones inteligentes o proponer decisiones.”

En general, en todas las definiciones podemos encontrar una serie de características comunes que podrían permitirnos detectar los elementos o funciones principales de los sistemas de IA⁶:

- **percepción del entorno**, por complejo que éste pueda ser en el mundo real, mediante la adquisición de datos;
- **procesamiento de la información**, incluyendo la interpretación y transformación de los datos de entrada al sistema;
- **toma de decisiones**, tras unos procesos de razonamiento y aprendizaje, incluyendo la ejecución de acciones con cierto grado de autonomía;
- **consecución de objetivos específicos**, como razón última de la existencia de los sistemas de IA.

Por tanto, parece claro que estamos ante sistemas complejos que se componen de diversos elementos, cada uno con una función de **captura, análisis o procesamiento de datos**, o **generación de resultados** específicos a partir de éstos, como se representa esquemáticamente en la ilustración 1⁷. Y para cada una de estas fases contamos con diferentes técnicas y metodologías, que se utilizan en función del contexto y el objetivo marcado.

⁴ HLEG-EC (2019) A definition of AI: Main capabilities and scientific disciplines. High-Level Expert Group (HLEG) on Artificial Intelligence https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=56341

⁵ Annoni, A et al. Artificial Intelligence: A European Perspective, Craglia, M. editor(s), EUR 29425 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-97219-5, JRC113826. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC113826>

⁶ Samoili, S., López Cobo, M., Gómez, E., De Prato, G., Martínez-Plumed, F., and Delipetrev, B., AI Watch. Defining Artificial Intelligence. Towards an operational definition and taxonomy of artificial intelligence, EUR 30117 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-17045-7, doi:10.2760/382730, JRC11816

⁷ Montes, R., Melero, F.J., Palomares, I., Alonso, S., Chiachío, J., Chiachío, M., Molina, D., Martínez-Cámara, E., Tabik, S., Herrera, F. Inteligencia Artificial y Tecnologías Digitales para los ODS. Publicación de la Real Academia de Ingeniería, Enero 2021.

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

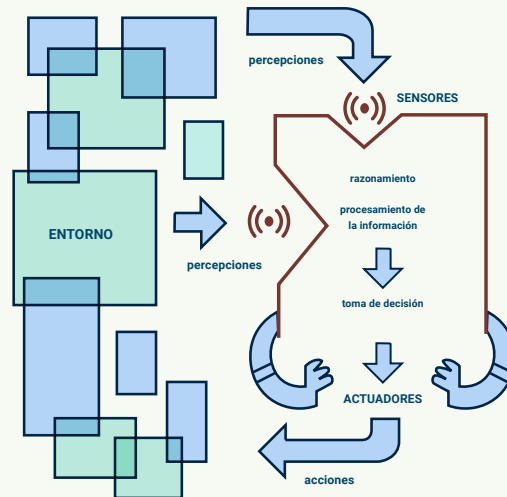


Ilustración 1

Ante un contexto tan complejo y diverso, no es extraño que cada sector económico, cada empresa, o cada entidad contemple la IA con un prisma diferente que en ningún caso queda fuera de las definiciones anteriores. La percepción de los elementos y propósitos de la IA que puede tener un sistema de reservas de un hotel es diferente a la que puede tener un almacén logístico automatizado, pero, al fin y al cabo, si abstraemos las tareas que se están delegando en los sistemas informáticos, llegamos a una descripción bastante similar a las definiciones anteriores.



**muchas PYMES
vean la IA como
algo alejado de sus
posibilidades”**

No obstante, también es cierto que, ante tal cantidad de noticias y expectativas creadas por la prensa o las empresas tecnológicas, muchas PYMES ven la IA como algo alejado de sus posibilidades o de difícil aplicación, o que se generen expectativas de difícil cumplimiento por las circunstancias particulares de cada empresa. El propósito de este documento no es otro que ayudar a la PYME a entender los diversos elementos y técnicas comprendidas en un sistema de IA y cómo ésta puede ayudar a una mejora de los productos, procesos y servicios de la PYME.

Esperamos que cada PYME, tras esta breve introducción a la IA, pueda plantear una serie de cuestiones que, seguramente, encuentren respuesta en las páginas en el resto de las páginas de este informe:

- ¿Qué áreas de la empresa puedo mejorar?
- ¿Qué tecnología es la más adecuada para implantar, y en cuál de los procesos de mi negocio?
- ¿Quién puede encargarse de la implantación de estos nuevos procesos?
- ¿Cómo poder medir el impacto de la aplicación de la IA en mi empresa?

En los sucesivos apartados de este informe se realizará una descripción de diversas técnicas que permiten abordar los diferentes elementos de los sistemas de inteligencia artificial. Es muy difícil abordar tantos términos que coexisten en la IA de forma disjunta, por lo que el lector encontrará referencias cruzadas entre los términos. Tras esta parte introductoria, comentaremos aplicaciones concretas, casos de uso y algunas indicaciones para la aplicación de estas tecnologías en la PYME, organizadas temáticamente por sectores de actividad.



“
los datos son el
elemento central
de la IA”

1.1. HERRAMIENTAS PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN EN LA EMPRESA: LA CIENCIA DE DATOS

De los cuatro elementos principales de la definición de IA, el que sustenta todo el proceso posterior es el de la percepción del entorno: la adquisición y procesamiento de los datos. Al igual que el ser humano necesita de información (muchas veces percibida inconscientemente) para tomar sus decisiones diarias, **un sistema informático precisa de datos para tomar las decisiones** y realizar las acciones oportunas para la consecución de un objetivo.

Por tanto, podemos decir que los datos son el elemento central de la IA, y es evidente que **sin datos de calidad no se pueden desarrollar sistemas de IA para un objetivo determinado**. Y este es uno de los primeros obstáculos que se manifiesta en la empresa para la aplicación de técnicas de IA: la obtención de datos de calidad y sostenidos en el tiempo.

Las tecnologías en torno al análisis inteligente de datos han dado lugar al término ciencia de datos (*data science*), definido como un área de trabajo relacionada con la preparación, análisis, visualización, gestión y mantenimiento de grandes colecciones de datos para la obtención de conocimiento que genere ventajas de negocio.

No hay que perder de vista que **el dato por sí mismo no sirve de nada**. Se suele decir que los datos son el petróleo de la futura economía, pero no es menos cierto que el petróleo sin motores de combustión que lo transformen en energía sirve de poco. Dicho de otro modo, **sin algoritmos que procesen los datos y extraigan información, generando conocimiento a partir de ellos, su valor es casi inapreciable**.

Estamos en el inicio de una era de transformaciones sustanciales en nuestra economía y nuestra sociedad, y la gestión de los datos, con las implicaciones éticas, legales y procedimentales que se deriva de esta novedad tecnológica, marcarán el devenir y la prosperidad de nuestro tejido empresarial.

De ahí la importancia de conocer las diferentes técnicas que permiten el tratamiento de la información generada en la empresa, de forma que sustenten la toma de decisiones y la mejora de procesos, productos y servicios, elevando la competitividad y sostenibilidad de la entidad.

En esta sección abordaremos las disciplinas que trabajan con los datos y permiten la obtención de información relevante a partir de ellos, realizar predicciones o tomar decisiones en función de estos. Hablaremos desde la minería de datos, incluyendo las técnicas de *big data*, hasta la detección de anomalías o el análisis de series temporales.

MINERÍA DE DATOS

La minería de datos (*data mining* en inglés, también conocida como *knowledge data discovery* (KDD) descubrimiento de conocimiento a partir de los datos) es el procedimiento de **desvelar características comunes, patrones repetitivos, tendencias u otra información relevante** a partir de grandes conjuntos de datos. Esta información no es directamente accesible por técnicas clásicas de consulta de la información, por lo que hay que aplicar sobre ellos técnicas más avanzadas que, tras unos trabajos previos de limpieza y adaptación de los datos, sean capaces de extraer entre la maraña de datos aquello relevante para la empresa (al igual que realiza un minero). En función del tipo de dato que se recibe y el objetivo que se desea alcanzar se utilizarán reglas de asociación, técnicas de agrupamiento, regresiones o clasificaciones, entre otras.

Las técnicas de minería de datos sirven principalmente para describir hechos registrados en los datos, aunque esas descripciones podrían utilizarse por sistemas automáticos o expertos humanos para realizar ciertas predicciones. Pensemos en un sistema capaz de descubrir los patrones de compra de un cierto segmento de consumidor en función de los datos combinados de sus históricos de compras junto con la información meteorológica y la parrilla de televisión de cada día. Esta información podría utilizarse para campañas publicitarias personalizadas, o para la previsión logística del comercio.

BIG DATA

El *big data* es uno de los términos de moda cuando se habla de tendencias en el ámbito de la informática, si bien no todo lo que se nombra como *big data* lo es. En muchas ocasiones, este término se utiliza con fines de publicitarios, sin que ello suponga que tiene todas las propiedades que el término requiere.

Podemos entender *big data* como un conjunto de técnicas cuya finalidad es trabajar con datos cuyo volumen, diversidad y complejidad requieren el uso de nuevas arquitecturas, técnicas, algoritmos y métodos de análisis que permitan gestionar y extraer el valor y conocimiento oculto en ellos.

Si bien la definición inicial de *big data* se refería a tres propiedades que comienzan por V (velocidad, volumen y variedad) actualmente **se emplea un conjunto de 10 características para describir lo que es *big data*** y los retos asociados:

1. **Volumen.** La principal característica del *big data* es el trabajo con datos masivos, y datos masivos no son miles o millones de registros, sino mucho más. Como regla básica, si un conjunto de datos puede ser manejado por una hoja de cálculo, no puede considerarse *big data*.
2. **Velocidad.** Referida a la velocidad con la que se genera, refresca, o produce información. Es muy difícil tener un conjunto de datos estático, sino que se añaden cientos de miles de datos continuamente.
3. **Variedad.** En cada problema concreto se manejan estructuras de datos específicas, pero los problemas reales usan datos de distintas fuentes. Esto proporciona además datos semiestructurados e incluso no estructurados, mezclando diferentes tipos de datos (texto, marcas de tiempo, audio, imágenes, archivos de vídeo, actualizaciones de medios sociales, etc.).
4. **Variabilidad.** La variabilidad es originada por tal variedad de tipos y fuentes de datos, pero también se refiere a la existencia de inconsistencias entre esos datos. Estas deben ser encontradas por métodos de detección de anomalías.
5. **Veracidad.** Se refiere a la confianza que podemos depositar en los datos y que ayuda a determinar la calidad de estos. Tan importante es la calidad de los métodos de análisis y modelado de los datos como la calidad del dato en sí.
6. **Validez.** Relacionado con el anterior. La validez se refiere a cuán precisos y correctos son los datos para el uso previsto. Si no hay datos de calidad, veraces y válidos, no podremos tener un sistema de *big data*.
7. **Vulnerabilidad.** Los datos masivos atraen nuevas preocupaciones de seguridad, que puede afectar a su veracidad y validez.
8. **Volatilidad.** En un entorno de datos clásico las organizaciones almacenaban los datos indefinidamente, pero en un entorno *big data* es necesario definir cuáles son las políticas de archivado de datos, y es posible que el volumen de generación haga imposible que esa ventana de tiempo sea muy amplia.
9. **Visualización.** La existencia de unos datos tan extensos y diversos añade una complejidad adicional en la tarea de visualizar los datos.
10. **Valor.** Los datos masivos no tienen sentido si no se obtiene un valor comercial de su tratamiento, por lo que el *big data* forma parte ya hoy en día de un conjunto de herramientas para el análisis inteligente de datos que en el ámbito de la empresa reciben el nombre de inteligencia de negocio (*business intelligence*).

Por tanto, el *big data* se refiere a grandes cantidades de datos producidas muy rápido por un gran número de fuentes diversas. Los datos se pueden crear por personas o dispositivos artificiales, como sensores que monitorizan el clima, imagen por satélite, imágenes y videos digitales, registros de transacciones comerciales, señales GPS y muchas otras.

Hay herramientas tecnológicas, desarrolladas principalmente por los gigantes tecnológicos estadounidenses, para abordar los problemas de *big data*. Desde el *MapReduce* de Google (desarrollado en 2003), pasando por su versión software libre en el framework *Apache Hadoop*. También la Fundación Apache ha desarrollado el proyecto *Apache Spark*, siendo estos dos últimos los referentes actualmente en el procesamiento de *big data*, cada uno con sus características técnicas propias.

SMART DATA

No siempre necesitamos, o se es capaz de procesar, toda la información que el *big data* nos proporciona. Si a los datos en bruto les aplicamos filtros inteligentes que mejoran la calidad y comprensión de aquellos, tenemos lo que se denomina *smart data*. Se puede decir, en otras palabras, que el *smart data* es la adaptación de esa ingente cantidad de datos desestructurados, volátiles, diversos, etc. (recordemos las 10 V) del *big data* a un formato más estructurado donde los procesos tradicionales de inteligencia de negocio y almacenamiento de datos se puedan aplicar.

Los procesos de *smart data* buscan obtener un conjunto **de datos relevantes, contextualizados, confiables y asimilables por los sistemas de análisis de la empresa**, incidiendo en la calidad y el valor que éstos aportan.

Para realizar ese paso del *big data* al *smart data* se aplican diferentes técnicas tanto de preprocesamiento de la información (limpieza de datos, detección de anomalías, etc.) como de etiquetado o estructuración de la información en esquemas de datos conocidos, usando para ello tecnologías más o menos avanzadas.

DETECCIÓN DE ANOMALÍAS

Una anomalía es un patrón en un dato o conjunto de datos que no encaja en el comportamiento normal o esperado. Su uso es muy habitual en diferentes ámbitos de la IA, y sirve, por ejemplo, para detectar ciberataques, el fallo de un sensor de temperatura o el uso fraudulento de una tarjeta de crédito.

Para poder detectar las anomalías, en muchas ocasiones hay un trabajo previo de definir cuál es el comportamiento normal del sistema. De hecho, es posible que, en un sistema complejo con multitud de sensores y fuentes de datos, una anomalía puntual y aislada en uno de ellos no signifique un mal funcionamiento, sino algo totalmente normal y esperable en función del contexto y el valor del resto de variables. Para ayudar en esta tarea, se disponen de técnicas supervisadas de detección de anomalías, en las cuales un experto humano etiqueta previamente en el conjunto de datos de entrenamiento aquellos comportamientos normales (algoritmos semi-supervisados) y en ocasiones también cuales son anómalos (algoritmos supervisados). **En sistemas muy complejos o con datos de baja calidad, es posible abordar técnicas no-supervisadas, donde el propio sistema informático es capaz de intuir qué es normal y qué no lo es tanto.**

Entre las técnicas usadas para la detección de anomalías encontramos los métodos estadísticos básicos (regresiones, histogramas, ajustes gaussianos), así como otras técnicas de aprendizaje automático (agrupamientos, reglas, máquinas vectoriales) o profundo (redes neuronales), que son utilizadas en contextos más complejos y, normalmente, no supervisados.

ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES

El análisis de datos a lo largo del tiempo es un clásico en el mundo de la empresa. La evolución de las ventas, el consumo eléctrico, la afluencia de personas por el establecimiento, o el valor en bolsa de las acciones, son ejemplos de series temporales. De hecho, durante los primeros meses de la pandemia de la COVID-19, el público general se ha familiarizado con términos como la tendencia o la media móvil de los casos de infecciones, que son términos clásicos del análisis de series temporales.

El propósito principal de este análisis es desarrollar modelos matemáticos que describan el comportamiento de los datos a lo largo del tiempo y permitan predecir su evolución futura. De la misma manera, esta predicción permitirá a la empresa detectar anomalías que desencadenen alguna acción correctiva.

