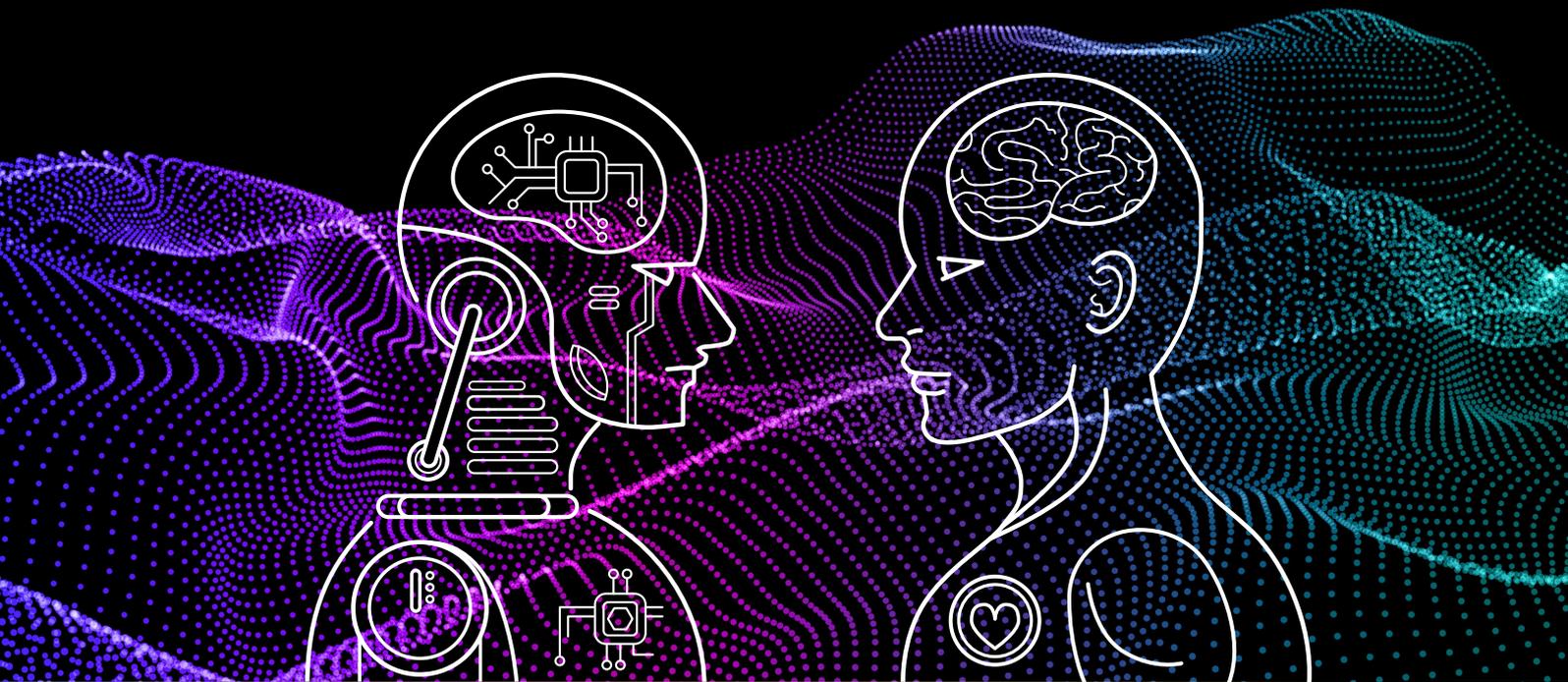
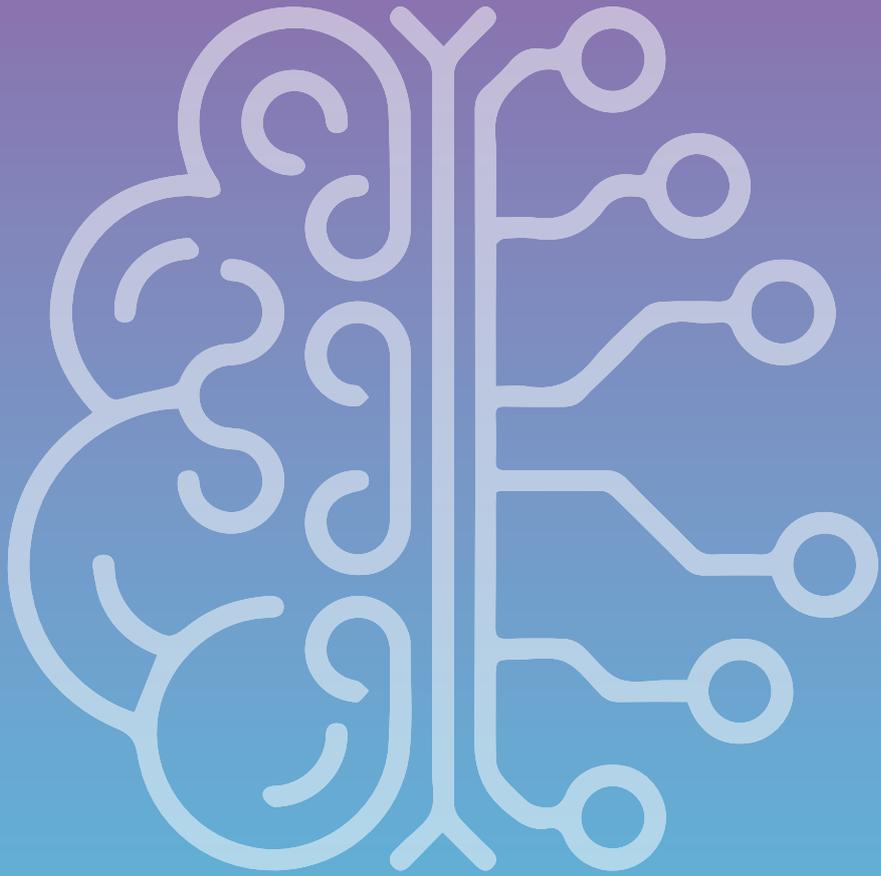


MEMORIA ANUAL 2024



CÁTEDRA
DE INDUSTRIA
CONECTADA

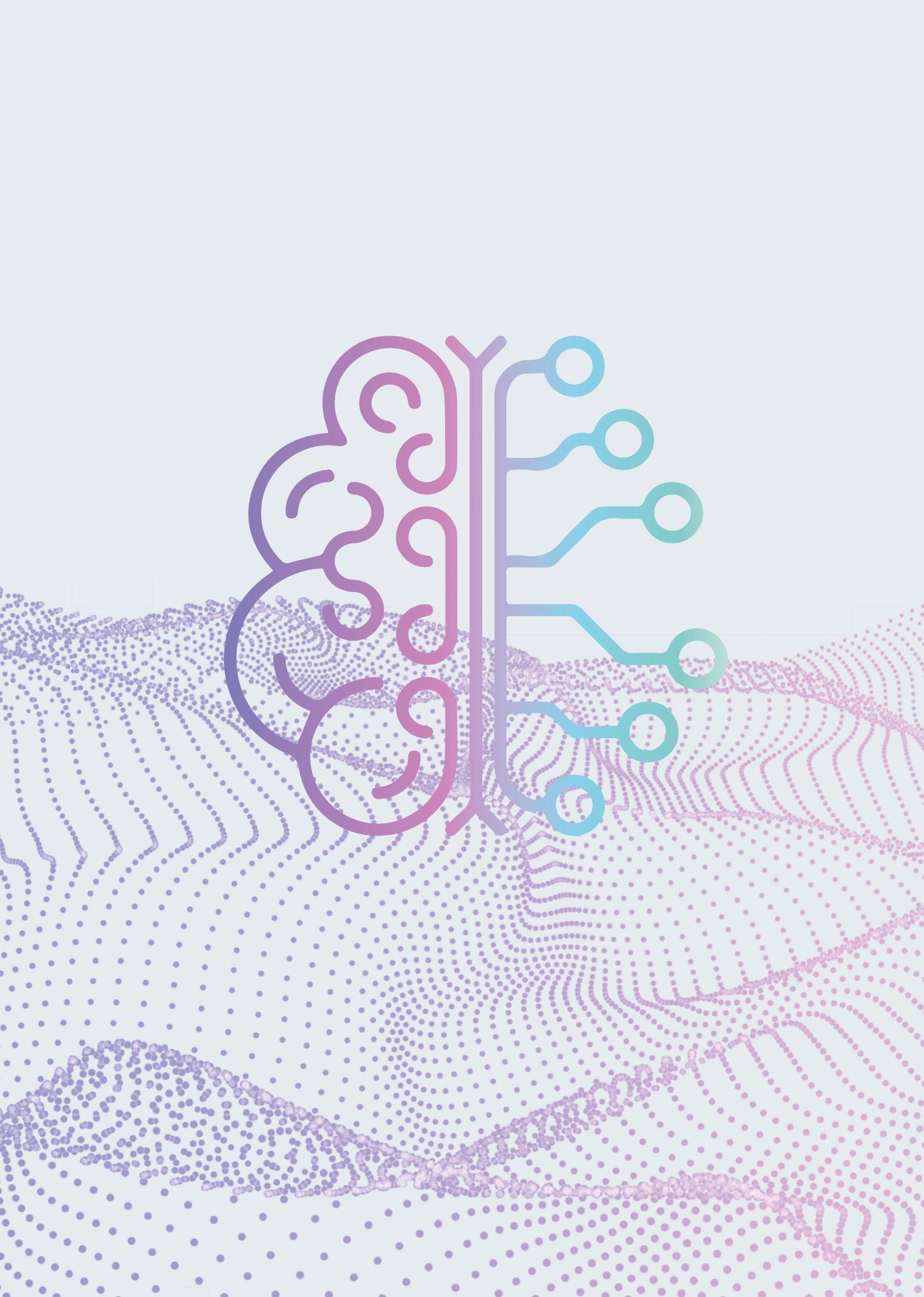




MEMORIA ANUAL 2024

CÁTEDRA
DE INDUSTRIA
CONECTADA





CARTA DE LOS DIRECTORES

Queridos amigos de la cátedra,

La Cátedra de Industria Conectada (CIC) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI) ha llegado a su octavo año en un entorno marcado por la rápida expansión de la Inteligencia Artificial Generativa (IA gen), que se ha convertido en el nuevo motor de la transformación digital. Durante este periodo, hemos querido seguir aportando conocimiento, talento y reflexión.

En este sentido, volvimos a reunir a expertos en varias jornadas dedicadas a analizar las tecnologías emergentes, los retos que plantean y el perfil de talento que demandan las organizaciones. Estas sesiones se han consolidado como espacios de referencia para quienes buscan comprender y liderar la nueva revolución industrial.

Nuestros desayunos han sido otra vez un punto de encuentro para directivos que desean compartir experiencias y visiones de futuro. Este año, hemos contado con Philippe Fevrè, Director General de PackBenefit; Ángel Sáenz de Cenzano, Country Manager de LinkedIn España y Portugal; Hugh Elliott, Embajador de Reino Unido en España; Carlos Muñoz, CEO de Volotea; el Teniente General Millán Martínez, Director del CESTIC; Alberto Rodríguez-Toquero, Director General de Mahou San Miguel; y Robert F. Engle, premio Nobel de Economía. Cada una de estas voces aportó perspectivas muy valiosas sobre innovación, competitividad y geopolítica.

En cuanto a nuestros estudiantes, en este ejercicio hemos acogido a 45 alumnos de grado y máster en el CIC LAB, nuestro laboratorio de investigación e innovación, donde se enfrentan a retos planteados directamente por la industria. Con dedicación a tiempo completo durante los meses de verano y a tiempo parcial durante el curso, han demostrado el entusiasmo, competencia y creatividad que caracterizan a la próxima generación de profesionales que se está formando en nuestra escuela de Ingeniería Comillas-ICAI.

Otro hito importante de este año fue nuestro tradicional Hackathon, celebrado en octubre, y que en esta ocasión contó con la colaboración de Acerinox. El desafío se centró en exprimir al máximo el potencial del acero inoxidable, y los equipos participantes respondieron con propuestas audaces y visionarias que sin duda contribuirán a mantener el liderazgo de Acerinox en el sector.

De cara a 2025, anticipamos que la Inteligencia Artificial seguirá desempeñando el papel protagonista en la transformación digital, al tiempo que el escenario geopolítico añadirá retos adicionales para la industria.

Muchas gracias a todos por acompañarnos un año más. Vuestra participación y apoyo siguen siendo la clave para que la CIC continúe impulsando el progreso tecnológico y humano de nuestra industria.

Mariano Ventosa y Bernardo Villazán
Codirectores de la Cátedra

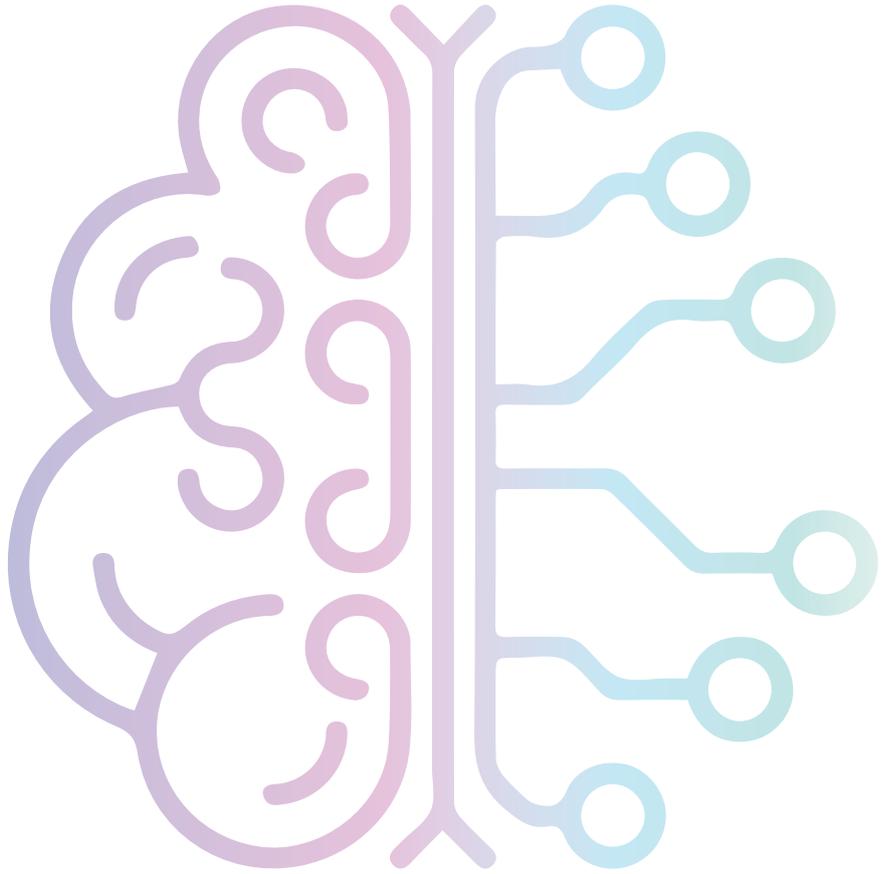


TABLA DE CONTENIDO

Carta de los Directores	5
-------------------------------	---

Tabla de Contenido	7
--------------------------	---



EVENTOS PRIVADOS

1. ENCUENTRO PRIVADO SOBRE SEMICONDUCTORES	10
2. ENCUENTRO PRIVADO SOBRE EL IMPACTO DE LA IA EN LAS ORGANIZACIONES	12



DESAYUNOS CON CEO

1. PHILIPPE FÈVRE, Director General PackBenefit – 18 enero	16
2. ÁNGEL SAÉNZ DE CENZANO, CEO de LinkedIn – 3 de marzo	18
3. ROBERT ENGLE, Premio Nobel de Economía – 5 de junio	20
4. HUGH ELLIOTT, Embajador de Reino Unido en España – 6 de junio	22
5. CARLOS MUÑOZ, CEO de Volotea – 17 de julio	24
6. TENIENTE GENERAL MILLÁN MARTÍNEZ, Director CESTIC – 10 de octubre	26
7. ALBERTO RODRÍGUEZ-TOQUERO, Director General Mahou San Miguel – 12 de diciembre	28



IX HACKATHON FOR SMART INDUSTRY



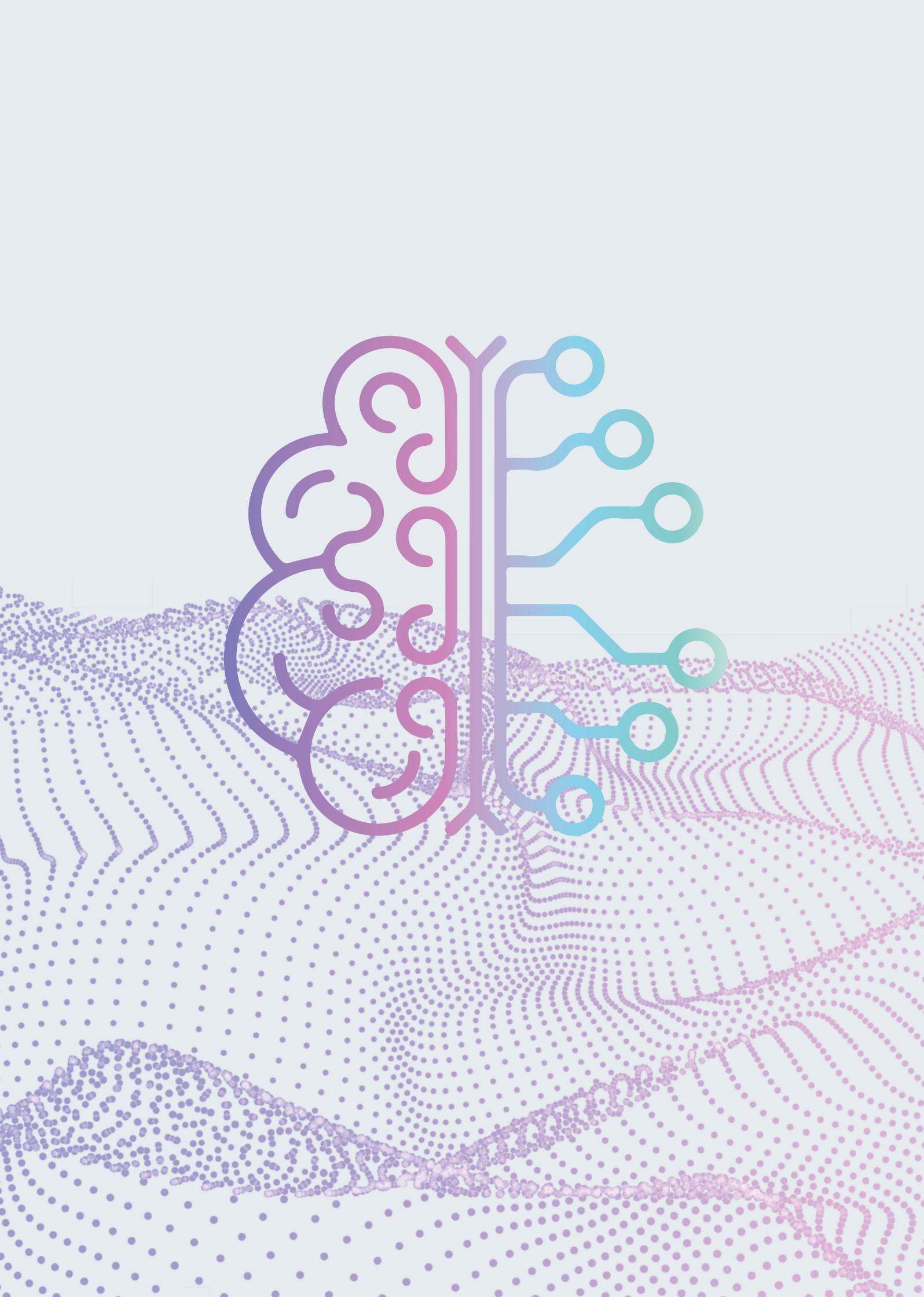
INVESTIGACIÓN (CIC LAB)

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN: La edición del CIC LAB de 2024	36
1. ACERINOX: Problema del viajero	40
2. ANTOLIN: IA integrada en Teams	43
3. ENAGÁS: Twin Transition en el sector Transporte en Europa	53
4. ENDESA 1: Análisis de Automatización de líneas de distribución de media tensión	87
5. ENDESA 2: Seguridad física en subestaciones y centros de transformación	100
6. GESTAMP: Detección de fallos en piezas de tapas de baterías de automóvil	106
7. INDRA: AI development for strategic games	113
8. REPSOL: Analítica de la Cadena de Suministro	117
PROYECTOS PROMOVIDOS POR LA CÁTEDRA DE INDUSTRIA CONECTADA	
9. Fine-tuning Local de LLMs para Q&A sobre Documentos Privados	123
10. Asistente inteligente para la extracción de información de documentos científicos (RAP)	132
11. Reconocimiento por imagen de expedientes académicos e introducción en base de datos ..	138
12. Monitorización y previsión de mercado para cursos de postgrado Lifelong Learning	142
13. IA Generativa	148



FORMACIÓN

1. Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial e Industria Conectada (MI-MIC)	162
2. Programa Ejecutivo en Liderazgo y Transformación Digital de la Industria (PELTi)	165
3. Máster Ejecutivo en Transformación Digital de la Industria (METDi)	168





EVENTOS PRIVADOS

Como cada año, se han organizado sesiones específicas en temas de especial relevancia o interés, con el propósito de fomentar el *networking* y la colaboración entre los profesionales vinculados a la cátedra, generando espacios de debate comunes entre los especialistas de las empresas patrono de la cátedra.

Durante estas reuniones, se intercambian experiencias, se comparten inquietudes o desafíos, y se exploran posibilidades de colaboración entre las distintas organizaciones. Estas sesiones representan una oportunidad para que las empresas patrono descubran nuevas formas de innovar, en las que se promueve la sinergia entre ellas.

Por lo general, la dinámica consiste en que un invitado dirige o guía la sesión, compartiendo su perspectiva y explicando cómo su organización ha afrontado los desafíos de la digitalización, con el propósito de inspirar a los profesionales presentes.

La diversidad de perspectivas y conocimientos que se reúnen en estos encuentros enriquecen el abordaje de los temas tratados y generan el ambiente propicio para el aprendizaje y el desarrollo conjunto. En definitiva, estas reuniones son un espacio donde el *know-how* y la colaboración se fusionan para impulsar el progreso y la excelencia en el ámbito empresarial e industrial.

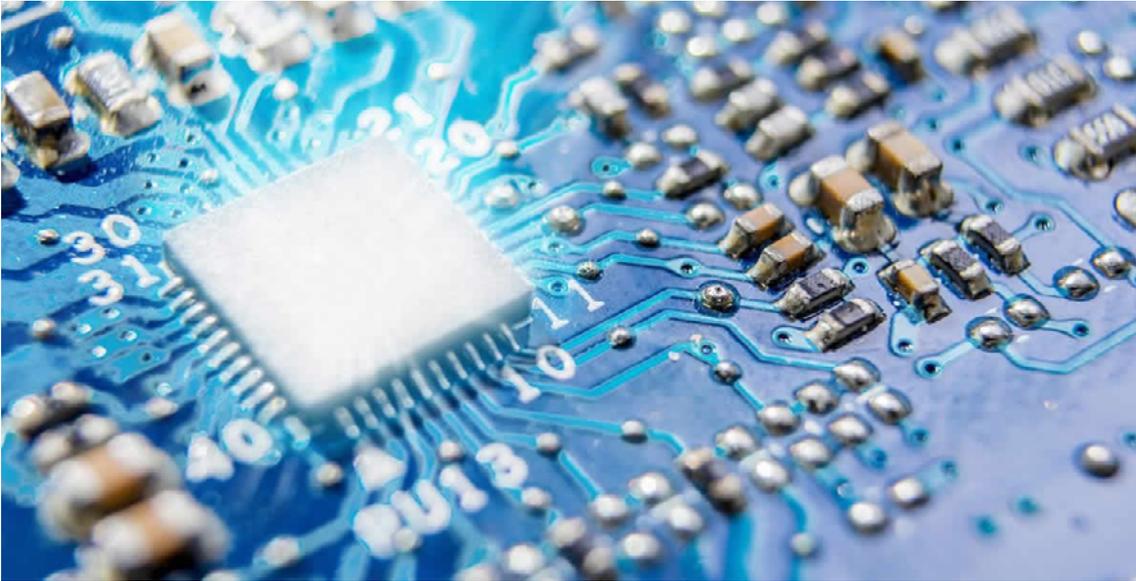


Visita el **Canal de TV Comillas**
de la Cátedra de Industria Conectada:





1 | ENCUESTO PRIVADO SOBRE SEMICONDUCTORES



El encuentro privado sobre **microelectrónica y semiconductores**, organizado por la **Cátedra de Industria Conectada** se llevó a cabo con la participación de diversos representantes de las empresas patrono y de la universidad. La sesión, moderada por Bernardo Villazán, codirector de la cátedra, se centró en discutir el ecosistema de microelectrónica y semiconductores en España, así como las oportunidades y desafíos que enfrenta el sector.