Para realizar esta tarea, podemos encontrar técnicas estadísticas básicas, como el modelo ARIMA (medias móviles autorregresivas e integradas), o técnicas más avanzadas que incluyen el uso de redes neuronales para modelar sistemas inteligentes de predicción mediante aprendizaje profundo, conocido en inglés como *deep learning*.

1.2. TECNOLOGÍAS PARA RESOLVER PROBLEMAS: LA CREACIÓN DE SISTEMAS INTELIGENTES

Presentamos en esta sección ciertas tecnologías que, una vez adquiridos y procesados los datos, permiten el desarrollo de sistemas de aprendizaje que puedan simular entornos complejos y evolucionar conforme los datos del entorno varían, de cara a la resolución de problemas que requieran un nivel de inteligencia que vaya más allá de la mera interpretación del dato.

Incluimos en estas tecnologías los sistemas de ayuda a la decisión, basados o no en aprendizaje automático, las redes neuronales artificiales y su materialización en técnicas de aprendizaje profundo, o el uso de sistemas difusos para la resolución de problemas.

MACHINE LEARNING

El aprendizaje automático, más conocido como *machine learning* (ML) en inglés, es un conjunto de técnicas y algoritmos que permiten la resolución de problemas de forma analítica, esto es, aplicando modelos matemáticos para extraer conocimiento y encontrar patrones que permitan realizar recomendaciones.

De una manera más específica, podríamos decir que los sistemas de aprendizaje automático utilizan técnicas probabilísticas para aprender de los datos en una fase de entrenamiento, y producir predicciones o recomendaciones a partir de nuevos datos en un entorno de producción. En los algoritmos de ML, la función matemática que se intenta optimizar es conocida, y por tanto el proceso alcanzado para tomar una u otra decisión es conocido.

El aprendizaje automático puede trabajar con métodos supervisados o no supervisados. Los primeros disponen de un conjunto de entrenamiento en el cual se conocen las respuestas correctas, y por tanto el algoritmo intenta ajustar los parámetros en función de dichos conjuntos de entrenamiento, que incluyen tanto datos de entrada como resultados esperados. Por el contrario, los sistemas no supervisados intentan descubrir las relaciones entre los datos de entrada sin conocer *a priori* la respuesta esperada para estos. Otros sistemas son capaces de modificar su comportamiento en función de su éxito a la hora de llevar a cabo la tarea; es lo que se denomina aprendizaje por refuerzo, y permite alcanzar la solución al problema siguiendo criterios de optimización.

No hay que perder de vista **que el aprendizaje automático supervisado depende de la intervención humana para la anotación de esos datos de entrenamiento**, y depende sustancialmente de la calidad de dicho trabajo. El tan adver-





tido peligro de incluir **sesgo de los algoritmos de IA** viene dado en su mayor parte por una mala distribución de estos datos de entrenamiento, o un mal etiquetado de los mismos.

DEEP LEARNING

El aprendizaje profundo, o *deep learning* (DL) en su término anglosajón, utiliza modelos basados en redes neuronales artificiales para alcanzar su objetivo. Estos sistemas complejos simulan el funcionamiento de un cerebro, de forma que miles de algoritmos simples y especializados (neuronas) son capaces de trabajar con ingentes cantidades de datos para, en un proceso dividido en varias capas, obtener un resultado acorde a la tarea que le ha sido encomendada.

Estas capas se organizan en tres niveles:

- un nivel de adquisición de datos, donde se capturan los datos de entrada,
- una o varias capas ocultas, donde se realiza el procesamiento de la información y los cálculos intermedios,
- una capa de salida, donde se construye la respuesta del algoritmo.

El nombre de *aprendizaje profundo* se debe al número de capas ocultas puede ser variable, y **se desconoce lo que las neuronas artificiales hacen en su interior**. Lo único que se termina sabiendo, al ejecutar el algoritmo, es el resultado, pero no cómo han llegado hasta él las neuronas.

Para una mejor comprensión pensemos en un humano que ve la imagen de un gato (dato de entrada). Sabe que es un felino (resultado del procesamiento), pero no sabemos qué ocurre en las neuronas del cerebro para llegar a tal conclusión. Igual ocurre con los algoritmos de *deep learning*. Tras una fase de entrenamiento, donde las neuronas artificiales se van adaptando y ajustando a la resolución del problema (en este caso “reconocer gatos”), el sistema de aprendizaje profundo ya es capaz de determinar sin apenas errores si lo que se le da como imagen de entrada es un gato o un león.

Durante muchos años, los usuarios de la Web hemos ido entrenando a las redes neuronales de Google mediante la resolución de los captcha. Retos como “Marca todas las imágenes donde aparezcan pasos de cebra” sirven para etiquetar imágenes con dicha característica. Miles de millones de personas hemos creado un conjunto de datos de entrenamiento valiosísimo.



SISTEMAS DE AYUDA A LA DECISIÓN

Un sistema de ayuda a la decisión es una herramienta clásica en el mundo de la empresa, sobre todo en el contexto de una herramienta software que recopila datos, los analiza y genera informes de forma automática que son comprensibles por las personas encargadas de diseñar y ejecutar acciones. Las herramientas de inteligencia de negocio (*business intelligence*, BI) son en cierto modo unos sistemas de ayuda a la decisión por parte de la gerencia de la empresa.

Hoy en día, gracias a la IA, es posible utilizar sistemas que realizan todo el proceso de forma automática e incluso determinan las acciones a ejecutar. Pensemos en la práctica médica, donde sistemas inteligentes pueden orientar al profesional en el diagnóstico y tratamiento a aplicar, o sistemas automáticos de inversión en activos bursátiles.

Una implicación seria y que debe ajustarse muy bien a la hora de aplicar estos sistemas es la **explicabilidad de las decisiones**, el disponer siempre de una respuesta a la pregunta “¿por qué el algoritmo tomó esta decisión?”. Es importante el uso de esta inteligencia artificial explicable porque ningún sistema está libre de errores o fallos, y en el caso de tomar decisiones (equivocadas o acertadas), es necesario conocer el porqué de estas para reorientar la algorítmica. Por ello, resulta difícil de justificar a priori el uso de técnicas de *deep learning* para la toma de decisiones críticas, por su inherente falta de explicabilidad. Actualmente, el estudio y desarrollo de mecanismos que iluminen el proceso de aprendizaje de los métodos de *deep learning* es una línea muy activa de investigación, y se espera que más pronto que tarde podamos conocer las razones detrás de sus decisiones, y como consecuencia entender el proceso de aprendizaje automático.

SISTEMAS DIFUSOS

Los sistemas difusos son muy comunes hoy en día para el control de maquinaria, para aportar recomendaciones en un sistema de ayuda a la decisión o para valorar soluciones de ingeniería. Tengamos en cuenta que cuando un aparato de aire acondicionado decide enfriar o mantener la temperatura, o cuando una caja de cambios automática decide cambiar de marcha, muy probablemente esté ejecutando un sistema difuso para tomar la decisión.

La base de los sistemas difusos, cuyo origen se remonta a la década de los 70, es simular el razonamiento humano, donde se suele decir que no todo es “blanco o negro” sino que hay escalas de grises. Hasta la aparición de estos

sistemas, los algoritmos funcionaban con “verdades absolutas” (verdadero o falso). **En los sistemas difusos, el grado de certeza se puede expresar como un “porcentaje de verdad”,** y podemos trabajar con escalas del tipo “Absolutamente sí - Probablemente sí - No sabría decir - Probablemente no - Seguro que no”, por ejemplo.

Para el adecuado funcionamiento de estos sistemas, hay que definir un sistema de reglas de decisión (“si pasa esto... hacer lo otro”), y un motor de inteligencia que toma la decisión en función de estas reglas. De esta forma, por ejemplo, se consigue que el sistema anti-deslizamiento de los coches se active en ciertas condiciones en función de los valores que recibe de los sensores de las ruedas, el motor, y el acelerador entre otros.

1.3. OTRAS TECNOLOGÍAS RELACIONADAS CON LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL DE APLICACIÓN EN LA EMPRESA

Las técnicas anteriormente descritas son lo que podríamos llamar “el núcleo” de la IA, los fundamentos que permiten construir sistemas más complejos que combinan varias de ellas para generar tecnologías que sí son más conocidas o comprensibles por el público general y por tanto de aplicación directa a la PYME.

Presentaremos en esta sección algunas tecnologías digitales disruptivas que deben su actual desarrollo, o se prevé su alto grado de implantación, gracias al uso de técnicas de IA en uno o varios de sus subsistemas. Por ejemplo, la visión artificial es un área de conocimiento con más de 40 años de historia, pero ha sido en los últimos años, gracias a la explosión de las redes neuronales artificiales, cuando sus aplicaciones en diversos sectores económicos se han multiplicado, además de ser una fuente de datos en numerosos sistemas de IA. Incluimos en este apartado el procesamiento del lenguaje natural, el Internet de las cosas, la computación en la nube y en el borde, los gemelos digitales, las ciudades o territorios inteligentes, la ciberseguridad, la realidad aumentada o los vehículos autónomos, entre otras tecnologías.

Estas tecnologías serán más visibles y tangibles por el lector en la segunda parte del informe, donde se podrá comprobar su aplicación en diversas áreas de la empresa.



VISIÓN ARTIFICIAL

La visión artificial (*computer vision*, en inglés) es un área de la IA que permite a los sistemas informáticos extraer información relevante de imágenes digitales, ya sean fotografías o videos. Podríamos decir que, **si la IA permite a los ordenadores “pensar”, la visión artificial les permite “ver”**.

Hasta la década de los 90, los algoritmos de visión artificial eran puramente matemáticos y estadísticos, y realizaban la extracción de la información con creciente precisión gracias a las sólidas bases matemáticas que había detrás. Ya con este nivel de precisión era posible disponer de reconocedores automáticos de matrícula en los radares de carretera, por ejemplo. En el siglo XXI, con el desarrollo de los sistemas de aprendizaje automático y, sobre todo, del aprendizaje mediante redes neuronales artificiales, los sistemas de visión por computador han alcanzado un desarrollo espectacular que, combinados con la IA que procesa sus datos de salida, generan soluciones inabordables en tiempo real con otros medios.

Desde hace muchos años, los humanos hemos entrenado los sistemas de visión artificial sin ser conscientes, por ejemplo, con los captcha. Inicialmente era, recordemos, escribir las cifras o letras que veíamos en pantalla. Luego se pasó a marcar las fotografías que cumplían cierto requisito. Todo esto formaba parte de un gran sistema de entrenamiento de algoritmos de visión artificial para realizar el reconocimiento óptico de caracteres (OCR) en el primero de los casos, y para la búsqueda inteligente de imágenes, en el segundo.

Hoy en día, existen sistemas de visión artificial capaces de estimar la edad de una persona simplemente viendo su cara con un margen de error inferior al 1%, o de detectar si una persona porta un arma en una multitud. En la industria, el control de calidad de las piezas fabricadas es habitualmente realizado por cámaras inteligentes que detectan fallos que pasarían inadvertidos al humano más experto.

PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) es un área de la IA que permite a los sistemas informáticos comprender un texto escrito o hablado, y generar textos o locuciones de la misma forma que lo haría un humano.

En realidad, el PLN combina lingüística computacional (modelar de forma matemática el lenguaje humano), con estadística, aprendizaje automático y aprendizaje profundo, así como con procesamiento de señales. No en vano,

es necesario traducir de señales sonoras (en el caso de la voz) a texto que sea comprensible por los algoritmos inteligentes, que deberán ser capaces de reconocer los términos, eliminar ambigüedades, quedarse con el significado concreto de la palabra, relacionar pronombres, sujetos, etc. Algo que los humanos hacemos con tanta naturalidad, requiere de un entrenamiento complejo por parte de estos sistemas.

Estamos rodeados de sistemas de procesamiento del lenguaje natural: cuando le pedimos a una web que traduzca textos de un idioma a otro, cuando el asistente de voz del móvil responde a preguntas escritas u orales... Incluso hay sistemas que son capaces de resumir grandes volúmenes de texto. Estamos tan acostumbrados a usar los sistemas de GPS, a hablarle al teléfono y que nos responda, o utilizar un *chatbot* en una tienda online, que podríamos decir que los PLN están en todas partes. El PLN también forma parte de los sistemas de detección de SPAM, o en sistemas automáticos de **análisis de opiniones** en redes sociales, que resulta fundamental hoy en día para los departamentos de *marketing* de las empresas.



INTERNET DE LAS COSAS

En su término más amplio, Internet de las cosas (*IoT, Internet of things*) se compone de la agrupación e interconexión de dispositivos electrónicos a través de una red (privada o pública). Estos dispositivos pueden ser simplemente sensores que envían su información a un servidor, actuadores que responden a indicaciones recibidas por la red, ordenadores que procesan la información, o elementos que combinan varios de estos roles. Cualquier elemento electrónico que pueda ser conectado a Internet e interactuar sin necesidad de intervención humana formaría parte de ese Internet de las Cosas.

El *IoT* es la piedra angular de diversas tendencias o tecnologías como el gemelo digital, las ciudades inteligentes o los edificios inteligentes que, al fin y al cabo, basan su funcionamiento en esa **red de sensores interconectados** que proporciona información en tiempo real para la toma de decisiones y la ejecución de esas acciones.

El funcionamiento del *IoT* depende de que haya un protocolo común de comunicación entre los dispositivos de diferentes fabricantes, que debe ser público y de libre conocimiento por toda la Industria para que los nuevos dispositivos sepan “el idioma” en que comunicarse. Así mismo, es importante la durabilidad de la batería, en el caso de dispositivos no conectados a la red eléctrica, o el sistema de comunicación (WiFi, 4G, 5G o LoRa, por ejemplo).



Por tanto, lo distintivo del *IoT* no es tanto que haya dispositivos conectados a Internet ni que estos sean inteligentes, sino que exista una conexión directa y **una capacidad autónoma de recopilar información, transmitirla y tomar decisiones**.

COMPUTACIÓN EN LA NUBE

La computación en la nube o *cloud computing* consiste en la posibilidad de ofrecer servicios a través de Internet gracias a una infraestructura física o virtual alojada en centros de datos distribuidos, donde se alojan los sistemas informáticos que pueden procesar, servir o almacenar datos.

Una de sus funciones es aumentar la eficiencia, agilidad y el alcance de los procesos de cálculo. Otra es la de fomentar **nuevas posibilidades de modelos de negocio**, haciendo que podamos tener todos nuestros archivos e información en Internet, sin necesidad de tener que preocuparnos por poseer la capacidad suficiente para almacenar esa información en nuestro ordenador

Un *cloud computing* se puede ofrecer en varias modalidades de servicio:

- **Infraestructura como servicio** (*Infrastructure as a Service, IaaS*), que proporciona a las empresas una infraestructura de hardware, almacenamiento y dispositivos de red puestos, con herramientas que permiten realizar su gestión a distancia.
- **Plataforma como servicio** (*Platform as a Service, PaaS*), donde el proveedor de estos servicios pone a disposición de sus clientes plataformas de software pre-configuradas en las que el cliente sólo tiene que usarlas y configurarlas a su gusto y con sus datos y requerimientos.
- **Software como servicio** (*Software as a Service, SaaS*), que son aplicaciones que se ejecutan en la nube. Las personas o compañías que proporcionan a estos servicios permiten que los usuarios usen este software a través de un navegador web.

COMPUTACIÓN EN EL BORDE

La computación en el borde, también referida como computación distribuida en el extremo (*edge computing* en sus términos en inglés), permite que **los datos producidos por los dispositivos IoT se procesen cerca de donde se crearon**, en lugar de enviarlos a través de largos recorridos, hasta las nubes de computación.