Entre los participantes se encontraban los principales responsables en las áreas de digitalización de muchas de las empresas patrono de la cátedra.

El objetivo de la sesión consistió en hacer una **valoración del ecosistema** actual de la industria de los semiconductores en España, y particularmente los semiconductores avanzados, puesto que muchos sectores industriales han vivido el grave problema que ha supuesto la escasez de éstos en el mercado. Así como que cada uno de los participantes pudiera compartir en qué medida les ha afectado a sus organizaciones, las problemáticas a las que se enfrentan y qué oportunidades están detectando.

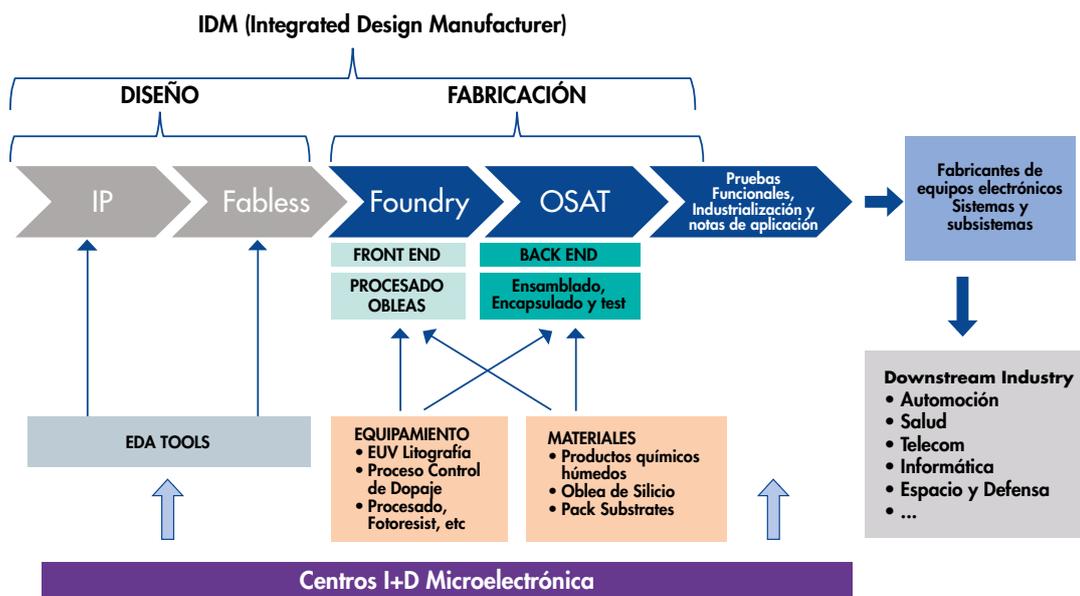
Los temas principales fueron:

- **Cadena de Valor de Semiconductores.**
- **Estructura y distribución del Ecosistema en España.**
- **Desafíos del Sector.**
- **Soberanía Tecnológica Europea.**



El encuentro contó con las experiencias que han tenido en cada una de las empresas participantes, y a pesar de las diferencias entre las industrias y los negocios de cada una de ellas se llegaron a las siguientes conclusiones:

- **Diversificación de Proveedores:** Es crucial para las empresas ampliar sus fuentes de suministro y adoptar una mayor flexibilidad en sus adquisiciones de componentes electrónicos para mitigar riesgos de escasez.
- **Inversión en Capacidad de Fabricación:** La necesidad de desarrollar capacidades de fabricación de semiconductores en Europa es fundamental para reducir la dependencia de Asia y mejorar la soberanía tecnológica.
- **Colaboración Internacional:** Participar en proyectos colaborativos a nivel europeo puede ayudar a las empresas a acceder a tecnologías avanzadas y a desarrollar capacidades propias en semiconductores.
- **Adopción de Arquitecturas Abiertas:** La utilización de arquitecturas abiertas como RISC-V puede ayudar a reducir la dependencia de estándares controlados por pocos actores internacionales y fomentar la innovación local.

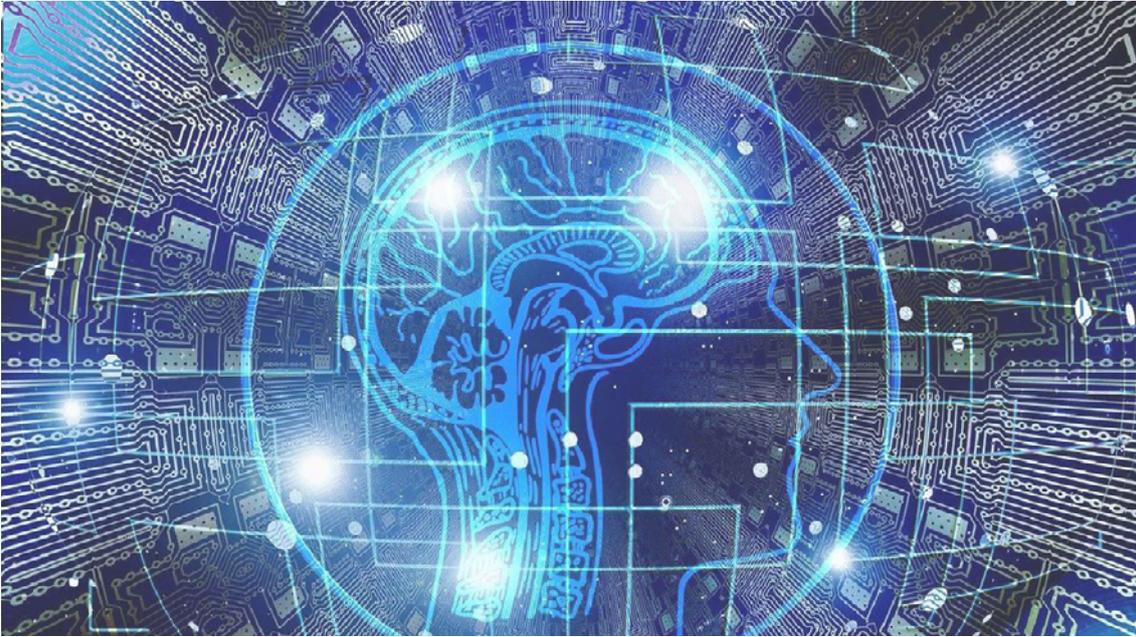


Fuente: AMETIC, 2023 y CIC, 2024

El encuentro subrayó **la importancia de contar con una estrategia coordinada para abordar los desafíos en la cadena de suministro de semiconductores, y la necesidad de inversiones significativas para fortalecer el ecosistema europeo y español en esta industria crítica.** Además, se reflexionó que esta estrategia solo funcionará si se consigue obtener la ayuda suficiente mediante inversión pública. Sólo conseguiremos tener una menor dependencia externa en semiconductores avanzados, si conseguimos que **Europa pase del 10% de la producción mundial de microelectrónica, al 20% en el año 2030.**



2 | ENCUENTRO PRIVADO SOBRE EL IMPACTO DE LA IA EN LAS ORGANIZACIONES



La IA generativa (IA gen) está emergiendo como una de las tecnologías más transformadoras de nuestro tiempo, con el potencial de reconfigurar profundamente las operaciones, procesos y estrategias de las empresas industriales. En este contexto, la **Cátedra de Industria Conectada** reunió a líderes de sus empresas patrono en una sesión privada para explorar el impacto de la IA gen en sus organizaciones, en la que se pusieron ejemplos concretos de por qué la **IA generativa (IA gen) está reconfigurando la manera en que las empresas operan, innovan y generan valor.**

El encuentro tuvo dos fases diferenciadas: una primera en la que Repsol presentó los resultados obtenidos en una serie de iniciativas estratégicas orientadas a evaluar el potencial de esta tecnología; y una segunda fase de debate en la que se compartieron experiencias y lecciones aprendidas bajo la premisa de las reglas de Chatham House, fomentando un intercambio abierto y honesto de ideas sin comprometer la confidencialidad de los participantes.



La sesión puso de relieve **cómo la IA gen está redefiniendo la productividad, la innovación y los modelos de negocio.** Con ejemplos concretos de empresas pioneras, se analizaron las oportunidades que esta tecnología presenta, los retos asociados a su implementación y las estrategias para abordar cuestiones técnicas,

éticas y organizativas. La presentación inicial centró el debate, donde se subrayó la necesidad de un enfoque estratégico para integrar estas herramientas de manera efectiva y ética en las operaciones corporativas.

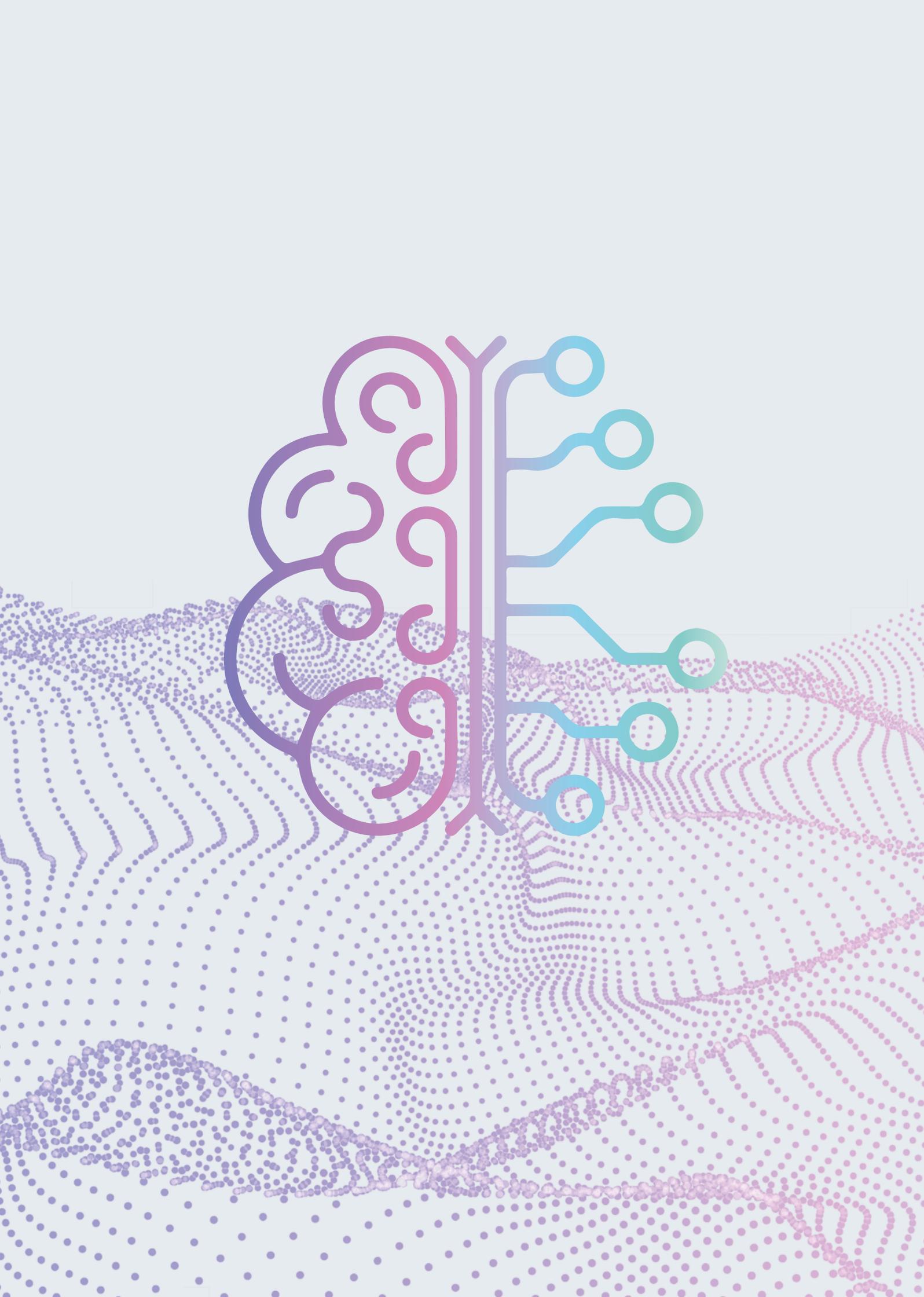
En este momento de cambio acelerado, la **Cátedra de Industria Conectada** reafirma su compromiso con fomentar el conocimiento compartido, guiando a las empresas en su viaje hacia un futuro donde la tecnología y la humanidad coexistan en equilibrio para crear valor sostenible.



Como reflexión final, se habló de la **IA generativa como una revolución en el mundo industrial**, ofreciendo posibilidades que van más allá de la automatización tradicional. **Su adopción está redefiniendo la productividad, la innovación y las estrategias organizacionales.** Sin embargo, su implementación no está exenta de retos. Desde la seguridad de los datos hasta la capacitación del personal, cada paso hacia la integración de esta tecnología requiere una planificación cuidadosa.

Las industrias que lideren en la implementación de IA generativa estarán mejor posicionadas para aprovechar sus beneficios y responder a los desafíos del futuro. Sin embargo, el éxito dependerá de la capacidad de las organizaciones para equilibrar innovación con responsabilidad, asegurando que esta tecnología no solo mejore los resultados empresariales, sino también el bienestar de las personas y la sostenibilidad del entorno industrial.







DESAYUNOS CON CEO

Como ya es tradicional en la cátedra, cada año se organiza un ciclo de desayunos con CEO, con el objetivo de servir de foro de reflexión, debate y puesta en común de buenas prácticas, casos de éxito, así como para analizar las tendencias de un sector. En ellos, el Presidente/CEO de una empresa expone, ante destacados representantes de empresas industriales y otros directivos relevantes de las empresas patrono, la situación de su sector, las tendencias actuales, así como el peso de la tecnología en el proceso de digitalización de sus compañías.

Estos encuentros sirven como una oportunidad de hacer *networking* entre altos cargos de una gran variedad de empresas ligadas a la industria 4.0. y a la digitalización de sus organizaciones.

Este año se ha organizado el mayor número de Desayunos con CEO desde que la cátedra inicio sus andaduras, con siete encuentros y temáticas muy variadas.

En todos los desayunos se mantuvo un ambiente de cercanía y confidencialidad sobre los temas tratados, sello distintivo de estos encuentros. Este formato favorece que se genere un enriquecedor debate entre los asistentes y el ponente invitado.



Visita el **Canal de Youtube**
de la Cátedra de Industria Conectada:





DESAYUNOS CON CEO

**1 | PHILIPPE FÈVRE,
Director General PackBenefit**

**18 de
enero**



En un ambiente industrial y tecnológico empresarial único, se ha llevado a cabo el primer **“Desayuno con CEO”** del año, organizado por la **Cátedra de Industria Conectada** de Comillas ICAI. En esta ocasión **Philippe Fèvre**, CEO y fundador de **PackBenefit**, ha compartido su trayectoria profesional, ante la atenta mirada de los presentes, entre los que se encontraban el rector de la universidad, **Enrique Sanz, SJ**, y otros miembros del equipo de gobierno de la universidad, así como representantes de las empresas patrono.

Durante la intervención de Philippe Fèvre, el fundador de PackBenefit, empresa líder en el desarrollo de envases sostenibles para alimentos, relató los inicios de su compañía y cómo “en el año 2013, a raíz de una invención loca, se decidió hacer un envase sustitutivo del plástico y empezamos a desarrollar el producto, lo que podemos llamar celulosa moldeada”.





Como ha señalado Fèvre “tras cuatro o cinco años dedicando un esfuerzo ingente en I+D para crear el producto, surge un segundo problema al no existir una maquinaria que pudiese producir el nuevo producto. Una vez creado el producto y creada la tecnología para fabricarlo, nos encontramos en un punto en el que el mercado no estaba abierto a un producto como este, porque no lo conocía”.



DESAYUNOS CON CEO

“En ese momento es cuando realmente empiezan los ejes de transformación. Sabiendo todo eso quisimos replantear nuestra existencia, redefinir PackBenefit y transformar ese proyecto en una empresa. Empezamos a hacer una transformación estratégica muy profunda, definiendo lo que queríamos ser”.



En su ponencia, Fèvre ha destacado un consejo que recibió de la mano de **Bernardo Villazán**, co-director de Cátedra de Industria Conectada, junto a **Mariano Ventosa**, y encargado de presentar al invitado, quien le dijo: “nunca dejes de aprender”. Una frase que le ha acompañado en su día a día y que ha recordado en cada reto al que se ha tenido que enfrentar.



Aquí podrás ver **todas las fotos del encuentro:**





2 | ÁNGEL SAÉNZ DE CENZANO, CEO de LinkedIn

3 de marzo



El **Country Manager de LinkedIn España y Portugal, Ángel Saénz de Cenzano**, protagonizó un nuevo “Desayuno con CEO”, organizado por la **Cátedra de Industria Conectada** (CIC) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (Comillas ICAI).

El rector de la Universidad Pontificia Comillas, **Enrique Sanz, SJ**, y el líder de Investigación de CIC, **Álvaro López López** fueron los encargados de presentar al invitado, que estuvo arropado por miembros del equipo de gobierno de la universidad y por otros CEO de las empresas patrono de la cátedra.



Durante su intervención, el antiguo alumno del Grado en Administración y Dirección de Empresas (E-2), hizo un breve repaso por su paso por Comillas y reflexionó sobre el mercado laboral actual. “Los alumnos de hoy pasarán por entre doce y catorce experiencias profesionales a lo largo de su vida, un cambio considerable con respecto a generaciones anteriores”, apuntó. **“Aunque no cambiemos de trabajo, nuestro trabajo cambia, y lo hace significativamente”**, sentenció.



DESAYUNOS CON CEO

Saénz de Cenzano reconoció que el principal problema al que puede enfrentarse una empresa en la actualidad es al de la “no asunción del cambio y la evolución”. “Una cosa es que preservemos una serie de valores y otra es no querer aceptar los cambios culturales que nos encontramos”, dijo. Por último, hizo referencia a la movilidad interna: “Es una de las grandes realidades del presente. Hay que capacitar y fomentar la promoción internamente para no depender de la búsqueda continua de talento fuera de la empresa”.



Aquí podrás ver **todas las fotos del encuentro:**





DESAYUNOS CON CEO

**3 | ROBERT ENGLE,
Premio Nobel de Economía** **5 de junio**



La **Cátedra de Industria Conectada** y el **Club Empresarial ICADE** organizaron un desayuno-conferencia junto al **premio nobel de economía, Robert F. Engle**, que se encuentra de visita en la Universidad Pontificia Comillas para ser investido **doctor honoris causa** junto al profesor Eduardo Schwartz por la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. El invitado pudo compartir impresiones con un nutrido grupo de CEO de empresas, directivos de la empresa e industria, así como con miembros del equipo de gobierno de la universidad.

El rector de la universidad, **Enrique Sanz, SJ**, fue el encargado de dar la bienvenida al premio nobel. El director del Club Empresarial ICADE, Jaime Pérez Renovales fue el encargado de introducir al ponente, haciendo un breve repaso por su biografía, que calificó como “realmente impresionante”.

Reconocido con el Premio Nobel de Economía en 2003, **Engle introdujo el concepto de volatilidad no constante y lo desarrolló en el campo de las finanzas, dando lugar al nacimiento de la econometría financiera.**





Robert F. Engle agradeció la acogida y durante su intervención hizo un repaso por la labor que realiza en el centro ***Volatility and Risk Institute (VRI)*** de la Universidad de Nueva York, del que es codirector. “Tratamos de crear un modelo predictivo que se ajuste tanto a las necesidades del mercado como a las de la carrera investigadora”, señaló.

En este centro han desarrollado una herramienta gratuita y de acceso online, ***Volatility Laboratory (V-Lab)*** para que cualquier persona pueda conocer en tiempo real la medición y predicción de la volatilidad financiera y las correlaciones de una amplia variedad de activos, usando una gran variedad de modelos. Engle hizo una demostración en directo de la valiosa información que se puede encontrar en esta web.



La audiencia estuvo interesada en el impacto de la Inteligencia Artificial en el mercado laboral, a lo que Engle respondió “Yes, it’s real”, reconociendo la importancia y trascendencia que está alcanzando, pero acentuando que el mejor predictor del futuro siempre será el comportamiento de los activos en el pasado. En su opinión, la IA tendrá un mayor impacto en aquellos trabajos que se pueden automatizar, pero no tanto en el sector financiero, en el

que los modelos y las metodologías ya están tremendamente perfeccionados. También resaltó que la IA arroja un importante dilema acerca de qué información es cierta y cuál no, ya que cada vez es más difícil reconocer qué datos han sido creados por IA y si realmente reflejan la realidad.



Aquí podrás ver ***todas las fotos del encuentro:***





DESAYUNOS CON CEO

4 | HUGH ELLIOT, Embajador de Reino Unido en España

6 de junio



La **Cátedra de Industria Conectada** de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (Comillas ICAI), en colaboración con el **Observatorio Winston Churchill, Innovación, Europa y Relaciones Hispano-Británicas**, organizaron un desayuno-coloquio con el actual **embajador británico Hugh Elliott**. En un ambiente distendido, el rector de la universidad **Enrique Sanz, SJ**, dio la bienvenida al invitado asegurando que se trata de un buen amigo de Comillas, una persona “leal, amable y siempre abierta al diálogo con nuestros estudiantes”, y apuntando que “la colaboración siempre nos hace mejores a todos”, haciendo alusión a la colaboración realizada entre el observatorio y la cátedra.

Ante la atenta mirada del rector y de otras autoridades, tanto de la universidad como de las empresas patrono de la cátedra y otras instituciones, el embajador Elliot hizo balance de sus cinco años como embajador británico en España y Andorra, ahora que finaliza su etapa en el cargo, poniendo especial atención en la situación geopolítica mundial. “Con todo lo que vemos en las noticias, se va formando la impresión de que el mundo va a peor. Sin embargo, es importante reconocer todo el progreso que hemos conseguido, especialmente en el ámbito de la diplomacia”, afirmó. “Ha sido un privilegio representar a mi país en España durante todo este tiempo”, concluyó.

La exposición de Elliott, centrada en el estado de las relaciones entre Reino Unido y España, así como en los retos económicos de ambos países y sus interrelaciones, suscitó un gran interés por parte de los invitados, puesto que le hicieron muchas y muy diversas preguntas sobre los temas que había mencionado, para reflexionar y abordar con más profundidad cuál era su opinión sobre ellos.



Uno de los temas principales abordados fue la importancia de que todas las personas seamos conscientes del grado de veracidad de la información que recibimos, ya que actualmente, debido a los algoritmos que utilizan los medios de comunicación y las fuentes de información digital que utilizamos los ciudadanos a diario, pueden estar sesgando nuestras creencias. Se compartieron varios ejemplos sobre qué herramientas y estrategias podemos utilizar los ciudadanos y profesionales, resaltando el

papel crucial del sector educativo en la formación de una sociedad con pensamiento crítico. Además, el embajador enfatizó la importancia de contar con medios de comunicación responsables y con la participación activa de los ciudadanos en los procesos democráticos, como pilares fundamentales para el desarrollo de una comunidad informada y comprometida, subrayando que solo a través de un esfuerzo colectivo se pueden lograr cambios significativos y duraderos.

El encuentro finalizó con una gran ovación para despedir y agradecer a Elliott su claridad, transparencia y generosidad en ofrecer su punto de vista. Visión tremendamente valiosa respaldada por su dilatada experiencia en relaciones internacionales, puesto que se abordaron asuntos tan delicados como la situación mundial actual derivada del impacto de las guerras en Ucrania y Gaza, entre otros temas geopolíticos mundiales



DESAYUNOS CON CEO



Aquí podrás ver **todas las fotos del encuentro:**





DESAYUNOS CON CEO

5 | CARLOS MUÑOZ, CEO DE Volotea

17 de julio



La **Cátedra de Industria Conectada** y el **Club Empresarial ICADE** organizaron un desayuno-coloquio con el **fundador de las compañías aéreas Vueling y Volotea**, CEO de esta última y antiguo alumno de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (Comillas ICADE), **Carlos Muñoz**.

El encuentro, que estuvo presidido por el rector de la universidad, **Enrique Sanz, SJ**, contó con la presencia de un nutrido grupo de autoridades, tanto de la universidad como de otras empresas e instituciones.