La principal ventaja es que permite su inspección casi en tiempo real, en el propio dispositivo que genera o lee los datos. Así pues, el *edge computing* es



una tecnología importante para los servicios de *IoT* puesto que los datos transferidos hacia los servidores se reducen enormemente y **se reduce el tiempo de respuesta**. La contraprestación es que la capacidad de cálculo en el borde es mucho menor que en los grandes servidores *cloud*.

GEMELO DIGITAL

El concepto de gemelo digital (*digital twin*) no surge en Informática hasta el siglo XXI, y se considera que es la simulación digital de un sistema físico, combinando los datos de los sensores y registros históricos, para replicar el comportamiento del objeto real. De esta forma, el gemelo digital es capaz de monitorizar el estado del sistema real, interpretar los datos recibidos, realizar simulaciones a futuro y apoyar en la toma de decisiones. **Un gemelo digital permite controlar a su gemelo físico** gracias a la inteligencia artificial, que es al fin y al cabo quien toma las decisiones para actuar.

Un gemelo digital consta de tres grandes subsistemas: captación de datos (sensores), modelo de simulación (sistema de IA) y visualización (3D, numérica o física). Incluso se está empezando a hablar del *trillizo digital*, que es añadir una réplica física (p.ej. con impresión 3D) del gemelo digital donde añadir nuevos sensores que a su vez retroalimenten al sistema de IA.

En realidad, **hay muchos niveles de madurez de un gemelo digital**, desde un simple modelo virtual 3D del objeto físico, hasta sistemas inteligentes que aprenden y evolucionan el modelo físico, detectando anomalías y autorreparándose.

Es muy habitual disponer hoy en día de modelos digitales en construcción (*Building Information Modeling, BIM*), que serían unos “gemelos digitales” muy básicos, utilizados como modelos 3D con información posicionada espacialmente y con cierta semántica, que podrían entrar de pleno en el concepto de gemelo digital en tanto en cuanto se acompañara este BIM de datos de sensores y cálculos sobre estos datos. De hecho, en la industria es cada vez más habitual encontrar gemelos digitales con sensores en tiempo real del gemelo físico que son monitorizados en pantalla y permiten cierto análisis de la información y predicciones.

Cuanto más precisa sea la **representación virtual** del objeto físico y de más calidad **los datos de los sensores**, más detallada podrá ser la **simulación digital** y por tanto más afinadas las **predicciones y acciones** que realice el sistema de IA.



CIBERSEGURIDAD

Por ciberseguridad entendemos el conjunto de técnicas orientadas a proteger sistemas críticos e información sensible de ataques digitales. En un mundo de la empresa cada vez más digital e interconectado, **la ciberseguridad debe estar en el *checklist* de cualquier PYME**, como la seguridad laboral o el cumplimiento normativo.

La complejidad de los sistemas informáticos, y la falta de profesionales especializados dentro de la PYME, suponen realmente un coste adicional del cual no todas las empresas son conscientes. De hecho, es habitual cada día conocer ataques informáticos de tipo *ransomware*, *malware* o *phishing* que afectan de forma más o menos intensa a las empresas. Es evidente que **una brecha de seguridad en los sistemas informáticos de la PYME puede suponer pérdidas irreemplazables**. Una organización sensible a estos temas implementará sistemas automáticos de detección de intrusiones, basados en IA, de forma que se minimicen los riesgos.

Hasta hace pocos años, la seguridad de los sistemas informáticos podría alcanzar un nivel más o menos razonable con un buen antivirus y un sistema de contraseñas individualizado. Actualmente, dada la complejidad de las conexiones de red, el almacenamiento en la nube y los dispositivos móviles de la empresa, las vías de acceso para los delincuentes se multiplican, y también las técnicas por las que intentan acceder a los sistemas.

¿Cómo se usa la IA en sistemas de ciberseguridad? Mediante la monitorización del tráfico en la red se pueden detectar **comportamientos anómalos**, o estudiando el comportamiento en las visitas a la web. También se pueden simular ataques cibernéticos con IA y que un agente inteligente adversario vaya reforzando la seguridad del sistema. Pensemos en el reconocimiento facial de iPhone. ¿Cómo burlar esa protección y desbloquear el sistema? ¿Generando “caras virtuales” del usuario? Estos sistemas adversarios generan esas simulaciones y a la vez mejoran el sistema de reconocimiento para que no pueda ser engañado.

REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada (RA) es la combinación de tecnologías que permiten la **inclusión en tiempo real de contenidos generados por ordenador en imágenes reales**, permitiendo la interacción con dicho entorno y posicionando a los objetos virtuales sobre la escena real.

Es muy habitual la confusión entre realidad virtual (RV) y realidad aumentada, cuando son tecnologías muy diferentes y con fundamentos, requisitos y ob-



jetivos diversos. La RA se distingue de la RV en que ésta última requiere de la creación de un universo completo en el que el usuario siente que está, mientras que con la RA no existe esa necesidad de inmersión, sino que el usuario puede distinguir lo que es real de lo que es generado artificialmente. La realidad virtual tampoco es ver un objeto 3D en la pantalla del móvil o del ordenador, sino que requiere que el usuario no perciba nada de la realidad e interactúe con el sistema sin tener estímulos reales en al menos dos de los sentidos.

Los teléfonos móviles y tablets han supuesto un avance notable en cuanto a la disponibilidad de infraestructura hardware y software que aglutine todos los elementos necesarios para la ejecución de un sistema de realidad aumentada:

- **una cámara** para captura de imagen real,
- **un sistema de cómputo** que sepa ubicar a la cámara con respecto al objeto real y reconocer marcadores o puntos de activación,
- **un visor** donde mostrar la imagen generada por la combinación de lo real y lo sintético.

Adicionalmente, hay en el mercado gafas con cámaras integradas que permiten la proyección digital sobre lo que el usuario está viendo, dejando las manos libres para realizar gestos de interacción. Las más conocidas son las Microsoft HoloLens, si bien hay varios dispositivos en el mercado que, con diversas prestaciones, incluyen todo lo necesario para el despliegue de sistemas de RA.

Cuando el usuario puede interactuar con los objetos digitales de la escena, hablamos de **realidad mixta**. Es de prever que con el desarrollo del 5G, esta tecnología despegue definitivamente y la podamos ver en contextos como el mantenimiento industrial, el entrenamiento de habilidades mecánicas, el diagnóstico médico o el turismo inteligente.

IMPRESIÓN 3D



En 2013, Barack Obama pronunció su discurso del Estado de la Unión: “la impresión 3D tiene el potencial de revolucionar la forma en la que hacemos casi todo”, y denominó a esta tecnología como “la próxima revolución en la fabricación”. Sin duda, la fabricación de objetos físicos a partir de sus modelos digitales de forma aditiva permite materializar de forma sencilla, rápida y a un bajo coste elementos digitales en cualquier lugar.

Si bien la impresión 3D no está directamente relacionada con la IA, sí es una tecnología muy potente para materializar resultados de procesos de **diseño inteligente**, o como apoyo a los *gemelos digitales* descritos anteriormente.

Para una PYME, **la impresión 3D aporta notables ventajas**, como la reducción de costes en la fabricación de prototipos, la eliminación de gastos de transporte o desechos de producción, o la posibilidad de fabricar en piezas de repuesto de objetos. Además, la multiplicidad de materiales susceptibles de usar en la impresión ha permitido el uso de esta tecnología a cualquier escala y en diversos sectores: desde el sector biotecnológico, mediante la impresión de tejidos y órganos, hasta la alimentación o la construcción, donde es objeto de numerosos estudios sobre los materiales y su comportamiento.

Relacionado con la impresión 3D se encuentra una incipiente tecnología que es el **diseño generativo**. Dado una serie de requisitos estéticos, materiales, estructurales o económicos, un sistema de IA es capaz de generar cientos de modelos 3D que cumplen dichos requisitos, para posteriormente el director de proyecto seleccionar el más adecuado y proceder a realizar la fabricación física de los mismos. El diseño generativo se usa actualmente en el diseño industrial, el diseño de mobiliario y en el diseño de estructuras de ingeniería y construcción.



CIUDADES INTELIGENTES

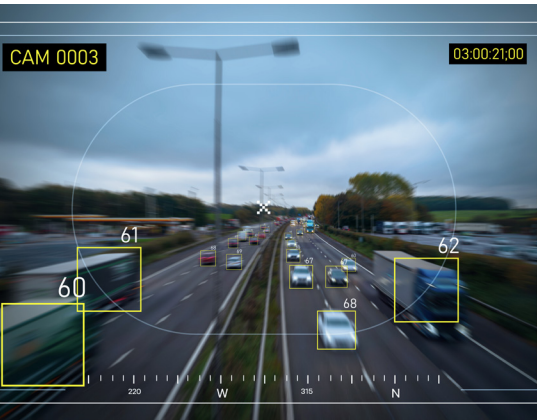
La **ciudad inteligente** (*smart city*) es una ciudad que utiliza la tecnología **para mejorar la vida de sus ciudadanos**. Y esta tecnología, incluida en los diferentes elementos de la ciudad, se compone de numerosos subsistemas gobernados por un gran sistema de ayuda a la decisión inteligente.

La base de toda ciudad inteligente es la capacidad de recolección de datos. Los sensores ubicados en la ciudad, conectados a la red, suponen un potente *IoT* que permite monitorizar todo lo que ocurre en la ciudad. La gestión de tan ingente cantidad de datos con algoritmos de *big data*, permite generar sistemas inteligentes que tomen decisiones, bien con sistemas difusos o aprendizaje automático, y trasladar esas decisiones a otros elementos de la ciudad igualmente conectados a la red (sistema de iluminación, transporte público, señalización viaria, red de aguas, etc.).

Una PYME puede ofrecer servicios para la *smart city*, o beneficiarse de ellos para mejorar sus productos o servicios. **La base de toda la ciudad inteligente son los datos y la capacidad de extraer información a partir de ellos.**

La propia Comisión Europea ha creado el [Smart Cities Marketplace](https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu)⁸ donde se concentran todas las administraciones, industrias, PYMES, inversores, investigadores y otros actores del ecosistema para incrementar la competitividad de sectores tan diversos como la movilidad, seguridad, energía, gobernanza, etc.

⁸ <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu>



VEHÍCULOS AUTÓNOMOS

El desarrollo y producción en masa de coches autónomos tiene la capacidad de revolucionar la movilidad de personas y mercancías, **incrementando la seguridad y la eficiencia**.

Para que estos sistemas lleguen a ser una realidad, **se necesitan integrar diversas tecnologías** de las que ya hemos hablado en este informe:

- visión artificial, para identificar el entorno con varias cámaras;
- internet de las cosas, para interactuar con sensores de propio vehículo y de la vía;
- procesamiento del lenguaje natural, para recibir e interpretar órdenes o conversaciones;
- sistemas de aprendizaje automático, para reaccionar ante eventos inesperados;
- ciberseguridad inteligente, para evitar intrusiones no autorizadas en los vehículos.

Es normal que al hablar de vehículos autónomos el lector piense en el coche, pero hay muchas más posibilidades: repartos de última milla con pequeños vehículos, drones que surcan el cielo para tareas de vigilancia, sistemas automáticos de gestión de almacenes o convoyes de camiones que realizan transportes por carretera sin intervención humana y por tanto sin fatiga del conductor.



2

Aplicación de la IA en la pequeña y mediana empresa

Una vez descritas las tecnologías que se engloban dentro del concepto de inteligencia artificial, pasamos a describir algunos casos de uso que son hoy en día trasladables a los diferentes sectores económicos.



2.1. AGRICULTURA Y GANADERÍA

En los últimos años, se han acuñado los términos agricultura y ganadería de precisión para referirnos a una serie de **mejoras en los procedimientos tradicionales basadas en el uso de modelos de IA**. Las nuevas instalaciones agrícolas y ganaderas están haciendo cada vez más uso de redes de sensores que generan miles de datos de naturaleza muy variada: imágenes o secuencias de vídeo, sonidos captados por micrófonos, registros de temperatura, humedad, composición química en las instalaciones o cultivos, datos biométricos, etc. Toda esta información es analizada por los sistemas de IA para construir modelos que predicen fenómenos o mejoran su comprensión, optimizan operaciones o automatizan tareas de un modo eficiente.

Algunos de los objetivos que se persiguen tanto en agricultura como en ganadería de precisión son los siguientes:

- crear un registro de la explotación,
- mejorar la toma de decisiones,
- fomentar una mayor trazabilidad,
- obtener alimentos saludables y seguros,
- optimizar la eficiencia y la calidad de la producción,
- automatizar tareas rutinarias en los procesos de producción,
- mejorar la comercialización de los productos,
- minimizar los riesgos financieros y maximizar los beneficios,
- minimizar el impacto ambiental.

Además, en el caso de la ganadería se plantean otros retos tales como:

- mejorar la salud animal,
- identificar la mejor forma de alimentar al ganado,
- gestionar los procesos de cultivo para conseguir una sinergia perfecta con la alimentación del ganado.

A continuación, examinaremos algunos casos de éxito de sistemas en los que se aplican las técnicas de IA a problemas en la agricultura y la ganadería.



AGRICULTURA DE PRECISIÓN

La IA puede tener sin duda un gran impacto en la mejora de la calidad y cantidad de las cosechas, desarrollando la agricultura de precisión. El impacto de plagas, enfermedades y carencia de nutrientes es notable sobre las explotaciones, y cualquier esfuerzo orientado a la minimización de estos impactos negativos, o al incremento de la productividad, redundará indudablemente en un aumento de la competitividad de la empresa.

Eliminación automática de malas hierbas

Los datos procedentes de diferentes sensores *in situ* e imágenes satelitales permiten, combinados con técnicas de aprendizaje automático, detectar y localizar malas hierbas para decidir qué herbicida aplicar en la explotación y en qué zonas concretas es necesario su uso, ayudando a reducir el uso de productos químicos y ahorrando costes. De hecho, soluciones como las de [Bilberry](https://bilberry.io)⁹, [Ecorobotix](https://ecorobotix.com/en/ara)¹⁰ o [Blue River](https://www.bluerivertechnology.com)¹¹ de John Deere han demostrado que es posible **reducir en hasta un 95% el uso de herbicidas en las explotaciones agrarias**, mediante un uso intensivo de técnicas de visión artificial, redes neuronales y edge computing en la propia plantación que permiten controlar y rociar con precisión las malas hierbas.

Otra aproximación al problema de las malas hierbas es el uso de **desbrozadoras automáticas autónomas**, como [Carbon Robotics](https://carbonrobotics.com)¹² que mediante la aplicación de laser de precisión, elimina mecánicamente las plantas no deseadas.

Detección de insectos y enfermedades

Utilizando el reconocimiento de imágenes basado en el aprendizaje profundo, hoy en día ya existen sistemas que automatizan la detección de enfermedades y plagas de las plantas. Ejemplos de este tipo de sistemas son las apps [Tomato MD](https://plantix.net/es)¹³ o [Turf MD](https://turfmd.com), diseñadas por la *American Phytopathological Society* para detectar y asesorar las enfermedades del tomate y el césped respectivamente, o la app [Plantix](https://plantix.net/es)¹⁴, que ha experimentado más de 15 millones de descargas. En estas aplicaciones, un smartphone recoge la imagen que se analiza mediante técnicas de IA en la nube y, a continuación, se proporciona un **diagnóstico de la enfermedad concreta, indicando el mejor tratamiento a aplicar sobre el cultivo**.

⁹ <https://bilberry.io>

¹⁰ <https://ecorobotix.com/en/ara>

¹¹ <https://www.bluerivertechnology.com>

¹² <https://carbonrobotics.com>

¹³ <https://youtu.be/V47KYnA8Tfo>

¹⁴ <https://plantix.net/es>

Los algoritmos de visión artificial y reconocimiento de patrones también pueden utilizarse para el reconocimiento de insectos que puedan afectar a las plantas. Para ello, se suelen utilizar trampas adhesivas que capturan los insectos. Dichas trampas suelen estar monitorizadas con cámaras conectadas a Internet, de forma que se obtienen las imágenes en tiempo real. Aplicando técnicas de visión artificial se pueden detectar y contar el número de individuos capturados, así como técnicas más precisas de reconocimiento de imágenes para la detección de las especies específicas de los insectos existentes. Otras soluciones, como el [Bug Vacuum](#)¹⁵ utilizan vehículos autónomos que se mueven por la plantación para ir aspirando los insectos de una forma cómoda y sin pesticidas.



Robots para recolección automática

En numerosos cultivos, los robots suelen ser los que realizan la recolección de las cosechas, dada su mayor precisión y rapidez con respecto a los trabajadores humanos. Además, el uso de estas máquinas inteligentes **permite mejorar el tamaño de la cosecha y reducir los residuos** que se quedan en el campo, **mejorando la eficiencia** agrícola y **reduciendo la exposición a pesticidas** de los trabajadores.

En Andalucía, una empresa onubense ha desarrollado y comercializa el [Agro-bot](#)¹⁶ para recoger fresas. Este dispositivo combina sensores infrarrojos y cámaras a todo color para detectar el punto de maduración de la fresa con técnicas de IA y brazos robóticos que cortan el tallo para producir el mínimo daño al fruto.

También están desarrollándose dispositivos recolectores automáticos para los frutales, como el robot de vacío en desarrollo por la empresa californiana [Abundant Robotics](#)¹⁷, que puede recoger manzanas maduras de los árboles gracias a los sistemas de visión artificial que reconocen el punto óptimo de maduración, o el robot de la empresa hispano-israelí [Automato Robotics](#)¹⁸ para cosechar tomates y otras verduras de invernadero. Estas máquinas utilizan la fusión de sensores, visión artificial y modelos de reconocimiento de patrones para identificar la ubicación de los productos listos para ser cosechados y ayudar a recoger los frutos adecuados, además de sistemas de guiado autónomo que les permite trabajar día y noche y un sistema continuo de recolección de *big data* para el aprendizaje automático.

¹⁵ <https://www.agrobot.com/bugvac>

¹⁶ <https://www.agrobot.com>

¹⁷ <https://waxinvest.com/projects/abundant-robots>

¹⁸ <https://automatorobotics.com/es>

Sistemas predictivos

Los modelos predictivos, obtenidos a partir de los datos generados en las instalaciones agrarias, pueden dar apoyo a una gran variedad de decisiones relacionadas con este tipo de explotaciones.

Con el cambio climático y el aumento de la contaminación, es a veces difícil determinar el momento adecuado para la siembra de semillas. Con la ayuda de la IA, se pueden **analizar las condiciones meteorológicas y ambientales para planificar el tipo de cultivo y el momento de la siembra**, por ejemplo, con las soluciones de Agrivi¹⁹.

Otros sistemas inteligentes, como los de EC2CE²⁰ utilizan diversos algoritmos de IA para **predecir los precios** agrícolas de productos hortofrutícolas, y tomar la decisión más adecuada del momento de venta, o predecir la producción semanal o de rendimiento.



GANADERÍA DE PRECISIÓN

La monitorización del ganado es de vital importancia de cara a tener un mejor conocimiento de sus hábitos, detectar comportamientos no deseados, enfermedades, etc. Estas acciones de monitorización se realizan mediante imágenes tomadas con sistemas de cámara o incluso mediante imágenes aéreas tomadas con drones u otros dispositivos, mientras que otras se pueden realizar mediante dispositivos inteligentes colocados en los animales.

Algunas de las aplicaciones de estos sistemas de monitorización son las siguientes:

- contar animales,
- detectar enfermedades,
- identificar comportamientos inusuales,
- o supervisar actividades significativas, como el parto.

Un ejemplo de este tipo de sistemas es CattleEye²¹. Con sistemas automáticos de video, y algoritmos de IA para el análisis de las imágenes, se monitoriza el movimiento de las vacas en un establo de ordeño, detectando por ejemplo irregularidades en la forma de andar, que pueden ser achacadas a algún tipo de lesión o infección. Este sistema de visión artificial, por tanto, **ayuda a prevenir y mejorar la salud de las reses**, y de paso, dado que este tipo de lesiones suelen ser dolorosas y pueden llegar a reducir la producción de leche en un 10%, **mejorar la productividad del rebaño**.

¹⁹ <https://www.agrivi.com>

²⁰ <https://www.ec2ce.com>

²¹ <https://cattleeye.com/>

Otro ejemplo interesante es el **sistema Ida²²**, desarrollado por la empresa Connecterra. Este sistema utiliza un sensor ubicado en el collar de la res, la integración de fuentes de datos y la IA procesada en la nube para la **detección temprana de enfermedades** de las vacas, como la cetosis, la mastitis o los problemas digestivos, e incluso para la determinación del momento óptimo de inseminación. Según la empresa, se consigue un menor número de días de tratamiento con antibióticos de las vacas que llevaban los sensores respecto al resto, o un éxito casi total en la tasa de concepción de las vacas.

La empresa **Ixorigue²³** ha desarrollado una tecnología de gestión inteligente aplicable a la ganadería en campo abierto. La solución en este caso está basada en el uso de “collares inteligentes” que disponen de geolocalización y de una serie de sensores que monitorizan una serie de parámetros de actividad del ganado y los transfieren a la nube. En ese punto, los sistemas aplican modelos de IA para generar **alertas sobre comportamientos o circunstancias de interés** (celo, parto, cubrición, extravío...), pudiendo enviar alertas a diferentes tipos de usuarios ya que el sistema es configurable para enviar distintas alertas a los cuidadores, ganaderos, veterinarios, etc.



2.2. CONSTRUCCIÓN E INFRAESTRUCTURAS

Los países desarrollados están inmersos en la cuarta revolución industrial catalizada por la IA, el IoT y la robótica, en la que los seres humanos y los activos físicos colaboran sinérgicamente en una relación simbiótica. Las infraestructuras y en general nuestro patrimonio construido formarán sin duda parte de esta revolución, debido al relativo bajo coste de la digitalización y la tecnología robótica en comparación con los enormes costes de mantenimiento de las infraestructuras y los potenciales beneficios de la digitalización en este sector.

A continuación, se proporcionan algunos ejemplos sobre tecnologías digitales que ya están generando un impacto relevante en el sector de la construcción y de las infraestructuras.

DISEÑO GENERATIVO

El diseño generativo es una técnica basada en IA que permite a los ingenieros y arquitectos definir, crear automáticamente y evaluar alternativas de diseño en función de las restricciones marcadas (material, costes, tiempo de ejecución, distribuciones de espacios, cargas estructurales, eficiencia energética, etc.), dejando a los algoritmos de aprendizaje automático la creación de las diferentes opciones en función de dichas restricciones.

²² <https://www.ida.io/en/>

²³ <https://ixorigue.com/>

Esta nueva forma de generar diseños supone **un cambio en la forma tradicional de concebir las estructuras y construcciones arquitectónicas** basada en experiencia, pero acelera notablemente los cálculos y por tanto reduce la complejidad del proyecto. No es lo mismo calcular cómo un diseño afecta a las cargas energéticas o costes de construcción, que supone ir pasando por todos los elementos constructivos y comprobando las diferentes interacciones, que realizarlo de forma inversa: definir los objetivos deseables y dejar que el algoritmo ofrezca varios diseños que cumplan esas restricciones. De esta manera, además de dibujar líneas y puntos, en **un entorno de diseño paramétrico se establecen relaciones semánticas**, creando un BIM más completo y con capacidad de evolucionar automáticamente.

Estos diseños generativos se pueden realizar con herramientas comerciales, como [Autodesk Revit®²⁴](https://www.autodesk.es/products/revit/) o el [Autodesk Dynamo Sandbox²⁵](https://dynamobim.org/). Una introducción a este tema se puede encontrar en el proyecto [Generative Design Primer²⁶](https://www.generativedesign.org/), un proyecto de software libre promovido por la propia Autodesk.

[TestFit²⁷](https://testfit.io/) es otra solución disponible para co-crear y probar diferentes configuraciones de edificios en planificaciones urbanísticas.

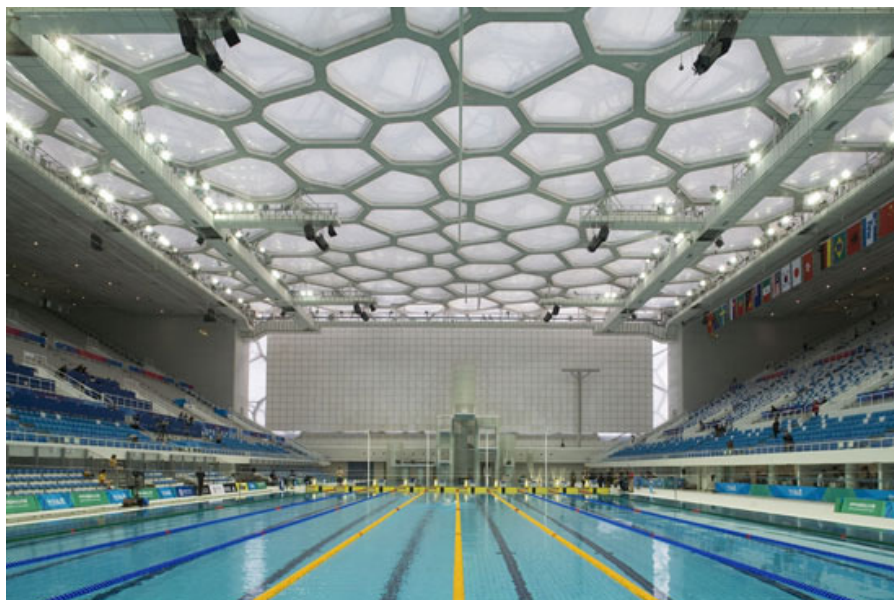


Ilustración 2

**TECHO DEL CUBO ACUÁTICO DE LOS JJOO DE BEIJING,
CUYO DISEÑO FUE GENERADO CON IA**

²⁴ <https://www.autodesk.es/products/revit>

²⁵ <https://dynamobim.org/>

²⁶ <https://www.generativedesign.org/>

²⁷ <https://testfit.io/>



GESTIÓN INTELIGENTE DE INFRAESTRUCTURAS

Tal y como se ha explicado en la primera parte de este informe, el concepto de *gemelo digital* se asocia con la simulación digital de un sistema físico, de manera que se consiga tener un modelo virtual que haga de “gemelo” del sistema real. Este modelo se nutre de datos procedentes de sensores que, analizados por un modelo de IA, permite realizar predicciones o simulaciones futuras.

Esta conexión entre datos y algoritmos de IA distinguen al gemelo digital frente a otros conceptos con lo que guarda ciertas similitudes como son los BIM, o los sistemas ciber físicos (*cyber-physical systems*, CPS) ya que estos no tienen por qué disponer de una réplica digital del sistema, o en los BIM carecer de algoritmos inteligentes de procesamiento de datos.

Un ejemplo en España es el [proyecto Panoptis²⁸](#), que aplica gemelos digitales a la conservación preventiva de carreteras. Para ello, se ha creado un tramo de autovía inteligente de 77.5 km situado en la autovía A2, precisamente el tramo que registra el mayor volumen de tráfico pesado de toda España. Este tramo está equipado con una red sensores (climáticos, de monitorización estructural, monitorización de laderas, etc.) conectados mediante arquitectura *IoT* junto con sistemas de visión por ordenador, creando un gemelo digital del tramo que ayuda a **identificar los puntos más vulnerables de la carretera a efectos operación y mantenimiento**, y predecir los efectos del cambio climático sobre la operación y mantenimiento de la vía.

El [proyecto Génesis \(Gestión Inteligente de Smart Cities\)²⁹](#) usa el concepto de gemelo digital para la gestión y mantenimiento del viario urbano desarrollado. Este sistema permite mantener un inventario pormenorizado del mobiliario urbano, con datos actualizados de estado de pavimentación, solería de cada calle, mobiliario que contiene y estado del mobiliario. Este inventario se actualiza de forma automática en tiempo real usando imágenes satelitales y algoritmos inteligentes de identificación de objetos, creando un gemelo digital de todas las calles de la ciudad. El sistema cruza en tiempo real estos datos con información operacional, como por ejemplo los trabajos programados, stock de almacén, posibles incidencias o intervenciones de otras entidades como compañías eléctricas o de agua, para evitar que se actúe en una calle si se va a modificar en breve, etc.

²⁸ <https://cordis.europa.eu/project/id/769129/es>

²⁹ <https://www.conservacionviariamalaga.eu/el-plan/idi/genesis>



PREDICCIÓN DE RIESGOS A PIE DE OBRA

La analítica inteligente de la seguridad y salud laboral es un campo emergente, que hace uso de técnicas de visión artificial (con imágenes estáticas o procedentes de drones), sensores *IoT* y técnicas de aprendizaje automático para detectar riesgos de seguridad.

La Texas A&M University ha conseguido con un sistema de visión por ordenador y técnicas de aprendizaje profundo, evaluar **el riesgo de impacto de objetos en situación de vientos extremos** en el lugar de **trabajo**³⁰. El sistema crea un gemelo digital de la zona de obra identificando la posición, masa y volumen de los objetos (maderas, paneles acopiados, etc) y realiza un mapa de calor del riesgo de impacto de los objetos identificados en función de la intensidad de viento.

Empresas como **empiricAI**³¹ ofrecen sistemas de **monitorización inteligente en tiempo real de las condiciones de trabajo**, detectando zonas de exclusión, puntos de entrada, trabajos en altura, etc. La capacidad de dar retroalimentación instantánea en caso de comportamiento incorrecto, así como la posibilidad de proporcionar información inmediata sobre la presencia de peligros en el entorno, puede transformar profundamente la **gestión de riesgos laborales**. Sin embargo, estos mecanismos de supervisión de riesgos conllevan aspectos regulatorios, legales y éticos que deben ser tratados con estricto cumplimiento de la legislación en cuanto a **privacidad y ética en la IA**³².

GESTIÓN ROBÓTICA DE INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS URBANOS

El mantenimiento y la gestión de infraestructuras y servicios urbanos es una de las áreas de aplicación más prometedoras de la robótica, especialmente en aquellos casos en los que la intervención humana pueda resultar peligrosa (trabajos en altura, zonas de difícil acceso, ambientes contaminados, etc.) o directamente imposible (aguas muy profundas, instalaciones sometidas a radiación nuclear, etc.).

El caso del tratamiento de residuos, actualmente se realiza a mano principalmente, pero hay productos como el robot ZRR de la start-up finlandesa **ZenRobotics**³³ (ver Ilustración 3) dotado de sensores que supervisan el flujo de residuos de forma continua y permite la clasificación automática de los mismos. Un módulo de IA analiza y aprende de la información captada por estos sensores en tiempo real, y los brazos robóticos articulados recogen fracciones de residuos de diversos tamaños, formas y materiales.

³⁰ <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104091>

³¹ <https://empiric.ai>

³² <https://osha.europa.eu/es/publications/impact-artificial-intelligence-occupational-safety-and-health/view>

³³ <https://zenrobotics.com/>



Ilustración 3

ROBOT ZRR DURANTE UNA TAREA DE CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN



2.3. INDUSTRIA

La industria está experimentando lo que se denomina “la cuarta revolución industrial”, también llamada Industria 4.0. Este término se refiere a la transformación digital de las producciones manufactureras y de las industrias afines, así como de los procesos de creación de valor.