David Pérez Renovales, miembro del comité ejecutivo del Club Empresarial ICADE fue el encargado de presentar al ponente señalando que **posee “el gen emprendedor”**. “Tenemos con nosotros a uno de los principales emprendedores de nuestro país y es todo un orgullo que haya venido a compartir su experiencia”, aseguró.



Durante su intervención, **Carlos Muñoz** reconoció que escoger el camino del emprendimiento fue un momento trascendental en su vida. “Estaba predestinado a seguir el camino de gestionar la empresa familiar, que me encantaba, pero tras un periodo de reflexión e inspirado por la mentalidad estadounidense, decidí cambiar el rumbo. Sin duda fue la decisión más importante de mi vida profesional”, afirmó. El momento al que se refiere Muñoz es la fundación de la compañía de bajo coste Vueling, allá por el 2002.

“En aquel momento, el low cost representaba el 7% del mercado por lo que era un campo de inversión bastante prometedor”, afirma. Tras su salida de Vueling, en 2011 fundó otra compañía aérea, Volotea, esta vez centrada en los vuelos entre ciudades europeas de tamaño medio o pequeño. “Dos tercios de la población europea vive en ciudades o núcleos urbanos pequeños o en entornos rurales y tienen muchas menos oportunidades de encontrar un vuelo directo. Esa es la tendencia que buscamos corregir con Volotea”, explicó.

Muñoz también aportó algunas de las claves del éxito de sus proyectos. **“Es importante salir con una buena oportunidad, algo que tenga sentido; levantar capital desde el inicio también es crucial, así como rodearse de buenos socios y ser perseverante”**. También mencionó la relevancia del capital humano y formar un equipo talentoso: “Es fundamental conocer al equipo y su forma de trabajar. De las 17 personas que empezamos en Volotea, 13 veníamos de Vueling”, concluyó.

El encuentro finalizó con un debate moderado por **Álvaro López López**, investigador principal de la Cátedra de Industria Conectada. Los invitados mostraron una gran curiosidad sobre la trayectoria y los logros de Carlos Muñoz y su equipo en el ámbito empresarial, lo que generó un ambiente muy abierto y distendido entre todos los presentes.



Aquí podrás ver **todas las fotos del encuentro**:





DESAYUNOS CON CEO

6 | TENIENTE GENERAL MILLÁN MARTÍNEZ, 10 de octubre
Director de GESTIC



La **Cátedra de Industria Conectada** de Comillas ICAI organizó un encuentro junto al **Teniente General José María Millán Martínez**, Director General del Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CESTIC), y CIO del Ministerio de Defensa, que analizó la transformación digital en los ejércitos españoles y avisó de la “enorme importancia de la adaptación y transformación digital de las fuerzas armadas para que sean capaces de combatir en el campo cibernético”.

El teniente general afirmó que estamos inmersos en una especie de “esfera digital” dentro de la cual “se desarrollan las operaciones militares”, que necesitan “una enorme interoperabilidad entre las fuerzas propias y aliadas, y una gran capacidad de conectividad de los sistemas de mando”. Además, advirtió de la necesidad de “un cambio de mentalidad, porque no se puede combatir la guerra del siglo XXI con medios del siglo XX”.



En este sentido, se refirió a la ciberseguridad, porque, "sin ella no puede haber transformación digital". Millán Martínez, que evitó valorar el conflicto árabe-israelí, afirmó que "el frente de Ucrania también está en la nube" y que "necesitamos líderes con otra mentalidad, digitales, que hagan las cosas de forma diferente". Y aseveró: "El combate del futuro ya está siendo digital, y hay que crear el futuro, que es lo que evita la incertidumbre".



DESAYUNOS CON CEO



Aquí podrás ver **todas las fotos del encuentro:**





DESAYUNOS CON CEO

7 | **ALBERTO RODRÍGUEZ-TOQUERO,**
Director General Mahou San Miguel **12** de diciembre



La **Cátedra de Industria Conectada** junto al **Club Empresarial ICADE** organizó el último encuentro del año de este tipo, dentro de su ciclo “Desayunos con CEO”, en esta ocasión junto con **Alberto Rodríguez-Toquero**, director general de Mahou San Miguel como invitado.

Alberto Rodríguez-Toquero, como director y quien ha tenido una carrera destacada en el sector de la industria cervecera, expresó su agradecimiento por estar en una de las instituciones más prestigiosas de este país. Durante su intervención, compartió la historia de Mahou, que comenzó en 1890, y mencionó, entre otras, la adquisición en 2020 de San Miguel, formando la mayor compañía cervecera española, lo que consolidó a la empresa como la compañía cervecera española más internacional con presencia en más de 70 países.

El rector de la universidad, **Antonio Allende, SJ**, dio la bienvenida a los asistentes e inauguró el acto. **Carlos Cortés**, socio del Club Empresarial ICADE, tomó la palabra y presentó al invitado ante los asistentes.



Alberto Rodríguez- Toquero, recalcó el proceso de expansión internacional mediante la compra de cerveceras en varios países del mundo y la apuesta de su compañía por la diversificación, mediante la adquisición de marcas de agua embotellada.

También aprovechó para destacar el cuidado de esta compañía hacia el cuidado de las personas y en este sentido, enfatizó que Mahou San Miguel tiene como misión **“crear momentos de conexión que mejoren las relaciones entre las personas”**, con un fuerte compromiso en la sostenibilidad. Además, destacó la labor de su fundación, que tiene como objetivo reducir el nivel de desempleo juvenil, uno de los mayores dentro de la Unión Europea, mejorando las tasas de abandono escolar.

Finalizó su intervención respondiendo a preguntas realizadas por los asistentes y mencionando el uso de la IA que hoy en día están llevando a cabo dentro de la empresa, mencionando varios ejemplos.

Tras la exposición, el rector de la universidad, Antonio Allende, SJ, concluyó agradeciendo la asistencia de los participantes

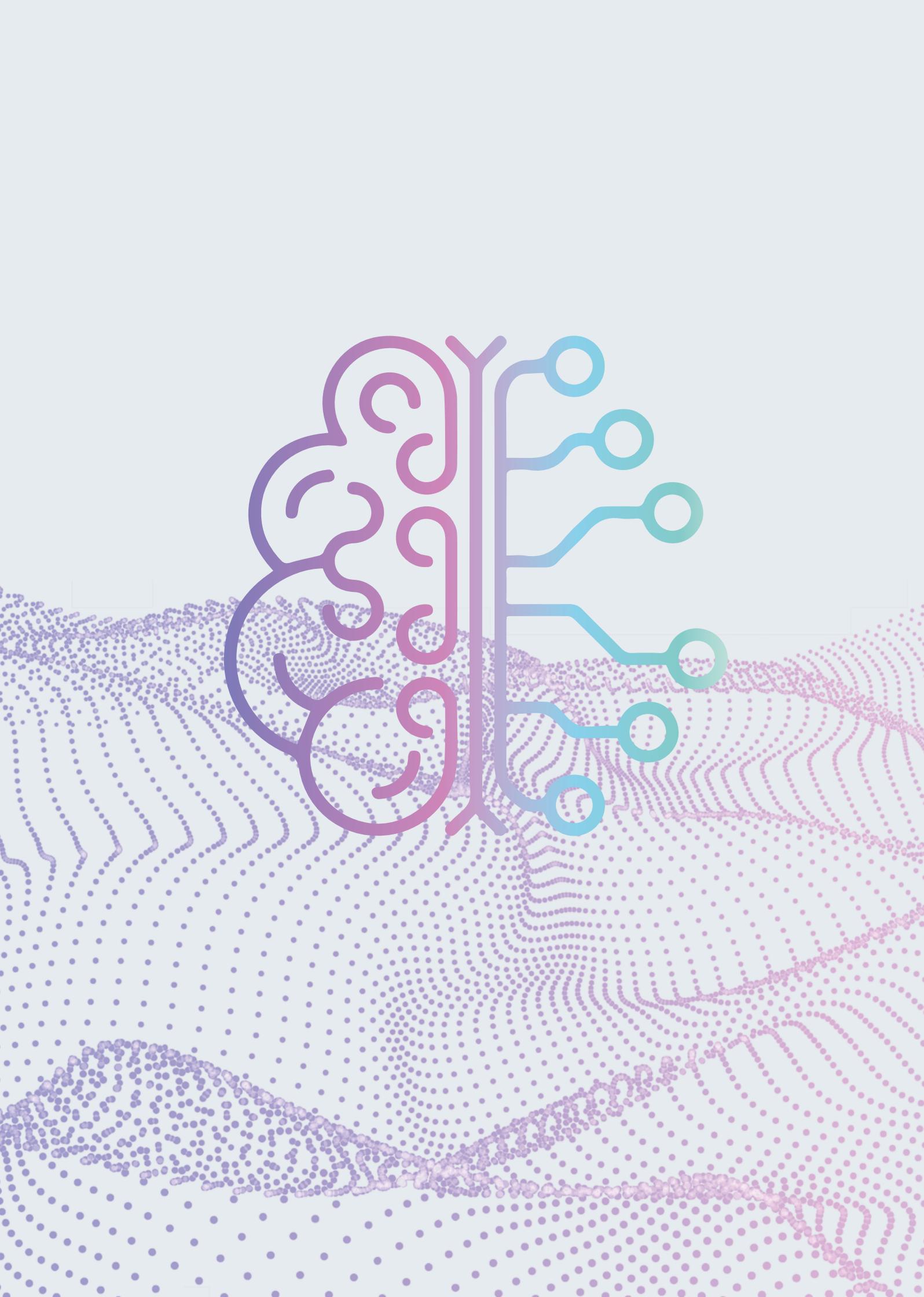


DESAYUNOS CON CEO



Aquí podrás ver **todas las fotos del encuentro:**







IX HACKATHON FOR SMART INDUSTRY

A través de la organización de su tradicional Hackathon, la **Cátedra de Industria Conectada** promueve un **espacio de colaboración entre alumnos y empresa** en la que los estudiantes pueden poner en práctica los conocimientos que están adquiriendo en sus estudios en un problema real y en un marco temporal que los obliga a centrarse en lo esencial, y la empresa obtiene una visión innovadora que resuelve el reto que plantea.

Además de la dimensión formativa, los hackathones también suponen un medio en los que universidad y empresa comparten tiempo y espacios, acercando conocimientos y contexto actual de cuáles están siendo los nuevos paradigmas y retos industriales a los que los profesionales tienen que hacer frente para liderar la digitalización.



Visita el **Canal de TV Comillas**
de la Cátedra de Industria Conectada:





IX HACKATHON FOR SMART INDUSTRY:
RETO ACERINOX *formato presencial*

Hacia el Dispatching Conectado 4.0

En colaboración con **ACERINOX**

25 y 26 de octubre



Esta novena edición del **Hackathon for Smart Industry** se celebró los días 25 y 26 de octubre. La empresa que propuso el reto fue ACERINOX, titulado “Hacia el Dispatching Conectado 4.0”.

Esta iniciativa contó con más de 40 participantes de Grado y Máster, repartidos en 7 equipos, trabajaron para dar una respuesta innovadora al reto real planteado por Enagás. Este desafío, centrado en explotar al máximo el potencial del acero inoxidable, puso a prueba el ingenio de los ocho equipos participantes, quienes respondieron con propuestas disruptivas y transformadoras.



El reto de este año, impulsado por ACERINOX, S.A., fue presentado por **Pedro Irastorza**, adjunto al consejero delegado de la División de Inoxidable en Europa, y **Antonio Gayo**, director de Estrategia.

Durante la celebración del hackathon, un gran número de profesionales de ACERINOX, de distintos departamentos y servicios, les acompañaron para resolver todas sus dudas.

Los criterios de valoración en los que se basó el jurado fueron: precisión al problema planteado, experiencia de usuario, diseño y funcionalidad, creatividad e innovación, factibilidad, escalabilidad y presentación de la solución.

El jurado tuvo una decisión compleja debido a la alta calidad de las soluciones presentadas, lo que culminó en un hecho histórico: en lugar de tres, se premiaron cuatro propuestas, incluyendo un accésit.

Este reconocimiento adicional, el primero en la historia del Hackathon de la CIC Comillas ICAI, destaca la excelencia y viabilidad de las soluciones planteadas, que buscan revolucionar el modo en que ACERINOX, S.A. llega a sus clientes y satisface sus necesidades en el mercado.