La principal característica de la Industria 4.0, como evolución de la Industria 3.0, es el **trabajo autónomo de las máquinas sin la intervención de los humanos**. Este hecho es consecuencia de la aparición de los sistemas ciberfísicos (*cyber-physical systems*, CPS), sistemas compuestos por máquinas inteligentes, sistemas de almacenamiento e instalaciones de producción capaces de intercambiar información de forma autónoma, desencadenar acciones y controlarse mutuamente de forma independiente. Este intercambio de información se realiza mediante el *Internet de las cosas industrial*³⁴ (*Industrial Internet of Things, IIoT*) en el que miles de sensores trabajan en tiempo real y transfieren los datos a un servidor local o a un servidor en la nube. Estas competencias están cada vez más demandadas por las fábricas de todos los sectores, que buscan **garantizar la competitividad** de sus plantas de producción en un contexto cada vez más tecnológico.

El papel de la IA en la Industria 4.0 es, sin duda, fundamental. Muchos de los problemas que se plantean en este tipo de instalaciones, como la planificación de procesos, la automatización inteligente o la toma de decisiones automáticas se llevan a cabo aplicando modelos de inteligencia artificial y, en la mayoría de los casos, modelos que se construyen a partir de la información generada monitorizando los sistemas de la instalación mediante sensores.

³⁴ <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iiot/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/>



ROBÓTICA AUTÓNOMA Y COLABORATIVA

No sólo la industria 4.0 es una realidad, sino que en ciertos entornos ya se empieza a hablar de **“industria 5.0”**, trabajando el concepto de la **IA al servicio o en colaboración con las personas**, generando conocimiento y soluciones en las cuales el humano sea el protagonista y la maquinaria inteligente quede a su servicio para hacer el trabajo más fácil y sostenible.

Los robots industriales y los colaborativos (*cobots*) son un aspecto fundamental en esta industria 5.0 ya que trabajarían de forma autónoma, pero dados su sensores y sistemas inteligentes de funcionamiento, trabajan mano a mano con las personas de manera segura y precisa. Aunque el primer *cobot* fue inventado en 1996, es en esta década cuando está ampliándose la oferta de estos dispositivos, que permiten realizar **tareas repetitivas de forma automática sin excluir la participación humana en el proceso de fabricación**. Abordan tareas desde el marcado de la trazabilidad de los productos, el transporte de elementos de almacén, la inspección de calidad o el manejo de herramientas de precisión.

Estos robots industriales incluyen capacidades de **comunicación y cooperación** entre ellos, lo que les permite adaptarse al entorno, reprogramando su velocidad y coordinando las acciones de trabajo. Sería inviable mezclar al personal con robots industriales de ensamblaje de vehículos, por ejemplo, ya que estos trabajan a unas velocidades que harían muy peligroso cualquier contacto. Sin embargo, los *cobots* trabajan de una forma incansable, con multitud de sensores que detectan cualquier potencial accidente.

Existen grandes empresas, como [Universal Robots](https://www.universal-robots.com/es)³⁵ o [CFZ Cobots](https://cfzcobots.com)³⁶ que surten de decenas de miles de *cobots* a pymes de los más diversos sectores industriales, como el metal, la agroindustria, el automóvil o la industria del plástico. Eliminar tareas físicas repetitivas y costosas suponen una reducción en las enfermedades y accidentes laborales, y permite dedicar el esfuerzo humano a la creatividad y en un mejor ambiente.

FÁBRICAS DESASISTIDAS (LIGHTS-OUT)

Un caso de uso de la IA en la fabricación que todavía es difícil de ver implementado, pero que tiene un gran potencial, es el de la fabricación con luces apagadas – en terminología inglesa, *lights-out factories*³⁷. Este tipo de instalación aplica la IA, los robots y otras tecnologías de última generación para utilizar una mano de obra totalmente robotizada y funcionar con una interacción humana mínima.

³⁵ <https://www.universal-robots.com/es>

³⁶ <https://cfzcobots.com>

³⁷ <https://www.machinemetrics.com/blog/lights-out-manufacturing>

Este concepto está muy relacionado con el de los *gemelos digitales*, pues todo el proceso de fabricación se monitoriza y dirige con una réplica digital de la fábrica real.

CONTROL DE CALIDAD

Asegurarse de que el producto que sale de la fábrica se entrega en las mejores condiciones posibles al mercado y adaptado a sus estándares es fundamental para cumplir con objetivos y lograr la satisfacción del cliente. A través del análisis de los procesos de producción se facilita la identificación de posibles defectos, su corrección a tiempo y, sobre todo, su predicción para así evitarlos. De esta forma es posible alcanzar niveles de máxima calidad.

Los equipos de **visión artificial** se utilizan **para detectar anomalías en los productos**, con niveles de sensibilidad microscópicos, a velocidades que un ser humano no puede igualar sin cometer errores. Por ejemplo, la empresa malagueña **MLabs**³⁸ ha demostrado su uso en plantas de fabricación de vidrio o en la industria textil, o la compañía **MCR**³⁹ en el sector de la alimentación.

Los sistemas de **realidad aumentada** pueden ayudar a la **formación presencial y a distancia**, de modo que los técnicos de cualquier lugar puedan conectarse con los de una instalación y guiarlos, siendo la empresa onubense **Seabery**⁴⁰ una de las líderes mundiales en esta tecnología.

Otros sistemas de control de calidad basados en IA son las denominadas superposiciones de realidad aumentada, en las que se comparan las piezas de montaje reales con las proporcionadas por los proveedores para detectar cualquier desviación de calidad, como es el caso de la solución **Visual Inspect AR™** de **Faro**⁴¹.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Otra de las aplicaciones más interesantes de la IA en la industria son los sistemas de apoyo al **mantenimiento predictivo**. En este tipo de sistemas, la información generada por los sensores que monitorizan las instalaciones industriales alimenta un sistema predictivo que modela el estado de salud de dicha instalación en función de los valores de dichas variables. De este modo, las técnicas de IA están realizando **supervisión en tiempo real, detectando fallos potenciales, incluso antes de que estos ocurran**.

La capacidad de monitorizar el rendimiento de los equipos y prevenir paradas inesperadas es fundamental para cumplir con las exigencias de cualquier tipo de mercado.

³⁸ <https://www.mlabsoptronics.com/>

³⁹ <https://mcr.es/procesos/control-calidad/>

⁴⁰ <https://www.seaberyat.com/>

⁴¹ <https://www.faro.com/en/Products/Software/Visual-Inspect-Augmented-Reality>

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN

La optimización de los procesos de producción es una de las tareas más complicadas en cualquier fábrica. Se requiere, primero, identificar las causas del bajo rendimiento y, segundo, proponer opciones de mejora o anticipar posibles problemas. Gracias al empleo de modelos predictivos combinados con técnicas de optimización es factible optimizar la producción a través del análisis de todas las variables y parámetros que pueden afectar al proceso, afectando a toda la cadena de producción y suministro, como aborda la solución [MangoGem](https://www.mangogem.com)⁴².

La ingente cantidad de información que generan los nuevos sistemas industriales puede ser gestionada mediante los nuevos sistemas de *big data*, capaces de reconocer patrones y facilitar la toma de decisiones. **La cantidad de variables complejas y el poder de procesamiento de estos sistemas supera con creces las capacidades humanas**, por lo que gracias a ellos se pueden predecir sucesos, modelar conductas o descubrir oportunidades que de otra manera serían imposibles de ver.

Además, la integración de la automatización robótica basada en IA, con el *big data* generado, permite la optimización de todos los procesos de producción, como promueven desde [Mingo](https://www.mingo.io)⁴³ con sus soluciones integrales.



2.4. TRANSPORTE Y LOGÍSTICA

Las tecnologías relacionadas con la IA están modificando el comportamiento de los vehículos y su interacción con las infraestructuras viarias, y numerosas iniciativas son promovidas como colaboraciones público-privadas. En general, todas las soluciones intentan conseguir **un transporte más seguro, limpio y cómodo** aplicando tecnologías inteligentes en los vehículos, en las infraestructuras y en los propios conductores.

SEGURIDAD DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

La IA en vehículos puede tener un profundo impacto en la reducción de accidentes en coches particulares, camiones y autobuses, y sin lugar a duda tendrá repercusiones en el mercado del transporte. Según [Microsoft](https://blogs.microsoft.com/iot/2017/02/09/how-iot-and-ai-are-transforming-cars-with-intelligent-mobility)⁴⁴, **en el año 2025 la totalidad de los coches nuevos estarán conectados, y en 2030 el 15% de los coches nuevos serán autónomos**, y enviarán, recibirán y analizarán enormes cantidades de datos.

⁴² <https://www.mangogem.com>

⁴³ <https://gomingo.io>

⁴⁴ <https://blogs.microsoft.com/iot/2017/02/09/how-iot-and-ai-are-transforming-cars-with-intelligent-mobility>

Pero la seguridad no es sólo cuestión de incorporar dispositivos en los vehículos, sino controlar su integración con las condiciones de la vía. [C-Roads](#)⁴⁵ es una iniciativa europea para probar e implementar los servicios de los sistemas de transporte inteligente y cooperativos (C-ITS), desarrollando y testando tecnologías de conectividad vehículo-vehículo (V2V) y vehículo-infraestructura (V2I), que constituyen la base para la implementación de vehículos autónomos en un futuro próximo. En España, el proyecto ha desarrollado varios pilotos, entre los que destaca el sistema DGT 3.0, una plataforma que permite mantener conectados en tiempo real a los distintos usuarios de la vía ofreciéndoles en todo momento información del tráfico en tiempo real y permitiendo así lograr una movilidad más segura e inteligente.

[Mobileye](#)⁴⁶ era una spin-off universitaria israelí que fue adquirida por Intel y ofrece en el mercado soluciones basadas en la visión por computador y el aprendizaje automático para la detección de elementos en la vía, la predicción de comportamientos inseguros y el control inteligente de vehículos autónomos.

Existen en el mercado soluciones que monitorizan al conductor del vehículo para detectar fatiga, distracciones o malos hábitos. Por ejemplo, [Samsara](#)⁴⁷ ofrece no solo los dispositivos hardware de detección de anomalías, con el software de gestión de flotas, sino que también permite implementar **programas de incentivos a la conducción eficiente y responsable**.

OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE

En el mercado existen soluciones como [RouteQ](#)⁴⁸ o [DispatchTrack](#)⁴⁹ que ayudan a las empresas de reparto a cumplir con las entregas en tiempo, con sistemas de seguimiento en tiempo real que permiten mejorar la eficiencia en costes y reduciendo la huella de carbono. Para ello utilizan modernos **sistemas de planificación de rutas con algoritmos de aprendizaje automático** para predicción del clima, del tráfico y la optimización de los caminos a seguir por los vehículos.

Otro ejemplo interesante es el del fabricante de automóviles [Rolls Royce](#)⁵⁰, que utiliza algoritmos avanzados de aprendizaje automático y reconocimiento de imágenes para impulsar su flota de barcos autónomos, lo que a su vez mejora la eficiencia de su cadena de suministro y transporta su carga de forma segura.

GESTIÓN DE ALMACÉN

Los almacenes suelen acoger miles de referencias, y es fácil perder la ubicación de cada uno de los elementos. Además, los flujos hacen que los inventa-

⁴⁵ <https://www.c-roads.eu>

⁴⁶ <https://www.mobileye.com>

⁴⁷ <https://samsara.com>

⁴⁸ <https://routeq.com>

⁴⁹ <https://www.dispatchtrack.com>

⁵⁰ <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/10/23/rolls-royce-and-google-partner-to-create-smarter-autonomous-ships-based-on-ai-and-machine-learning/?sh=4f33ef7a6dfe>

rios queden obsoletos a los pocos minutos de realizarlos. La automatización de estos procesos supone un incremento en la eficiencia de la gestión de los almacenes.

Sistemas de aprendizaje automático pueden reconocer los flujos de entrada y salida del almacén, y organizarlo de forma que se minimicen los trayectos y las roturas de stock, combinando con sistemas predictivos de las ventas. Combinado con sensores *IoT* y etiquetados ópticos o eléctricos (RFID), es posible incorporar en los almacenes *cobots* que agilicen la obtención de los productos. Incluso se pueden incorporar **sistemas de procesamiento del lenguaje natural para dar las órdenes habladas**, como el caso del sistema Jennifer de [LucasWare](https://www.lucasware.com/)⁵¹. También hay dispositivos más básicos que previenen la colisión de carretillas dentro del almacén, como el de la empresa [Claitec](https://claitec.com/)⁵².

Hay procesos operativos, como la carga de camiones y trenes, que se pueden automatizar o agilizar utilizando reconocimiento óptico de caracteres (OCR) basado en aprendizaje profundo. Es lo que ofrece la empresa [Supply.ai](https://supply.ai/)⁵³, que además ofrece herramientas para la **monitorización de los aparcamientos y el tráfico en las zonas logísticas**.

En general, la automatización de almacenes es un hecho en las grandes empresas (Alibaba, Amazon), y debe ir introduciéndose poco a poco en las PYMES pues sus ventajas en la gestión de la cadena de suministro están más que demostradas.

OPTIMIZACIÓN DE EMBALAJES

Un problema clásico de la distribución es la minimización del volumen de los paquetes, y su optimización de cara a la logística. Existen herramientas como [FastFetch](https://www.fast-fetch.com/)⁵⁴ que, una vez analizadas las dimensiones de los objetos, determina y visualiza la caja óptima, reduciendo costes de envío y gastos de material.

TRAZABILIDAD

La combinación de **blockchain** y la cadena de suministros está mostrando un enorme potencial. El hecho de poder contar con **una base de datos distribuida, cifrada y replicada que certifique en todo momento la autenticidad de los datos registrados** incrementa las posibilidades de desarrollo de áreas como la localización del transporte, el control del estado de la mercancía, la verificación de la autenticidad de los productos o el control de la carga.

⁵¹ <https://www.lucasware.com/jennifer-intelligence>

⁵² <https://claitec.com/portfolio/sistema-anticolision-cas>

⁵³ <https://www.supplai.nl/en/products-ai>

⁵⁴ <https://www.fast-fetch.com>

Herramientas como [ShipChain](https://shipchain.io)⁵⁵ posibilitan el registro confiable de las posiciones GPS de la mercancía, desde el envío hasta su recepción. Si se combina esta tecnología con sensores IoT, resulta fácil la gestión de espacios libres en los contenedores, y la optimización de las flotas.

La multinacional IBM ha desarrollado [FoodTrust](https://www.ibm.com/es-es/blockchain/solutions/food-trust)⁵⁶, una plataforma que conecta a todos los participantes en el suministro de alimentos a través de un registro permanente, compartido y con permisos de todos los datos del sistema alimentario.

Otras soluciones, como [RealItems](https://realitems.io)⁵⁷ o [EverLedger](https://everledger.io)⁵⁸, se integran con plataformas como Shopify para **validar la autenticidad de los productos vendidos**, así como asignar un identificador único a cada producto registrado en la blockchain.



2.5. COMERCIO

El comercio se caracteriza por un alto grado de complejidad, pues incluye aspectos de logística, distribución, comercialización, monitorización de precios, etc. Además, este sector es extremadamente dinámico debido a los constantes cambios en los productos, los costes de compra y los precios competitivos.

Los grandes volúmenes de datos que se generan en este sector pueden nutrir a técnicas de *big data* y a métodos del aprendizaje automático y profundo para que los comercios se beneficien de nuevas herramientas para mejorar la calidad y la eficiencia en sus procesos de fijación de precios, ventas y gestión de la cadena de valor.

Para procesar los datos con eficacia, estos deben ser de alta calidad y estar disponibles en grandes cantidades. Aunque la opción ideal es instalar sistemas o plataformas basadas en *big data* que sirvan para gestionar los datos y que implementen métodos de aprendizaje automático, también existen en el mercado componentes software con técnicas de IA que pueden ingerir datos del ERP existente en la compañía, procesarlos de manera inteligente y ofrecer determinadas funcionalidades que aporten las ventajas mencionadas.

Algunas áreas en las que un comercio puede utilizar la IA son la fijación de precios, la optimización del volumen de los embalajes, la estrategia de ventas o la gestión documental y de procesos. La transformación digital del comercio va más allá de implantar TPV digitales, o de tener presencia en la red a través de una tienda online. Las acciones de *marketing online* (a las que se dedicará un apartado posterior), o los aspectos de transporte y logística visto anteriormente son otras áreas donde la IA tiene aplicación directa en el comercio.

⁵⁵ <https://shipchain.io>

⁵⁶ <https://www.ibm.com/es-es/blockchain/solutions/food-trust>

⁵⁷ <https://realitems.io>

⁵⁸ <https://everledger.io>

La digitalización del comercio, y especialmente el minorista, es escasa y ese es el principal hándicap para la aplicación de la IA. Los datos son fundamentales para realizar predicciones, para optimizar distribuciones espaciales o para gestionar adecuadamente los recursos. Aun así, hay comercios que van implantando en su día a día la gestión inteligente de procesos, y hay soluciones accesibles para comenzar dicha transformación inteligente.

ESTRATEGIA DE VENTAS

La IA permite mejorar el desempeño del equipo de ventas y optimizar su formación. Hay herramientas, como **Gong**⁵⁹ o **Chorus**⁶⁰ que **analizan las conversaciones orales** en las reuniones presenciales o conversaciones telefónicas, las transcriben y permiten a los formadores **mejorar la estrategia del equipo comercial**.

Otras plataformas, como **Trendskout**⁶¹ analizan las tendencias del mercado y de los clientes de las empresas y **realizan predicciones basadas en IA para anticiparse a las demandas**, que pueden distribuirse de forma dispersa en el tiempo o en el espacio.

Las herramientas de IA pueden analizar las interacciones, prever la evolución de las negociaciones y advertir de riesgos potenciales, de forma que el equipo de ventas pueda optimizar los recursos y dedicar especialistas en función de cada etapa, similar a la funcionalidad que **Smith**⁶² ofrece, incluyendo agentes conversacionales inteligentes. Otras soluciones, como **Proton**⁶³ **asisten de forma automática al comercial, interpretando la conversación y determinando el flujo de ventas** más adecuado, o realizando predicciones en función de comportamientos pasados del mismo cliente.

Por otro lado, la realización de ventas B2B a través del e-commerce es cada vez más frecuente, y los distribuidores debe proporcionar herramientas ágiles e inteligentes que **aumenten la conversión y fidelización de sus clientes**. Desde plataformas mundiales como **OroCommerce**⁶⁴, **Shopify**⁶⁵ u **Oracle Netsuite**⁶⁶, a otras menos conocidas como **Quickbooks Commerce**⁶⁷, estas herramientas permiten a los mayoristas tener acceso directo a sus clientes. Es posible usar los mismos algoritmos que Amazon para ofrecer productos recomendados, a través de su **API Personalize**⁶⁸.

También se pueden encontrar herramientas como **Relex**⁶⁹ que permiten **optimizar la cadena de suministro**, la previsión de la demanda, las promociones, los espacios y **la planificación de los turnos laborales** en la tienda, adaptando los resultados a las necesidades del comercio.

⁵⁹ <https://www.gong.io>

⁶⁰ <https://www.chorus.ai>

⁶¹ <https://trendskout.com/en/industries/ai-for-wholesale>

⁶² <https://smith.ai/partners/wholesale-program>

⁶³ <https://proton.ai>

⁶⁴ <https://oroinc.com/b2b-ecommerce>

⁶⁵ <https://www.shopify.com/plus/solutions/b2b-ecommerce>

⁶⁶ <https://www.netsuite.com/portal/products/ecommerce/products/ecommerce/b2b.shtml>

⁶⁷ <https://www.tradegecko.com/b2b-ecommerce-platform>

⁶⁸ <https://aws.amazon.com/es/personalize>

⁶⁹ <https://www.relexsolutions.com/es/>

GESTIÓN DOCUMENTAL Y DE PROCESOS

Actualmente en el mercado también se pueden encontrar **soluciones de IA que permite integrarse en el ERP existente en la compañía**. De este modo, se reducen los costes, algunos inconvenientes y los plazos de la implantación de una plataforma basada en IA tradicional.

Por ejemplo, [Fastboss](https://fastboss.ai/features)⁷⁰ proporciona una solución mediante un asistente virtual digital que cubre diferentes aspectos de los procesos comerciales, como son la administración de informes, listas de verificación, contratos con proveedores y órdenes de compra, firmas de documentación, generación de documentación, sincronización de calendarios o la automatización del envío de ofertas y promociones en tiempo real a los clientes.

La combinación de la automatización robótica de procesos (RPA por sus siglas en inglés) y de IA genera la denominada **automatización inteligente de procesos (IPA)**. La consultora McKinsey afirma que la inversión en IPA supone una mejora de entre el 20 y el 35% en eficiencia y un 50-60% de reducción de tiempos de proceso, generando un retorno de la inversión que puede alcanzar un 200%. Hay compañías especializadas en la aplicación de estos procesos como [WonderBotz](https://wonderbotz.com)⁷¹ o [Levity](https://levity.ai)⁷² que facilitan la gestión inteligente de e-mails, pedidos, facturación, etc. mediante el uso de sistemas avanzados de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) y algoritmos de clasificación de la información. Con soluciones como las proporcionadas por [UIPath](https://www.uipath.com)⁷³ o [IQ-Bot](https://www.automationanywhere.com/la/products/iq-bot)⁷⁴ una empresa estaría aplicando diversas tecnologías de IA (visión por ordenador, procesamiento del lenguaje natural, lógica difusa y aprendizaje automático) para **clasificar, extraer y validar información de forma automática de correos electrónicos y documentos empresariales**. Otras herramientas, como [ReexDoc](https://www.reexdoc.ai)⁷⁵ se centran en ciertas etapas de los procesos, como la extracción y estructuración de la información a partir de documentos.

SISTEMAS DE PAGO INTELIGENTES

Hace cuatro años, la compañía [Zippin](https://www.getzippin.com/)⁷⁶ creó su primera tienda de **compras sin pago para salir** (en inglés *check-out free*). Combinan varias tecnologías asociadas a la IA como los sistemas de visión por computador que monitorizan toda la tienda, sensores inteligentes en los productos y en las tiendas, y algoritmos de aprendizaje automático para que las personas circulen por el establecimiento y al salir con los productos, se le cargue automáticamente el importe en su tarjeta. Su principal aplicación es en lugares altamente concurridos y en los que la gente no quiere esperar colas, como estadios deportivos, supermercados, o centros comerciales.

⁷⁰ <https://fastboss.ai/features>

⁷¹ <https://wonderbotz.com>

⁷² <https://levity.ai>

⁷³ <https://www.uipath.com>

⁷⁴ <https://www.automationanywhere.com/la/products/iq-bot>

⁷⁵ <https://www.reexdoc.ai>

⁷⁶ <https://www.getzippin.com/>

Hoy en día, **cualquier PYME puede desarrollar su propio sistema de reconocimiento facial**, con herramientas como [FaceME](https://www.cyberlink.com/faceme)⁷⁷. Esto permite vincular las tarjetas de fidelidad a la persona con una simple cámara en el momento del pago, y realizar pagos por reconocimiento facial, ya que la cara de las personas se reconoce en milésimas de segundo con algoritmos basados en el aprendizaje profundo.

Por otro lado, herramientas como [PelicanPay](https://www.pelicanpay.com/solutions/smes)⁷⁸ permite gestionar de forma inteligente todas las cuentas bancarias del comercio, integrar los movimientos con los sistemas de contabilidad y gestionar todo el proceso desde la emisión de la factura hasta el cobro de la misma.

En el contexto del pago inteligente, la IA está teniendo mucho impacto en la detección del fraude en las compras. Si bien esta función está prácticamente delegada en las pasarelas de pago, es importante hacer notar los esfuerzos de las financieras en la detección anticipada de operaciones fraudulentas.

VENTAS ONLINE Y ATENCIÓN AL CLIENTE 24H

Cualquier comercio puede hoy en día montar una tienda online, y ofrecer sus productos por Internet. Pero para una efectiva conversión, los sistemas de venta deben estar optimizados e incluir recomendadores como los que ofrece Amazon Personalize. Herramientas como [BrainSINS](https://www.brainsins.com)⁷⁹ generan el ciclo completo, incluyendo **recomendaciones basadas en el comportamiento del usuario o en tendencias del mercado**.

Los agentes conversacionales inteligentes, o **chatbots**, suponen hoy en día una **herramienta imprescindible para el comercio**, pues permiten resolver la mayor parte de las dudas de los visitantes a la tienda online. Plataformas como [LiveChat](https://www.livechat.com)⁸⁰ o [FreshDesk](https://www.freshworks.com)⁸¹, que integran motores de procesamiento del lenguaje natural y sistemas de ayuda a la decisión, facilitan la atención al cliente e incrementan las ventas online.

PROBADORES INTELIGENTES O VIRTUALES

Los probadores inteligentes se han convertido en un elemento clave dentro de las demandas de los consumidores digitales que puede conformar una ventaja competitiva. Su ámbito de aplicación va desde el mobiliario hasta la moda.

En el caso de la moda, la complejidad es mayor porque la fisonomía corporal es muy variable, y además la deformación en los tejidos requiere de un alto coste computacional. [Wanna Kicks](https://wanna.fashion)⁸² es una app que permite visualizar con realidad

⁷⁷ <https://www.cyberlink.com/faceme>

⁷⁸ <https://www.pelicanpay.com/solutions/smes>

⁷⁹ <https://www.brainsins.com>

⁸⁰ <https://www.livechat.com>

⁸¹ <https://www.freshworks.com>

⁸² <https://wanna.fashion>

aumentada cómo quedarían unas zapatillas en los pies del usuario. [ShopExp](https://shopexp.io)⁸³ ofrece también probadores virtuales en la tienda u online, si bien **los niveles de realismo en cuanto a la visualización de las prendas aún tienen margen de mejora**. [VisSmile](https://vismile.com.tw)⁸⁴ sí incluye cierto nivel de simulación en cuanto al comportamiento de las prendas, reconociendo mediante RFID la prenda que la persona lleva en la mano.

La empresa [PerfectCorp](https://www.perfectcorp.com/business)⁸⁵ ofrece diversas soluciones para probadores virtuales, tanto de maquillaje, como de gafas, joyería o peluquería. Esta plataforma utiliza avanzadas técnicas de reconocimiento facial y redes neuronales para generar los modelos realistas. De forma similar, [VirTooAl](https://try.virtooal.com)⁸⁶ permite la creación de un **espejo virtual** en las principales plataformas de e-commerce **para visualizar gafas y joyería**.

El [AssistMe Virtual Mirror](https://www.theendlessaisle.com/virtual-mirror)⁸⁷ utiliza también elementos de **realidad aumentada para el reconocimiento y visualización de prendas en dispositivos físicos** en la tienda, o a través de un navegador web.

En el caso del mobiliario, IKEA lanzó [Place](https://apps.apple.com/au/app/ikea-place/id1279244498)⁸⁸, una app para iOS de realidad aumentada que permite visualizar en el dispositivo móvil a escala el mobiliario. Estas tecnologías son fácilmente implantables por cualquier PYME mediante kits de desarrollo como ARToolkit o Vuforia.

2.6. MARKETING Y PUBLICIDAD

La IA debe percibirse como una herramienta para impulsar iniciativas orientadas al *marketing* para lograr objetivos con un mayor grado de precisión, ayudando a los especialistas en mercadotecnia a combinar tanto la tecnología más avanzada como la creatividad humana para leer, comprender e interactuar con los consumidores modernos a nivel individual con **comunicaciones hiperpersonalizadas, relevantes y oportunas**.

Es posible que el especialista en datos no comprenda el *marketing* y que el experto en *marketing* no comprenda la ciencia de datos, pero a medida que avanza el tiempo se ve claramente un mundo impulsado por la IA en el que los dos tendrán que trabajar juntos para entender los parámetros de los casos de uso, los datos necesarios para optimizarlos y cómo se adquirirán, controlarán y utilizarán estos. Pero lo que es seguro es que **el comportamiento del consumidor está en continuo cambio y es imprevisible**. También cambiarán los productos y las regulaciones del mercado, por lo que la aplicación de la IA en las tareas de *marketing* y publicidad va a requerir una constante adaptación y actualización.

⁸³ <https://shopexp.io>

⁸⁴ <https://vismile.com.tw>

⁸⁵ <https://www.perfectcorp.com/business>

⁸⁶ <https://try.virtooal.com>

⁸⁷ <https://www.theendlessaisle.com/virtual-mirror>

⁸⁸ <https://apps.apple.com/au/app/ikea-place/id1279244498>



OPTIMIZACIÓN DE PRECIOS Y OFERTAS

Como consumidores, todos hemos experimentado que en diferentes consultas de un vuelo cambian sus precios, o que hay visto cambios en el precio de un producto visto en una plataforma de compras en línea. Hay dos razones por las que sucede esto: debido a las fluctuaciones en la demanda y la oferta, y a que detrás de la plataforma hay una IA que aprende a través del seguimiento y análisis de nuestro comportamiento online y del de otros miles de personas.

La **fijación de precios dinámica** ocurre cuando los algoritmos inteligentes funcionan detrás de una estrategia de precios flexible, basada en las demandas actuales del mercado y las tendencias de los clientes. El precio dinámico también se refiere al precio basado en el tiempo o al comportamiento de la demanda.

Herramientas como [FlipFlow](https://www.flipflow.io)⁸⁹ permiten **rastrear los precios de la competencia**, y realizar un reajuste de los precios ofertados para llegar a precios óptimos para los productos o servicios, permaneciendo en márgenes competitivos. Los módulos de precios dinámicos controlados por IA permiten fijar el precio de sus servicios correctamente, incluso en el corto plazo. Es una de las aplicaciones más lucrativas de la IA en *marketing*.

Estas herramientas, como [Reactev](https://www.reactev.com/es)⁹⁰, [TGN](https://www.tgndata.com)⁹¹ o [NetRivals](https://www.netrivals.com)⁹², utilizan toda la potencia del *big data* y el aprendizaje profundo para **predecir y reaccionar a los cambios del mercado con agilidad y precisión**. Consultan no solo tiendas online, sino también los datos de búsquedas y tendencias en Internet.

Para la fijación de precios también encontramos en el mercado diversas herramientas que hacen uso de técnicas de predicción basadas en aprendizaje automático, como [bubo.ai](https://www.bubo.ai)⁹³, [PredictHQ](https://www.predicthq.com)⁹⁴, [Sparkbox](https://www.sparkbox.ai)⁹⁵ o [iERP](https://www.ierp.ai)⁹⁶. Estas herramientas combinan **datos históricos de demanda con eventos ajenos a la empresa**, para estimar incrementos o bajadas de precios que optimicen los beneficios las empresas. Incluso pueden llegar a determinar descuentos de forma inteligente según el perfil del cliente.

Si bien estas herramientas son importantes, hay que manejarlas de forma adecuada, pues **una mala ingesta de datos de entrenamiento puede suponer pérdidas importantes**. Además, el análisis a nivel mayorista debe ir acompañado de los resultados de las ventas minoristas para poder detectar anomalías en ciertas tiendas o en determinados segmentos. Herramientas que se integran en los ERP clásicos, como [Recurrency](https://www.recurrency.com)⁹⁷ pueden ser útiles para la PYME.