- El **primer premio** fue para el equipo formado por Martín Carazo, Galo Iglesias, Miguel Álvarez, Jaime Jarauta, María Cristina de Terry y Pedro Moreno.
- El **segundo puesto** fue para el equipo formado por Javier Bermejo, José Javier Cámara, Ignacio García, Juan Manuel Gómez, Marina Zorrelle y Luis Eduardo Carrillo.
- Hubo **dos terceros premios**. Por un lado, el equipo formado por María Blanco, Jon Toledo, Sofía Amores, Iván Júdez, Javier Asensio y Álvaro Goya. El otro grupo ganador fue el formado por Rodrigo de Lemos, Mauro Liz, Sergio Jiménez, Rafael Martínez, Alberto Velasco, Carlos Martínez y Gonzalo Romero.

Un torneo repleto de ideas, no solo innovadoras, sino también aplicables en un contexto industrial real. Los participantes propusieron formas de acercar el servicio de ACERINOX, S.A., tradicionalmente dirigido a grandes cuentas, hacia un mercado más ágil y personalizado para clientes pequeños, que buscan soluciones hechas a medida, asistencia técnica y especificaciones de calidad únicas. Sin duda, esta iniciativa promovió la creatividad de la comunidad universitaria y abrió las puertas a nuevas estrategias comerciales.

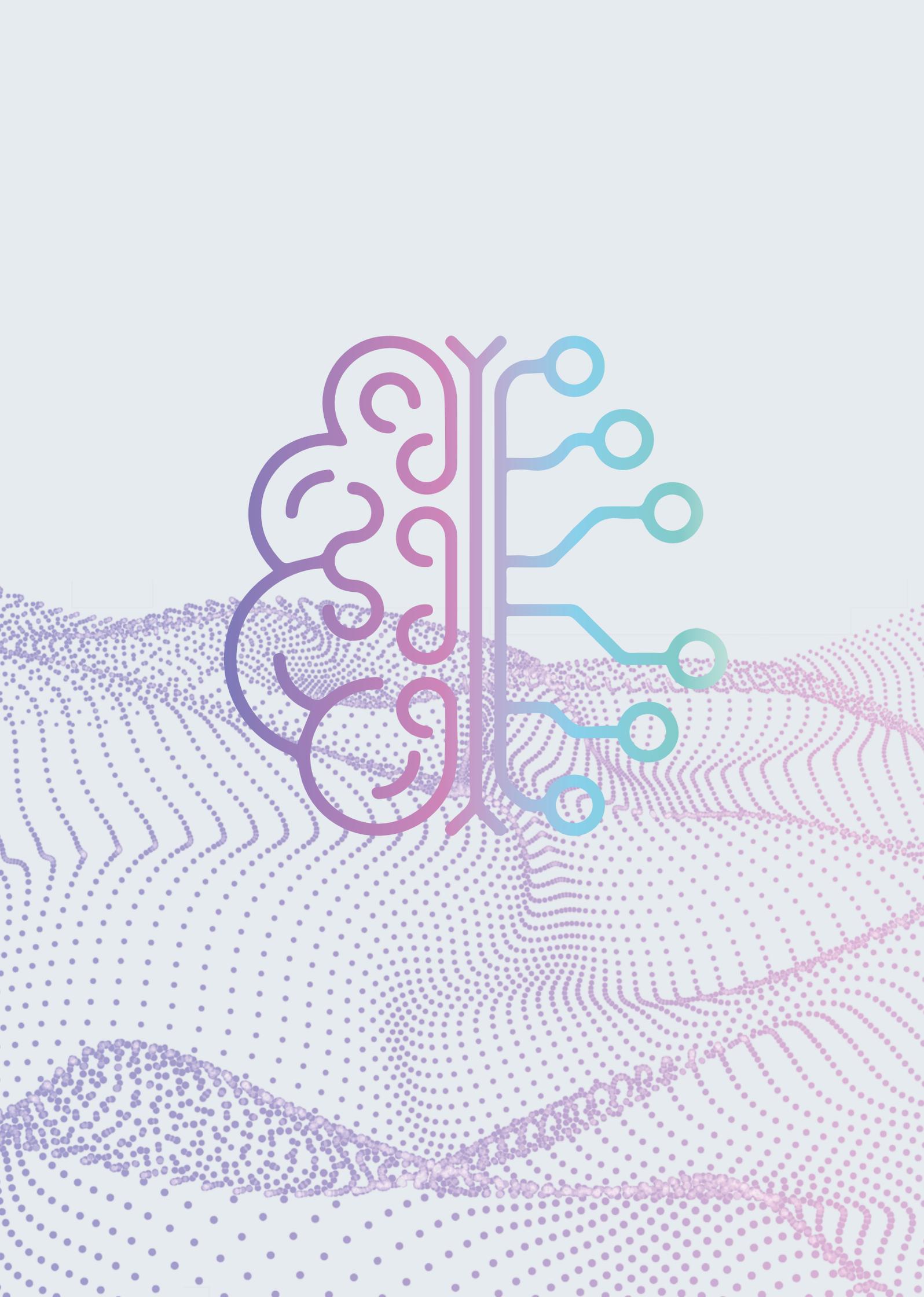


El Hackathon anual de la Cátedra de Industria Conectada se consolida como una herramienta innovadora de formación y de acceso de los empleadores al talento digital.



Aquí podrás ver [todas las fotos del IX Hackathon](#):







INVESTIGACIÓN (CIC-LAB)

El CIC LAB es el laboratorio de investigación de la Cátedra de Industria Conectada, creado en 2019, por lo que ésta ha sido la sexta edición del campus intensivo de verano.

El objetivo del CIC LAB es **canalizar todo el talento que hay en la escuela (ETSI-ICAI) hacia retos reales de la industria**, que nos proponen las empresas patrono de la cátedra. **Este entorno no solo fomenta la innovación, sino que también promueve la colaboración interdisciplinaria, donde ingenieros y profesionales trabajan codo a codo para resolver retos reales.** Además, el CIC LAB se convierte en un semillero de talento, donde los estudiantes aplican sus conocimientos teóricos en proyectos prácticos, adquiriendo una experiencia valiosa, que les prepara para enfrentar los futuros desafíos del ámbito empresarial una vez se incorporen al mercado laboral.

La sinergia entre el ámbito académico y el industrial en el CIC LAB permite la creación de soluciones eficientes y sostenibles, contribuyendo a mejorar la competitividad de las empresas españolas, estableciendo además un valioso mecanismo de acercamiento entre universidad y empresa. Por lo tanto, el CIC LAB se podría definir como un punto de encuentro entre universidad, industria y estudiantes, en el que se consigue:

- Canalizar el talento estudiantil de la universidad hacia la creación de valor para la industria.
- Proveer a los alumnos con formación en la vanguardia de las técnicas y tecnologías que están revolucionando la sociedad.
- Importar/ampliar conocimiento para transferirlo mediante programas de formación o proyectos aplicados.



Visita el **Canal de Youtube**
de la Cátedra de Industria Conectada:





PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIC-LAB: LA EDICIÓN DEL 2024



El CIC LAB es una iniciativa que se desarrolla a lo largo de todo el curso académico, aunque en verano se desarrolla de forma más intensa, ya que los estudiantes becados dedican aproximadamente 25 horas semanales, lo que permite acelerar el ritmo de los proyectos. Este campus de verano representa una parte importante de la actividad de investigación que se ha desarrollado durante 2024. No obstante, hay líneas de trabajo de más recorrido que también empiezan a dar sus frutos, notablemente en forma de publicaciones científicas.

Como en años anteriores, el campus de verano involucró a los estudiantes del Máster en Industria Conectada y otros programas de la ETSI ICAI en la resolución de retos reales planteados por las empresas patrono de la Cátedra de Industria Conectada. Durante ocho semanas intensivas, los participantes tuvieron la oportunidad de trabajar en equipo y aplicar sus conocimientos a problemas reales de la industria. Además, algunos de los equipos pudieron visitar las instalaciones de las empresas que proponían sus retos, con el objetivo de que pudiesen conocer mejor el funcionamiento y organización de los procesos productivos en los que su reto estaba involucrado.

Los alumnos perciben en el CIC LAB una oportunidad única para aplicar sus conocimientos a problemas reales y desarrollar habilidades clave en investigación y pensamiento crítico. Además, por el diseño del campus, tienen la oportunidad de interactuar con expertos en la materia y ampliar (o estrenar) su red de contactos profesionales durante sus estudios. Al final del programa, tanto por el trabajo en su reto como por las dinámicas de colaboración y compartición de desarrollos y resultados entre grupos, los alumnos adquieren una comprensión profunda de la industria conectada y desarrollan habilidades clave en la resolución de problemas y la innovación.

En esta sexta edición de 2024, **hemos contado con el mayor número de estudiantes involucrados, ya que fueron 45 los alumnos que trabajaron en los 8 retos propuestos por las empresas patrono**, junto a otros 5 proyectos promovidos por la Cátedra de Industria Conectada, que vamos a presentar en este capítulo de investigación.

Los alumnos participantes destacan del CIC LAB el trabajo “hand to hand” con empresas; el contacto estrecho con reconocidos profesionales del mundo laboral; el trabajo cooperativo con el resto de los compañeros, procedentes de distintos cursos y titulaciones; la oportunidad de aprender conceptos que luego aplican directamente en sus proyectos; aportar valor en proyectos de actualidad; así como el excelente liderazgo de Álvaro López López, investigador principal de la CIC Comillas ICAI y creador de esta iniciativa.



Los profesionales involucrados en los retos de esta edición de verano por parte de las empresas patrono fueron:

- ACERINOX**
- Álvaro Benítez
 - Hugo Ferreira
 - Antonio Gayo
 - Juan Antonio Meroño
 - Jaime Pardo
 - Fernando del Pino

- ANTOLIN**
- Mario Juez
 - Jorge Poza

- ENAGÁS**
- Rubén Muñoz
 - Clara Sánchez
 - Javier Serra

- ENDESA**
- María Ávery
 - Josep González
 - Carmen Ranea

- GESTAMP**
- Pilar Arias
 - Javier Nieto

- INDRA**
- Sebastián Laiseca

- REPSOL**
- Julia Díaz

Los profesores e investigadores de la ETSI-ICAI:

- Jaime Boal Martín-Larrauri
- Lucía Güitfa López
- Javier Jarauta Sánchez
- Mariano Jiménez Calzado
- Gregorio López López
- Álvaro López López
- Luis Manuel Mochón Castro
- Eva Paz Jiménez
- José Portela González
- Ignacio de Rodrigo Tobías





Defensa de la Tesis Doctoral "Efficiently Transferring Deep Reinforcement Learning Experience to Industrial Assets" de Lucía Güitta López



Nombre: Lucía Güitta López



Linkedin: www.linkedin.com/in/lucía-güitta-lopez-081962122/

Lucía Güitta estudió en la ETSI ICAI - Universidad Pontificia Comillas el Grado en Ingeniería Electromecánica y posteriormente el máster habilitante en Ingeniería Industrial, junto con el Máster en Industria Conectada.

Desde que comenzó sus estudios en la Escuela Técnica, Lucía ha demostrado su aptitud destacada y un claro interés en desarrollar su carrera hacia la investigación aplicada. Junto con Álvaro López López, ha trabajado en varios proyectos de investigación del Instituto Tecnológico de Investigación (IIT).

El desarrollo de su tesis doctoral ha estado supervisada simultáneamente por Álvaro López López, como por Jaime Boal Martín-Larrauri. De Lucía se puede destacar la ambición de su proyecto, su autonomía y determinación, que son algunos de los atributos que la han llevado a una evaluación con sobresaliente Cum Laude por parte del tribunal de doctores en su defensa de tesis. Tras la defensa de su tesis doctoral, Lucía se ha incorporado como profesora e investigadora de la ETSI ICAI.



Puedes **ver aquí** la tesis doctoral completa:



Efficiently Transferring Deep Reinforcement Learning Experience to Industrial Assets

La Cuarta Revolución Industrial enfatiza la integración de la Inteligencia Artificial para mejorar la eficiencia, con el Aprendizaje Profundo por Refuerzo (DRL) ofreciendo soluciones para problemas complejos de toma de decisiones secuenciales. Un desafío en DRL es la eficiencia muestral, que puede mejorarse utilizando entornos virtuales para el entrenamiento de agentes. Sin embargo, transferir el aprendizaje virtual a aplicaciones del mundo real (*sim-to-real*) sigue siendo un obstáculo clave. Esta tesis presenta una metodología para transferir de manera eficiente la experiencia de agentes de DRL desde entornos virtuales a configuraciones reales, validada con dos activos industriales en una tarea de manipulación robótica pick-and-place, enfocándose en el acercamiento a los objetos. Este enfoque evita integraciones complejas al basarse en entradas de cámaras monoculares RGB, equilibrando la adaptabilidad y las demandas computacionales.