⁸⁹ <https://www.flipflow.io>

⁹⁰ <https://www.reactev.com/es>

⁹¹ <https://www.tgndata.com>

⁹² <https://www.netrivals.com>

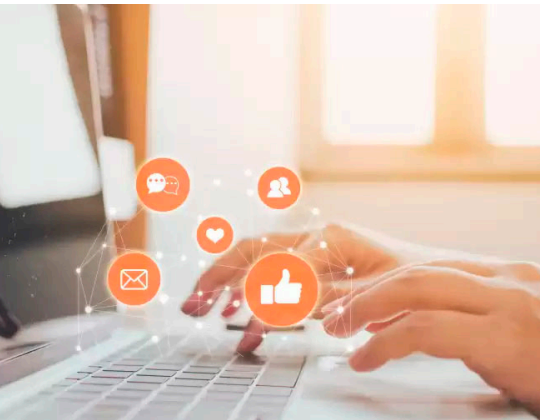
⁹³ <https://www.bubo.ai>

⁹⁴ <https://www.predicthq.com>

⁹⁵ <https://www.sparkbox.ai>

⁹⁶ <https://www.ierp.ai>

⁹⁷ <https://www.recurrency.com>



CREACIÓN DE CONTENIDOS PARA WEB Y REDES SOCIALES

La selección, creación y gestión de contenidos para la web y redes sociales de la empresa (*content curation* en inglés) permite estar atentos a las tendencias, personalizar mensajes y ofrecer recomendaciones a los usuarios. Contenidos de calidad ayudan a posicionar mejor a la empresa, a atraer nuevos clientes y fidelizar a los visitantes, al brindarles contenido relevante y de calidad.

[Feedly](https://feedly.com)⁹⁸, una de las herramientas más conocidas de exploración de novedades, tiene a **Leo: un asistente basado en aprendizaje automático y procesamiento del lenguaje natural**. Este asistente lee y analiza la información y permite priorizar los temas, tendencias y palabras clave, eliminando entradas repetidas o resúmenes.

En el caso de [CopyMatic](https://copymatic.ai)⁹⁹, la herramienta permite **generar contenidos para webs, campañas de marketing o redes sociales utilizando GPT-3** como herramienta de inteligencia artificial subyacente para generar los textos con menos de un 2% de contenido no original.

[Curata](https://www.curata.com)¹⁰⁰ es otra herramienta que utiliza algoritmos de aprendizaje automático para **detectar en la red nuevos contenidos de interés para la audiencia** y generar contenido personalizado mediante sistemas de procesamiento de lenguaje natural, creando sus propios resúmenes y añadiendo imágenes libres, optimizando el SEO y planificando las publicaciones en las diversas redes.

FIDELIZAR AL CLIENTE: PERSONALIZACIÓN DE WEBS Y APLICACIONES

La personalización web y de aplicaciones está directamente relacionada con la optimización de la experiencia de los clientes y ayudarlos a alcanzar rápidamente sus objetivos. Las aplicaciones de IA en *marketing* abren la puerta a la adaptación de un sitio web o los servicios y el contenido de una aplicación, siendo este el primer paso para impulsar campañas de *marketing* personalizadas y crear un compromiso significativo para los clientes.

Esta **adaptación de los servicios y el contenido de un sitio web o una aplicación**, significa que coincida con los intereses de la audiencia, posicionándolos así mejor hacia la fase de conversión. La IA permite mapear el viaje de los clientes analizando sus intereses y comportamiento, brindarles el contenido más relevante y enviar mensajes clave en el momento adecuado.

Herramientas como [Hyperise](https://hyperise.com)¹⁰¹ permiten incluso **personalizar imágenes y videos en tiempo real**, tomando información de la ubicación del visitante y su

⁹⁸ <https://feedly.com>

⁹⁹ <https://copymatic.ai>

¹⁰⁰ <https://www.curata.com>

¹⁰¹ <https://hyperise.com>

historial de navegación, integrándose con otros sistemas online de comercio electrónico o de presencia Web.

De forma similar, [Personyze](https://www.personyze.com)¹⁰² utiliza algoritmos de aprendizaje automático para **crear contenido personalizado, mensajes dinámicos** en el sitio web e incluso **correos electrónicos adaptados** en función de múltiples criterios, como el comportamiento del cliente, sus preferencias, el perfil social o el lugar de la visita. Incluye herramientas para realizar pruebas A/B y llamadas a la acción dinámicas.

Por otro lado, las tarjetas de fidelización son una herramienta ideal para el marketing del pequeño comercio. Con una aplicación móvil específica que integre herramientas de comunicación directa con el cliente como [MallIQ](https://www.malliq.com)¹⁰³, se ha demostrado una mayor intención de compra.



2.7. HOSTELERÍA Y RESTAURACIÓN

Los datos son la base de la IA, y las diferentes técnicas anteriormente analizadas permiten que se puedan aplicar a datos de distinta naturaleza y dominio. La **hostelería y la restauración son negocios que generan una inmensidad de datos**, cuyo aprovechamiento revertiría en una optimización del funcionamiento interno y en una mejora considerable del servicio al cliente.

Una empresa de hostelería o restauración, como cualquier otra entidad de otro sector económico, persigue la optimización del funcionamiento del negocio con el fin de maximizar los beneficios a través de reducción de costes, la reducción de errores de funcionamiento, la personalización y mejora del servicio al cliente y la búsqueda de nuevos clientes. Atendiendo a los objetivos mencionados, se revisarán a continuación casos de uso de la IA que ayudan a su consecución.

GESTIÓN DE PRECIOS Y RESERVAS HOTELERAS

El *revenue management*, o la gestión de los precios de las plazas hoteleras para maximizar los ingresos, está siendo revolucionado por la aparición de técnicas de IA que automatizan todos los procesos en múltiples canales simultáneamente. El uso de este tipo de sistemas cambia muchos de los objetivos del *revenue manager*, ya que desde ese momento se centra en maximizar los beneficios, y la plataforma se integra automáticamente con las actividades operativas y de *marketing* de la empresa.

¹⁰² <https://www.personyze.com>

¹⁰³ <https://www.malliq.com>

Herramientas como [OTAinsight](https://www.otainsight.com)¹⁰⁴ o [Amadeus Revenuestategy360](http://www.amadeus-hospitality.com)¹⁰⁵ permiten al hotel monitorizar las tendencias de búsqueda en Internet, controlar los cambios en el mercado y tomar decisiones estratégicas a tiempo. Además, este tipo de herramientas permiten **identificar los perfiles de los huéspedes**, y adaptar los servicios al tipo de cliente que más beneficio genera.

[Zen Hospitality Solutions](https://www.zen-hs.com/en)¹⁰⁶ incluye un recomendador de precios, si bien permite al hotel seguir ajustando manualmente las tarifas dentro del PMS (*Property Management System*). [Aiosell](https://aiosell.com)¹⁰⁷ integra todos los componentes tecnológicos necesarios para la gestión del hotel y automatiza totalmente todos los procesos, configurando mediante reglas el comportamiento de la IA.

Son muchas las herramientas disponibles, y es cuestión de pocos años que la totalidad de la planta hotelera utilice la IA para la fijación de precios y servicios dinámica.

GESTIÓN DE RESERVAS

La optimización del coste en el sector económico que nos ocupa puede estar asociado a la **automatización de tareas que reduzcan los costes laborales asociados**, siendo estas tareas que requieren baja cualificación, resultando en la optimización de recursos. De esta forma los sistemas automáticos podrían resolver los escenarios simples, reservando a personal especializado exclusivamente para aquellas situaciones que solamente un humano puede gestionar.

Tareas visiblemente automatizables son la gestión de reservas de determinados servicios. Esta gestión de reservas se puede llevar a cabo a través de un formulario de registro de las peticiones de los clientes, como ya lo hacen la mayoría de los hoteles y algunos restaurantes, pero también se puede realizar mediante servicios con un comportamiento inteligente, como por ejemplo utilizando [Google Duplex](https://www.google.com/duplex)¹⁰⁸. Se trata de un **sistema conversacional** (una evolución de los conocidos chatbots, dado que tienen la capacidad de gestionar el diálogo en una conversación) que Google está integrando en su asistente virtual *Google Assistant* en EE.UU. y que se espera que se generalice al resto del mundo. Este servicio permite a los usuarios interactuar por voz con el asistente de Google y gestionar la reserva en un hotel o restaurante de forma natural.

Otro ejemplo de EE.UU. pero que sería relativamente trasladable a cualquier entorno es el de [Allset](https://allsetnow.com/)¹⁰⁹, solución que ofrece servicios adicionales a los que proporciona una plataforma de reserva online de servicios de restauración, como TheFork. En concreto, Allset permite la reserva de mesa, elegir la comida y el

¹⁰⁴ <https://www.otainsight.com>

¹⁰⁵ <http://www.amadeus-hospitality.com>

¹⁰⁶ <https://www.zen-hs.com/en>

¹⁰⁷ <https://aiosell.com>

¹⁰⁸ <https://www.actualidadgadget.com/google-duplex-pasa-prueba-turing>

¹⁰⁹ <https://allsetnow.com/>



pago por adelantado, con el fin de que el servicio esté preparado cuando llegue el cliente a la hora acordada. Además, proporciona un comportamiento inteligente hacia el usuario porque selecciona los restaurantes en función de los gustos de los usuarios, de su ubicación con respecto al restaurante, del nivel de ocupación de éste y de su capacidad de atención a nuevos clientes. Además, ofrece la opción de **integrarse con el servicio de comandas del restaurante**, pudiendo llegar las órdenes de servicios directamente a la cocina.

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y EL ENVÍO A DOMICILIO

La pandemia de la COVID-19 ha obligado al sector de la restauración a adaptarse a las necesidades de una sociedad que demandaba unos servicios similares a los que se reciben en el restaurante, pero en el propio hogar. A lo largo de la pandemia los restaurantes tradicionales se han adaptado a las nuevas circunstancias, y han preparado comida a domicilio. Cualquier optimización en el proceso de producción o de envío, redundaría en la mejora de la productividad del negocio y la minimización de errores de funcionamiento.

Los costes asociados al servicio a domicilio pueden optimizarse mediante servicios de IA, como son los ofrecidos por [distancematrix.ai](#)¹⁰. Esta plataforma proporciona un servicio de **cálculo de la mejor ruta basado en geolocalización y la situación del tráfico**, con el fin de ajustar al mínimo los costes de combustible y asegurar que la mercancía, en este caso la comida, llegue en las mejores condiciones posibles.

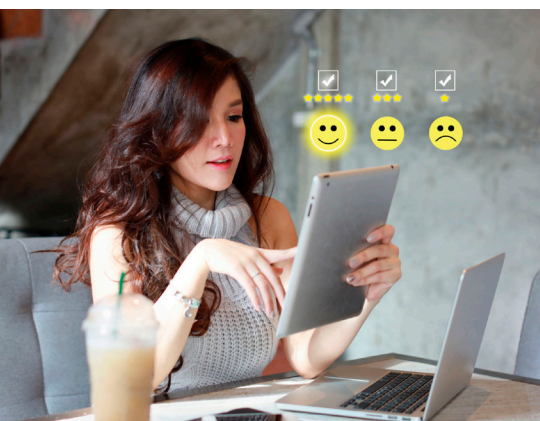
En el caso de [Satis.ai](#)^[11], esta plataforma basada en IA ofrece diversos servicios de optimización laboral especializados para restaurantes, siendo el más destacado la **monitorización del proceso de empaquetado de comida** para su envío a domicilio con técnicas de procesamiento digital de imágenes. El sistema tiene la capacidad de alertar al empleado de errores en el empaquetamiento de la comida, evitando así que ésta llegue en malas condiciones a los clientes.

Para los restaurantes con servicio en mesa, es posible reducir costes **optimizando el tamaño de las raciones**. Winnow¹¹² ofrece un sistema inteligente basado en visión por computador que analiza cuantitativamente el desperdicio de comida en el restaurante. Esto permite tomar decisiones en cuanto al tamaño de raciones y la detección de los platos con más devoluciones por parte de los clientes, así como ajustar la preparación de comida a la cantidad necesaria. El uso de los servicios de Winnow, por ejemplo, es un ejemplo claro de cómo **la IA ha hecho que los restaurantes de IKEA reduzcan en un 50% el desperdicio de comida en sus establecimientos de Reino Unido**.

¹¹⁰ <https://distancematrix.ai>

¹¹¹ <https://satis.ai>

¹¹² <https://www.winnowsolutions.com/es>



PERSONALIZACIÓN Y MEJORA DEL SERVICIO AL COMENSAL

Los usuarios demandan servicios personalizados, ya no les basta con un servicio genérico, y si no disfrutan de experiencia ajustada a sus necesidades, no se sienten satisfechos. Esto supone un reto doble para las empresas de hostelería y restauración, porque por un lado deben conocer los gustos y preferencias particulares de los clientes, y por otro adaptar la oferta de servicios a dichas preferencias.

Dynamic Yield¹¹³ es una de las 100 mejores empresas de IA del mundo. Esta empresa ofrece servicios de IA de **personalización y recomendación a partir del comportamiento y consumo de los usuarios** en páginas webs o aplicaciones de venta de servicios, ya sean restaurantes, hoteles o tiendas de ropa. El caso de éxito más importante de esta empresa lo representa la cadena internacional de restaurantes McDonald's. Se ofreció un servicio de menú digital a los clientes de autoservicio de McDonald's consiguiendo una reducción media del tiempo de espera de 30 segundos por cliente, lo que permitió no solo conseguir una mejora en la satisfacción de los clientes, sino también aumentar el número de usuarios atendidos, lo que supuso un aumento de ingresos. Tanto fue el éxito que en 2019 McDonald's adquirió esta empresa de servicios de IA, la cual hoy tiene en su cartera de clientes a IKEA, Lacoste, Bershka o Bulgari.

Otro ejemplo de IA aplicada al sector de la restauración es **Tatewise**¹¹⁴. Esta plataforma monitoriza millones de cartas de restaurantes y opiniones, generando **informes actualizados sobre los gustos, preferencias y tendencias** sobre comida de los clientes **a partir de la experiencia de usuario** en un determinado restaurante y **de las opiniones publicadas** en redes sociales. Esta información permitiría adaptar el menú a los gustos de un determinado tipo de cliente e incluso que evolucionar conforme los cambios en las preferencias de los usuarios.

ANÁLISIS DE OPINIONES ONLINE

Los servicios de análisis de opiniones que miden la satisfacción de los clientes, y proporcionan información de gran valor para mantener los servicios del gusto de los clientes, mejorar los que no son de su gusto y adaptar adecuadamente aquellos que indican los usuarios en las opiniones que publican en las diversas redes sociales.

Diversas herramientas, como **Reputation**¹¹⁵ o **SentiGeek**¹¹⁶ aplican técnicas de *deep learning* para analizar y clasificar las opiniones vertidas sobre el restaurante o el hotel en las redes sociales y páginas de comentarios, de forma que el gestor puede reaccionar ante situaciones que se puedan repetir.

¹¹³ <https://www.dynamicyield.com/es>

¹¹⁴ <https://tastewise.io>

¹¹⁵ <https://reputation.com/solutions/hospitality>

¹¹⁶ <https://sentigeek.com>

Otras herramientas, como [BirdEye](https://birdeye.com)¹¹⁷ no solo interpretan la semántica de las expresiones del lenguaje natural, que es algo muy complejo algorítmicamente, sino que también **sugieren acciones y métricas para el propietario** de cara a mejorar esas valoraciones, vinculando el conocimiento adquirido a diversas fuentes como los *chatbot*, los mensajes recibidos o comentarios en reseñas.