La investigación evalúa cuatro técnicas destacadas para la transferencia *sim-to-real*:

1. **Aleatorización del Dominio (DR):** Entrenar agentes en escenarios virtuales altamente variables mejora la generalización. La aleatorización de características del escenario mediante este enfoque de alto nivel mejora el rendimiento, aunque una variabilidad excesiva reduce las tasas de éxito. Por otro lado, una DR de bajo nivel que consiste en añadir ruido Gaussiano a las imágenes cierra parcialmente la brecha entre los entornos virtuales y reales, aumentando las tasas de éxito de transferencia sin ajuste (*zero-shot*) del 15.8% al 34.1%.
2. **Redes Neuronales Progresivas (PNNs):** Utilizar conexiones laterales entre redes "maestras" y "estudiantes" facilita la transferencia de conocimiento. Aunque los experimentos *sim-to-sim* muestran una transferencia efectiva de las representaciones aprendidas, las PNNs presentan un olvido parcial en tareas más simples. Para el problema *sim-to-real*, las PNNs lograron tasas de éxito del 80%-100% en la mayoría de los espacios de trabajo con solo 60,000 muestras, demostrando capacidad de transferencia *few-shot*.
3. **Adaptación del Dominio (DA):** Utilizando un modelo original, StyleID-CycleGAN (SICGAN), las observaciones virtuales se convierten en imágenes realistas, permitiendo que los agentes generalicen mejor. La DA logra una precisión casi perfecta después del entrenamiento en una transferencia *zero-shot* y tasas de éxito en el mundo real superiores al 85% en la mayor parte del espacio de trabajo, superando a las PNNs tanto en eficiencia como en rendimiento sin necesidad de ajuste en el mundo real.
4. **Conocimiento Semántico:** Incorporar información semántica sobre el entorno en el proceso de aprendizaje de un agente reduce el tiempo de entrenamiento hasta en un 60% y mejora el rendimiento en un 15%, ofreciendo una comprensión contextual estructurada.

La metodología propuesta es el resultado de experimentar con estas técnicas para optimizar la transferencia *sim-to-real* en operaciones industriales. Los resultados destacan que usar la SICGAN para traducir imágenes en el entorno virtual a observaciones real-sintéticas y luego realizar una transferencia *zero-shot* con el agente entrenado virtualmente es la solución más eficiente, reduciendo la dependencia de interacciones en el mundo real y manteniendo altas tasas de éxito en el espacio de trabajo.

A continuación, se detallan los proyectos en los que trabajamos en verano de 2024.



Si quieres conocer más detalles no dudes en ponerte en contacto con nosotros.





1

ACERINOX Problema del Viajero

Alumnos: Marta Álvarez Coedo
María Blanco Mourenz
Martín Carazo Gómez
José María de Garriga García
Mauro Liz Soto

1. INTRODUCCIÓN / DESCRIPCIÓN / OBJETIVOS DEL RETO

Acerinox, uno de los principales productores de acero inoxidable a nivel global y miembro del IBEX 35, se enfrenta a un desafío logístico clave: transportar sus productos de manera eficiente desde Algeciras hasta múltiples destinos internacionales. Las rutas logísticas actuales son gestionadas manualmente debido a fallos en el software anterior, lo que genera ineficiencias en costes y plazos de entrega.

El reto consiste en abordar este problema desde una perspectiva integral, creando una solución que permita planificar, asignar y optimizar las rutas y cargas de tres modos principales de transporte: camiones, barcos y contenedores. Esto implica lidiar con múltiples restricciones logísticas, como capacidades de carga, tiempos de tránsito, costes asociados, y cumplir con los compromisos de entrega de los clientes.

El objetivo principal del reto es desarrollar una herramienta que no solo optimice los costes logísticos, sino que también sea escalable, intuitiva y funcional para los usuarios finales. En particular, se busca:

- **Analizar y mejorar la solución existente:** Identificar áreas de mejora en la gestión logística actual para optimizar el proceso.
- **Dividir el problema en módulos manejables:** Implementar soluciones específicas para cada medio de transporte, respetando sus restricciones únicas.
- **Implementar un enfoque innovador:** Utilizar algoritmos avanzados, como la heurística basada en algoritmos genéticos, para abordar la complejidad del problema.
- **Crear una interfaz de usuario sencilla y efectiva:** Proveer herramientas visuales y datos exportables para facilitar el análisis y toma de decisiones.

2. EVOLUCIÓN / DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se estructuró en varias fases clave para garantizar un progreso ordenado y alineado con los objetivos.

Fase 1 - Análisis inicial:

Se realizó un estudio detallado del problema logístico planteado por Acerinox, analizando las limitaciones del sistema existente y evaluando posibles soluciones. Este análisis incluyó:

- La evaluación de datos de entrada proporcionados por la empresa.
- La identificación de patrones en la distribución de pedidos y productos.
- La creación de visualizaciones que reflejaban los modos de transporte más utilizados y sus costes asociados.



Adicionalmente, se evaluó la solución propuesta por una consultora externa. Aunque su enfoque era robusto en algunos aspectos, se identificaron simplificaciones que afectaban la precisión de los resultados, como el uso de costes promedio para calcular el transporte en camión sin considerar escenarios de multiparada.

Fase 2 - Diseño de una nueva solución:

Se planteó una solución denominada "Acerinox PathFinder", basada en dividir el problema en módulos independientes para camiones, barcos y contenedores. Cada módulo incluye:

- **Segmentación inicial:** Uso de algoritmos heurísticos para definir la viabilidad de los modos de transporte por criterios geográficos y tipo de producto.
- **Optimización específica:** Empleo de algoritmos genéticos para encontrar soluciones iniciales y programación lineal para optimizaciones más detalladas.

Fase 3 - Implementación técnica:

Se implementaron algoritmos avanzados utilizando Python y bibliotecas como PuLP para la optimización lineal y Folium para visualización. Este desarrollo incluyó:

- Creación de un sistema de clustering para la segmentación de pedidos.
- Implementación de restricciones para cumplir con capacidades de carga, tiempos de entrega y costes mínimos.
- Desarrollo de un frontend interactivo con Streamlit que permite cargar datos, ajustar parámetros y visualizar resultados.

Fase 4 - Validación y resultados:

Los resultados del sistema se consolidaron en archivos Excel y visualizaciones interactivas. Esto incluyó:

- Mapas que muestran rutas óptimas por modo de transporte.
- Métricas de rendimiento logístico, como costes por tonelada y porcentajes de ocupación.

Retos y problemas encontrados

A lo largo del desarrollo del proyecto se identificaron varios retos y problemas significativos. Entre ellos, las inconsistencias en los datos iniciales representaron un desafío importante, ya que los formatos no estaban unificados y en ocasiones faltaban datos clave, dificultando el análisis y procesamiento adecuado. Además, abordar el problema como una única optimización resultó inviable debido a la diversidad y complejidad de las restricciones involucradas, lo que obligó a segmentar el problema en módulos más manejables. Por último, la falta de tiempo y recursos limitó la implementación de algunas funcionalidades avanzadas, como la optimización de multiparada en camiones, que sigue siendo un área pendiente de desarrollo.

Lecciones aprendidas

Por otro lado, el proyecto dejó valiosas lecciones aprendidas. Se adquirió una amplia experiencia en el uso de Python para resolver problemas complejos de optimización, destacando el manejo de bibliotecas especializadas como PuLP y herramientas de visualización. Asimismo, se mejoraron significativamente las habilidades en el desarrollo de interfaces usuario-amigables, facilitando el análisis logístico y la interacción con los resultados. Finalmente, el equipo profundizó en la comprensión de los desafíos logísticos a nivel global, logrando integrar de manera efectiva múltiples fuentes de datos en un sistema multifuncional, lo que contribuyó al éxito del proyecto y al aprendizaje colectivo.



3. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

El proyecto "Acerinox PathFinder" ha logrado abordar de manera integral los desafíos logísticos planteados, ofreciendo una herramienta que mejora significativamente la eficiencia en la planificación y transporte de cargas. El enfoque modular permitió dividir el problema en partes manejables, garantizando resultados óptimos para cada medio de transporte. Además, la integración de algoritmos genéticos y programación lineal demostró ser efectiva para manejar las complejidades inherentes al problema.

Conclusiones clave:

- La segmentación inicial de pedidos mediante heurísticas y algoritmos genéticos simplifica el proceso logístico y reduce costes.
- La optimización específica para cada medio de transporte mejora la asignación de recursos y minimiza retrasos.
- La interfaz desarrollada facilita el uso de la herramienta por parte del equipo logístico de Acerinox, permitiendo personalización y análisis en tiempo real.

Futuros pasos:

- 1. Finalizar funcionalidades pendientes:** Implementar fases adicionales para optimizar rutas de multiparada en camiones y contenedores.
- 2. Ajustar parámetros de los algoritmos:** Refinar variables como tasas de mutación y número de generaciones en el algoritmo genético para mejorar la precisión.
- 3. Mejorar la interfaz:** Añadir gráficos interactivos y funcionalidades avanzadas de visualización para proporcionar una experiencia de usuario más completa.
- 4. Migrar la solución a la nube:** Desplegar la herramienta en un entorno cloud para garantizar accesibilidad global, escalabilidad y seguridad.
- 5. Estructurar bases de datos:** Sustituir los archivos Excel por bases de datos relacionales para un manejo más eficiente y dinámico de los datos.

Con estos pasos, el proyecto buscará consolidarse como una herramienta clave en la logística global de Acerinox, aportando valor significativo a la operación y sostenibilidad de la empresa.

2

ANTOLIN
IA integrada en Teams

Alumnos: Jaime Jarauta Gastelu
Rodrigo Ignacio de Lemos Burgaña
Biel Scammell Sánchez-Blanco

Supervisión: Álvaro Jesús López López

Con la ayuda: Lucía Güita López
Ignacio de Rodrigo Tobías



1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Antolin es una empresa multinacional española que se especializa en el diseño y fabricación de componentes y módulos para el interior de vehículos, incluyendo techos, puertas, sistemas electrónicos, entre otros. Como uno de los principales proveedores de soluciones tecnológicas para interiores de automóviles a nivel mundial poseen una base de datos muy extensa que, a medida que sigue creciendo, se ha vuelto difícil de navegar para sus trabajadores y están buscando desarrollar una herramienta que solucione ese problema.

El proyecto consiste en crear un modelo de lenguaje basado en Inteligencia Artificial que funcione como un asistente virtual, capaz de responder preguntas relevantes al trabajo, analizar documentos laborales e incluso buscar la ubicación de cualquier archivo solicitado. Aunque modelos similares ya existen a nivel individual, el desafío es lograr que opere con una base de datos grande (mayor de 1000 documentos como mínimo) y que sea accesible a cualquier trabajador de la organización sin requerir mucho conocimiento técnico, idealmente mediante un chat integrado en Microsoft Teams, plataforma usual de la compañía.

Para ello, el proceso se ha centrado en la elaboración de un *back-end* preparado para maniobrar con la información que suministre la compañía en su uso, y la conexión de esta con un *front-end* muy rígido, que en este caso se trata de Teams.

2. DESARROLLO DE PROYECTO

Las opciones consideradas han sido las siguientes:

- La personalización y entrenamiento de una IA en local a partir de una solución *open-source* de Llama 3 (ChatGPT4All y Ollama) que garantice la privacidad de los documentos suministrados
- La implementación directa de Copilot en Teams mediante Copilot Studio, herramienta a priori mucho más sencilla
- La automatización de un programa *front-end* que llame a ChatGPT mediante una *API Key*.

2.1. Servidor local

En el ámbito de la Inteligencia Artificial y el procesamiento del lenguaje natural, la capacidad de ejecutar modelos de lenguaje grandes (*LLMs*) de manera local es cada vez más importante. Para ello, se han estudiado distintas opciones que permiten esta ejecución.



2.1.1. Ollama

Ollama es una herramienta de software de código abierto diseñada para permitir a los usuarios instalar y ejecutar modelos de lenguaje grandes (*LLMs*) en sus propios ordenadores. A diferencia de otras soluciones que pueden requerir infraestructuras en la nube o servidores dedicados, Ollama se enfoca en la ejecución local, proporcionando mayor control sobre los datos y la capacidad de personalizar el entorno de ejecución.