2.8. SALUD Y BIENESTAR

Los sectores de la salud y del bienestar generan una gran cantidad de información relacionada con los pacientes, sus enfermedades o estados de ánimo. Dicha información proviene de fuentes de datos heterogéneas que, analizada con algoritmos de inteligencia artificial, resulta de gran utilidad a las empresas e instituciones del sector con el fin de obtener beneficios tales como:

- agilizar la rutina del equipo médico,
- ayudar a tomar decisiones al personal sanitario,
- mejorar el diagnóstico clínico,
- aliviar la necesidad urgente de profesionales.

Atendiendo a estas potenciales mejoras, son innumerables los desarrollos tecnológicos que abarcan diversos aspectos de la gestión, monitorización, análisis o asistencia al paciente.

PLATAFORMAS DE GESTIÓN DE DATOS CLÍNICOS

Las plataformas de gestión de datos clínicos permiten crear historiales clínicos electrónicos para los profesionales de salud y para los pacientes atendidos por el centro sanitario. Con el uso de esos historiales, es posible almacenar en un solo lugar su registro, informaciones médicas y sus pruebas de forma que la información clínica esté fácilmente disponible para el personal involucrado en el cuidado, facilitando el diagnóstico y agilizando la rutina del equipo médico.

Entre las diferentes plataformas de gestión de datos clínicos que aprovechan las ventajas y los beneficios de la inteligencia artificial encontramos [Savana](https://savanamed.com)¹¹⁸. Con su plataforma basada en procesamiento del lenguaje natural, reconocimiento de documentos y gestión del *big data* para aplicar técnicas de aprendizaje automático sobre los expedientes de los pacientes, permite **recabar evidencias y apoyar las decisiones médicas** en diversas especialidades. La empresa también ofrece una herramienta denominada Savana Manager para optimizar los datos sanitarios en tiempo real en las consultas médicas.

¹¹⁷ <https://birdeye.com>

¹¹⁸ <https://savanamed.com>

De forma similar, **IOMED**¹¹⁹, ofrece una herramienta inteligente que **transforma el texto de los historiales médicos en datos estructurados**, mediante técnicas de procesamiento del lenguaje natural. De esta forma, se pueden generar predicciones más acertadas y vincular los historiales y prescripciones médicas con otras áreas sanitarias como la farmacia o la epidemiológica.

Augmedix¹²⁰, permite a los médicos tomar notas de manera automática con su dispositivo móvil, actualizando los registros de los pacientes a través de algoritmos inteligentes de reconocimiento del habla. La propia herramienta identifica los aspectos más relevantes de la conversación y **sugiere nuevas anotaciones relevantes en el historial o preguntas que realizar**.

SISTEMAS DE ANÁLISIS DE IMÁGENES MÉDICAS

Especial atención requieren los sistemas de análisis imágenes médicas donde la IA permite, entre otras tareas, automatizar las tareas rutinarias, aliviar la necesidad urgente de radiólogos especializados y mejorar la calidad del diagnóstico. Para ello, se desarrollan algoritmos de procesamiento de imágenes médicas basado en la IA y la extracción de biomarcadores de imagen.

Quibim Precision¹²¹ utiliza tecnología de IA dedicada a **procesar la imagen médica y extraer biomarcadores de imagen en el flujo de trabajo radiológico**. La tecnología ofrecida es utilizada para patologías en cualquier parte del cuerpo en diferentes tipos de archivos de imagen. Para ello, utiliza biomarcadores de imagen cuantitativos y aplica modelos computacionales avanzados a las imágenes radiológicas para medir objetivamente los cambios producidos por una lesión o por un tratamiento farmacológico, ofreciendo múltiples opciones para visualizar, medir, clasificar y anotar datos de imágenes médicas. Así mismo, están apostando por el uso del gemelo digital aplicado a humanos para la realización de ensayos clínicos más precisos y menos invasivos.

QMenta¹²² aporta diversas herramientas basadas en IA para el apoyo a la diagnosis y prognosis médica, especialmente aquellas basadas en el reconocimiento automático de imágenes (RX, MRI, etc), **reduciendo en un 80% el tiempo de diagnóstico y mejorando la precisión de éste**. Incluye un conjunto de datos biomarcadores por enfermedades obtenidos a través de técnicas de IA para extraer medidas objetivas y cuantitativas de las imágenes.

Radiobotics¹²³ es otra herramienta que, basada en técnicas de aprendizaje profundo, automatiza el análisis y la descripción de las imágenes de rayos X en los hospitales, especialmente en la radiografía musculoesquelética. Los algo-

¹¹⁹ <https://iomed.es>

¹²⁰ <https://augmedix.com>

¹²¹ <https://quibim.com>

¹²² <https://www.qmenta.com>

¹²³ <https://www.radiobotics.com>

ritmos de IA **generan informes de texto totalmente automatizados con hallazgos y conclusiones** objetivas, incluyendo superposiciones visuales, para mejorar la coherencia y hacer más rápida y fácil la lectura de las imágenes médicas rutinarias de rayos X.

En un plano más doméstico, [SkinVision](https://www.skinvision.com/)¹²⁴ es una aplicación móvil que hace uso de la inteligencia artificial para que el paciente pueda realizar una **autoevaluación en la detección del cáncer de piel**. La herramienta proporciona información acerca de qué pasos debe seguir en el caso de que detecte que su piel esté en riesgo.

SISTEMAS DE SEGUIMIENTO OCULAR

Dentro del análisis de imágenes destacan los sistemas de seguimiento ocular, los cuales permiten dar soporte al personal clínico en el diagnóstico de múltiples enfermedades. Todos ellos hacen uso de sistemas de análisis de imágenes basadas en el aprendizaje profundo para la realización de los diagnósticos.

Entre los diferentes sistemas de análisis y seguimiento ocular, la empresa [Braingaze](https://www.braingaze.com/)¹²⁵ ha desarrollado diversas soluciones software de seguimiento ocular para pruebas de comportamiento personal y diagnóstico de trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) o dislexia, utilizando técnicas de reconocimiento visual y algoritmos de IA, así como **juegos para dispositivos móviles controlados mediante los ojos del paciente** que permiten aplicar terapia de forma lúdica.

También orientado principalmente al público infantil, [DIVE Medical](https://www.dive-medical.com/)¹²⁶ aplica el reconocimiento de imágenes y de patrones de movimiento ocular para examinar la actividad visual, la sensibilidad al contraste y la percepción del color. Sus dispositivos se han demostrado adecuados para la **evaluación de niños con problemas neurológicos**.

Otro caso de éxito es [IDx-DR](https://www.digitaldiagnostics.com/products/eye-disease/idx-dr-eu/)¹²⁷, un sistema de diagnóstico impulsado por IA que permite **detectar la retinopatía diabética a través del análisis de imágenes de la retina**. Detecta la ausencia o presencia de la afección ocular si se produce un nivel alto de azúcar en sangre.

ASISTENTES VIRTUALES Y TELEMEDICINA

La inteligencia artificial no solo puede ayudar al diagnóstico de enfermedades a través del profesional sanitario, sino que también puede **facilitar la fluidez y la automatización de la atención primaria a través de asistentes virtuales**, permitiendo al personal sanitario centrarse en casos más cruciales, complejos y graves.

¹²⁴ <https://www.skinvision.com/>

¹²⁵ <https://braingaze.com/>

¹²⁶ <https://dive-medical.com/>

¹²⁷ <https://www.digitaldiagnostics.com/products/eye-disease/idx-dr-eu/>

Mediktor¹²⁸ es un asistente médico en una plataforma web basada en IA para **triaje y prediagnóstico** de modo que permita dirigir a los pacientes al nivel adecuado de atención inmediatamente. La plataforma utiliza técnicas de procesamiento del lenguaje natural con IA para **recolectar datos médicos** (alergias, enfermedades existentes, operaciones, constantes vitales, etc.). A partir de esta información, **el chatbot realiza preguntas similares a las que realizaría un personal médico** y proporciona una evaluación inicial de la gravedad. Es usado tanto por aseguradoras privadas como por centros hospitalarios para un primer filtrado de los pacientes y una lista de posibles dolencias.

Babylon Health¹²⁹, es una aplicación de telemedicina que incluye un sistema de diálogo automático. La plataforma utiliza diversas técnicas de IA para que el paciente realice un chequeo médico básico, y reciba respuestas preliminares antes de la video-consulta en directo con el médico.

Las herramientas conversacionales como **Sensely**¹³⁰ pueden ser fácilmente integradas en cualquier consulta de forma que se pueda examinar los síntomas de un paciente a través de imágenes, video, texto o voz, y recomendar un diagnóstico basado en los datos recopilados del paciente y la información ya integrada en el algoritmo. El uso de estas herramientas ha demostrado que **reduce el número de visitas médicas innecesarias**, aumenta la fidelidad del paciente con su médico y minimiza los costes de monitorización.

DISPOSITIVOS DE MONITORIZACIÓN

En los últimos años ha emergido una inmensa cantidad de dispositivos con sensores que a través de sistemas software con IA permiten realizar seguimiento de indicadores de salud y de bienestar de manera continua. Este hecho permite poder monitorizar a las personas o alertar de situaciones no deseadas.

El **Apple Watch**¹³¹ es un reloj inteligente que incluye la aplicación de ECG para detectar cualquier anomalía en la frecuencia cardíaca del usuario. Esta aplicación se basa en el análisis de la señal recibida por el sensor del dispositivo, y a través de IA es capaz de detectar una fibrilación auricular, causante de un derrame cerebral o un ataque al corazón. Los algoritmos de IA están también detrás de los sensores **Dexcom**¹³², que envían transmisiones inalámbricas al móvil y proporcionan **información en tiempo real sobre los niveles de glucosa del paciente**.

¹²⁸ <https://www.mediktor.com/es>

¹²⁹ <https://www.babylonhealth.com>

¹³⁰ <https://www.sensely.com>

¹³¹ <https://www.apple.com/es/watch>

¹³² <https://www.dexcom.com/es-ES>

En los contextos de deporte y entrenamiento, la empresa **Athos**¹³³ utiliza **sensores de bioseñal ubicados en prendas de ropa** (camisetas, pantalones cortos o calcetines ajustados) **para personalizar los entrenamientos**, gracias a que obtienen datos precisos de actividad muscular y seguimiento de movimiento.

2.9. SERVICIOS PROFESIONALES

La IA también ofrece numerosas posibilidades a los profesionales independientes en áreas tan diversas como la jurídica, financiera o los seguros. En general, tareas repetitivas o con cierto grado de reutilización de información son candidatas a ser tratadas con algoritmos inteligentes.

SERVICIOS JURÍDICOS

Actualmente existen en el mercado herramientas de inteligencia artificial que facilitan la realización de procedimientos legales a través de técnicas de inteligencia artificial junto a otras tecnologías. Este concepto se conoce como *LegalTech*, y permite agilizar los procedimientos, reducir el tiempo invertido y aumentar la productividad, tanto del cliente como del profesional.

Lex Machina¹³⁴, proporciona una plataforma para **elaborar estrategias exitosas, ganar casos y cerrar negocios** en base a la información extraída en litigios previos. Combinando procesamiento del lenguaje natural, *big data* y aprendizaje automático, es capaz de procesar datos de grandes bases de datos de litigios, **extrayendo patrones** significativos sobre los jueces, abogados, las partes y los propios sujetos de los casos legales. Con los datos arrojados por la plataforma, los profesionales de abogacía pueden predecir los comportamientos y resultados que producirán las diferentes estrategias legales.

Otra tarea con gran componente automatizable es la generación de las cláusulas contractuales. Encontramos herramientas como **LawFit**¹³⁵, **Legito**¹³⁶, **ClauseBase**¹³⁷ que tienen contratos pre-diseñados y permiten su generación automática en pocos minutos. Otras herramientas, como **LexSoftT3**¹³⁸ tienen la capacidad de extraer conocimiento de diversas fuentes de información, como e-mail o documentos, e incluirlos a la información del caso.

De forma similar, **Kira Systems**¹³⁹, ofrece un sistema que permite **comprobar contratos** y cuenta con la capacidad de aprender y **detectar riesgos ocultos** en el documento. El software de aprendizaje automático identifica, extrae y analiza el contenido de los contratos y documentos, obteniendo respuestas a las preguntas más urgentes al instante.



¹³³ <https://www.liveathos.com>

¹³⁴ <https://lexmachina.com>

¹³⁵ <https://es.lawlift.com>

¹³⁶ <https://www.legito.com>

¹³⁷ <https://www.clausebase.com>

¹³⁸ <https://www.lexsoft.com>

¹³⁹ <https://kirasystems.com>



Una tendencia tecnológica de vanguardia son los *smart contracts*, o contratos inteligentes, que si bien no son estrictamente desde el punto de vista legal contratos, si son **un conjunto de pasos bien definidos que se basan en la tecnología *blockchain* para aumentar la transparencia, seguridad y eficiencia de los acuerdos**. Dado que son algoritmos que se ejecutan de forma distribuida en una plataforma *blockchain* (Ethereum, HyperLedger, Corda, etc.), estos *smart contracts* permiten automatizar la ejecución de los acuerdos, existiendo algunas librerías que facilitan su desarrollo (OpenZeppelin¹⁴⁰, DappSys¹⁴¹ o ConsWasm¹⁴², entre otras).

SERVICIOS FINANCIEROS Y DE SEGUROS

La IA ha entrado de lleno en las finanzas mediante su uso en los gestores de fondos de inversión. Los fondos gestionados por algoritmos de aprendizaje automático o profundo consiguen hasta más del triple de rentabilidad que los gestionados **tradicionalmente**¹⁴³. Herramientas como Capital¹⁴⁴ o Toggle¹⁴⁵ permiten **gestionar los propios fondos con un sistema inteligente de ayuda a la decisión**.

La reclamación del IVA de los gastos de viajes domésticos e internacionales sigue siendo un reto para los equipos financieros de las empresas por la complejidad del proceso. Herramientas como SAP Concur¹⁴⁶ y VatBox¹⁴⁷ facilitan el **reconocimiento automático de los tickets y su contabilización** adecuada para la devolución de los impuestos.

En el área de los seguros, la IA se usa para diversas fases de los procesos, desde el triaje inicial, el procesamiento de las reclamaciones e incluso **auditorías para detectar falsas demandas**.

Lemonade¹⁴⁸ es una startup insurTech americana que combinando técnicas de PLN para los asistentes virtuales, y un sistema inteligente basado en reglas y aprendizaje automático, es capaz de gestionar de forma 100% automática más de 20.000 reclamaciones anualmente en todas sus fases. Otras soluciones basadas en visión por computador permiten **detectar, evaluar y validar daños en los vehículos de forma automática** y sin necesidad de enviar a peritos, o procesar automáticamente los partes de seguro escritos a mano, sin tener que mecanizar a mano los datos.

Los algoritmos de aprendizaje automático pueden nutrirse de los históricos de las compañías de seguros y, con datos objetivos y con términos extraídos del análisis documental de las reclamaciones, detectar con un alto grado de fiabilidad la veracidad del siniestro reclamado.

¹⁴⁰ <https://openzeppelin.com>

¹⁴¹ <http://dapp.tools>

¹⁴² <https://cosmwasm.com>

¹⁴³ <https://www.oecd.org/finance/artificial-intelligence-machine-learning-big-data-in-finance.htm>

¹⁴⁴ <https://capital.com/es>

¹⁴⁵ <https://toggle.ai>

¹⁴⁶ <https://www.concur.es>

¹⁴⁷ <https://vatbox.com>

¹⁴⁸ <https://www.lemonade.com>



FINANCIADO POR



CEA
empresas

COLABORAN