Esta herramienta permite la instalación de modelos de lenguaje abiertos, como Llama3 de Meta y Mistral. Estos modelos son conocidos por su capacidad de generar texto coherente y relevante en una variedad de contextos, desde la generación de contenido hasta la asistencia en tareas complejas de procesamiento del lenguaje natural.

Ventajas

- **Privacidad y Seguridad:** Al no depender de servidores externos, los datos procesados permanecen en el dispositivo local, reduciendo riesgos de seguridad y privacidad.
- **Control Total:** Los usuarios tienen control total sobre la configuración y personalización del entorno de ejecución, lo que permite ajustes específicos para diversas aplicaciones.
- **Reducción de Coste:** Evita costos asociados a servicios en la nube, haciendo que la ejecución de *LLMs* sea más accesible para individuos y pequeñas organizaciones.
- **Múltiples modelos disponibles:** Ollama permite instalar modelos como Llama3 de Meta o Mistral, entre muchos otros. Esto es beneficioso ya que se pueden instalar modelos específicos para cada caso de uso.

Inconvenientes

- **Requisitos de Hardware:** Los *LLMs* suelen requerir una gran cantidad de recursos computacionales, lo que puede superar las capacidades de un ordenador personal promedio.
- **Consumo de Energía:** Ejecutar modelos de lenguaje grandes localmente puede resultar en un alto consumo de energía, aumentando los costos operativos.
- **Escalabilidad Limitada:** La capacidad de escalar para manejar grandes volúmenes de datos o tareas concurrentes es limitada en una configuración local.
- **Tiempo de Configuración y Despliegue:** Configurar y desplegar *LLMs* localmente puede ser complejo y requerir mucho tiempo, especialmente para usuarios sin experiencia técnica.

Se logró crear una especie de prototipo en Python usando estas herramientas. Este prototipo puede consultar una base de datos local y responder preguntas con información relevante. Actualmente depende de tecnología *open-source*, pero con mejoras bastante simples como usar un ordenador con una mayor cantidad de memoria o cambiar el método de *embedding* usado, pasando del público de Ollama a uno privado como Bedrock se puede elevar a un nivel que le permita cumplir las necesidades de Antolin.



```

PS C:\Users\rdele\Desktop\Code\PyCharmProjects\Local-AI> py query.py "how much money
does each player start with in Monopoly?"

Response: According to the text, each player is given $1,500 divided as follows:

* 2 $500s
* 1 $100
* 1 $50
* 6 $40s
* 5 each of $10, $5, and $1

All remaining money and other equipment go to the Bank.

Sources: ['data\\Monopoly_Rules.pdf-0:0', 'data\\Monopoly_Rules.pdf:0:0', 'data\\Monopoly_Rules.pdf-2:0', 'data\\Monopoly_Rules.pdf:2:0', 'data\\Monopoly_Rules.pdf-0:1', 'data\\Monopoly_Rules.pdf:0:1', 'data\\Monopoly_Rules.pdf-1:2', 'data\\Monopoly_Rules.pdf:1:2', 'data\\Monopoly_Rules.pdf-2:1', 'data\\Monopoly_Rules.pdf:2:1']

```

Figura 2:1 Ejemplo de funcionamiento del programa

El programa es relativamente simple pues hace poco más que separar todos los documentos en secciones, convertir estas secciones a vectores que la IA puede leer y luego (usando un prompt el cual no se muestra al usuario) ordenar a la Inteligencia a buscar entre el texto disponible por respuestas e indicar cuales le han parecido más relevantes. Alterar el comportamiento para fines distintos también es fácil ya que con reescribir el prompt basta; actualmente las ordenes son que obligatoriamente responda con la información de los documentos, pero si se busca que también sea de ayuda general se aligera esta restricción.

```

PROMPT_TEMPLATE = """
Answer the question based only on the following context:

{context}

---

Answer the question based on the above context: {question}
"""

```

Figura 2:2 Prompt actual



```
PROMPT_TEMPLATE = """
Answer the question with help from the following context if necessary:

{context}

---

Answer the question with help from the context above if necessary: {question}
"""
```

Figura 2:3 Posible cambio de prompt

2.1.2. GPT4All

GPT4All es una herramienta de código abierto diseñada para ser ejecutada localmente. Permite instalar numerosos LLMs como los presentados previamente en la sección de Ollama. Al contrario que la anterior herramienta, GPT4All permite incluir un directorio que funciona como base de datos para la ejecución de un RAG junto con el LLM seleccionado. Esto es el objetivo de este proyecto y funciona de manera correcta y coherente, pero tiene el principal inconveniente de que es lento y necesita mucha capacidad computacional, por lo que escalarlo a tener que leer más de 1000 documentos presenta una gran limitación.

P what are the most common hydrocarbons used in rocket propulsion

R In rocket propulsion, several types of hydrocarbons have been used as fuels over the years. Here are some of the most common ones:

1. **Kerosene (RP-1)**: A refined petroleum product, kerosene is a popular choice for liquid-fueled rockets due to its high energy density and relatively low cost.
* Used in: Saturn V F-1 engine, Atlas rocket, Titan II missile
2. **Gasoline**: Similar to kerosene, gasoline has been used as a fuel in some rockets, particularly those designed for smaller payloads or shorter missions.
* Used in: Redstone rocket (V2), Jupiter-C rocket (Explorer 1)
3. **Jet-A** (a type of jet fuel): Jet-A is a refined petroleum product similar to kerosene but with a slightly different composition and properties.
* Used in: Titan III, Atlas V, Delta IV
4. **RP-2**: A variant of RP-1, RP-2 has a higher energy density than kerosene and was used in some Soviet rockets.
* Used in: R-7 rocket (Sputnik), N1 moon rocket
5. **Gasoline-alcohol blends**: Some rockets have used blends of gasoline with alcohols like methanol or ethanol to improve performance and reduce costs.
* Used in: Scout rocket, Vanguard rocket

These hydrocarbons are often paired with liquid oxygen (LOX) as the oxidizer, which provides a high-energy reaction when combined with the fuel. The specific combination of fuel and oxidizer can affect the overall performance characteristics of the rocket engine.

Keep in mind that this is not an exhaustive list, and other types of fuels have been used or proposed for use in various rockets over the years.

1. By Rovey, Joshua Lucas. Date: 2024, April 01. In NotesCh9.pdf. Page 2. [Context](#)
2. By Rovey, Joshua Lucas. Date: 2024, April 01. In NotesCh9.pdf. Page 2. [Context](#)
3. By Rovey, Joshua Lucas. Date: 2024, April 01. In NotesCh9.pdf. Page 2. [Context](#)

Figura 2:4 Ejemplo de conversación en GPT4All

2.2. Copilot Studio

Sin necesidad de hacer nada de código, Microsoft ya contiene en su herramienta de IA online la opción de personalizar una IA generativa con material propio que además tiene la funcionalidad de opción de integrarse en Teams. Además, Microsoft mediante su *Data Protection Addendum (DPA)*¹ para Azure ofrece muchas garantías de privacidad a la hora de trabajar con material propio.

1 [Licensing Documents \(microsoft.com\)](https://www.microsoft.com/licensing/documents)



Véase en la [Figura 2:5] y [Figura 2:6] ejemplo de cómo funciona.

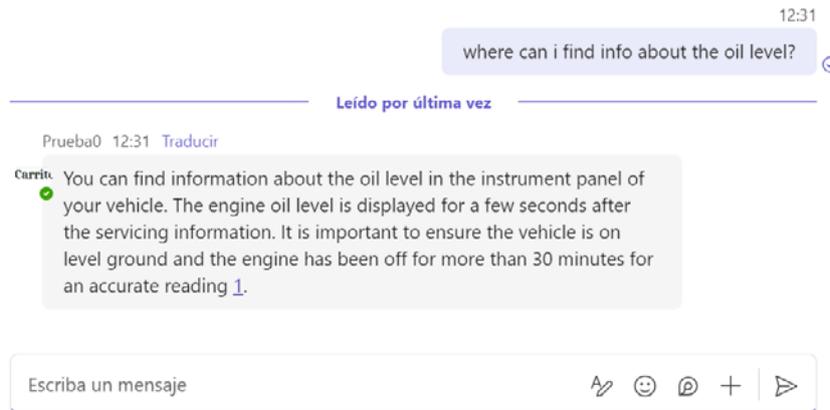


Figura 2:5 Ejemplo de prompt

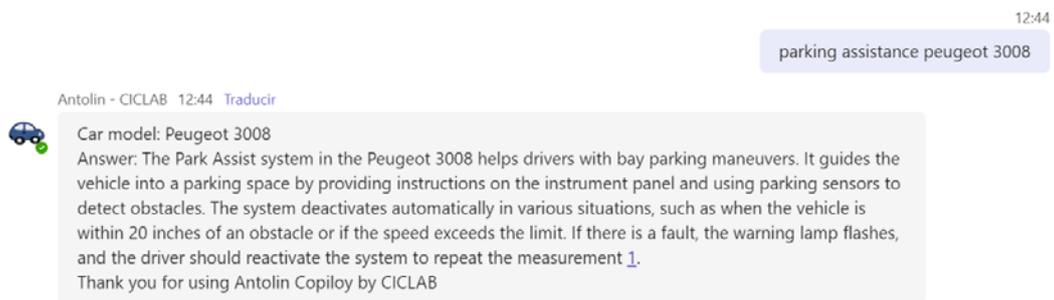


Figura 2:6 Ejemplo de prompt con versión más avanzada del bot

A primera vista, esta herramienta es ideal para el proyecto, sin embargo, dependiendo del método que se escoja para integrar los conocimientos (el conjunto de datos que queremos compartirle) [Figura 2:8] nos encontramos con los siguientes inconvenientes:



Figura 2:7 Orígenes de conocimientos



Origen de Conocimientos	Ventajas	Desventajas
Archivos Locales	Integración fácil en Teams.	Límite de 16 MB
	Más preciso que las otras opciones.	Requiere que la base de datos sea local y accesible a los trabajadores desde cada uno de sus ordenadores.
URL	Permitiría obtener información de cualquier página web sin mucha dificultad.	Actualmente Copilot no parece ser capaz de extraer información de URLs correctamente.
OneDrive y SharePoint	Fácil de usar para todos los trabajadores.	Único método pago, pues requiere suscripción a Azure
	Nos mantiene dentro del ecosistema de Microsoft.	

Inicialmente la opción más prometedora parecía ser la de usar como origen de datos una página de SharePoint o OneDrive ya que al ser herramientas de Microsoft existe ya la posibilidad de integrarlo a Teams sin mucho trabajo. Sin embargo, el Copilot tardaba un tiempo considerable en leer los cambios hechos a la base de datos (más aún si se trata de un documento extenso), y también requiere una suscripción a Azure la cual considerando que es un servicio el cual calcula precios acordes al uso que reciben sus herramientas, puede que el coste total al distribuir a una empresa completa aumente más de lo deseado.

Usar Azure SQL para respaldar la información en teoría soluciona el problema de velocidad al convertir la información a un formato más fácil de leer para la IA, pero se necesitaría una herramienta que convierta los distintos tipos de archivos a formato binario y sigue necesitando la suscripción a Azure.

Teniendo todo esto en cuenta (y que los URLs no funcionan como fuente de información para el Copilot) se continuó investigando la opción de usar documentos almacenados localmente. Copilot permite introducir archivos de hasta 16 MB de peso que debería ser suficiente para cualquier tipo de PDF, DOCX o incluso PPTX, pero en caso de ser necesario más espacio hay herramientas que convierten todos los distintos tipos de archivos en .txt mucho más livianos que el Bot lee sin problema. La única desventaja que presenta esta opción es que ya no se está trabajando con una página como SharePoint donde todos los trabajadores con acceso pueden subir y descargar documentos sin problema, sino que se necesita proveer toda la información directamente a la IA. A pesar de esto se considera que es la mejor opción pues no implica ningún gasto monetario y conserva tanto la facilidad de uso para cualquier persona y la integración a Teams.

2.3. Pruebas con ChatGPT y PowerAutomate

OpenAI no nos ofrece las mismas garantías de privacidad que Microsoft². No obstante, se ha considerado interesante la implementación en Teams de una herramienta similar a la deseada mediante la un Flow de PowerAutomate con un *myChatGPT* de ChatGPT.

2 <https://learn.microsoft.com/en-us/legal/cognitive-services/openai/data-privacy>

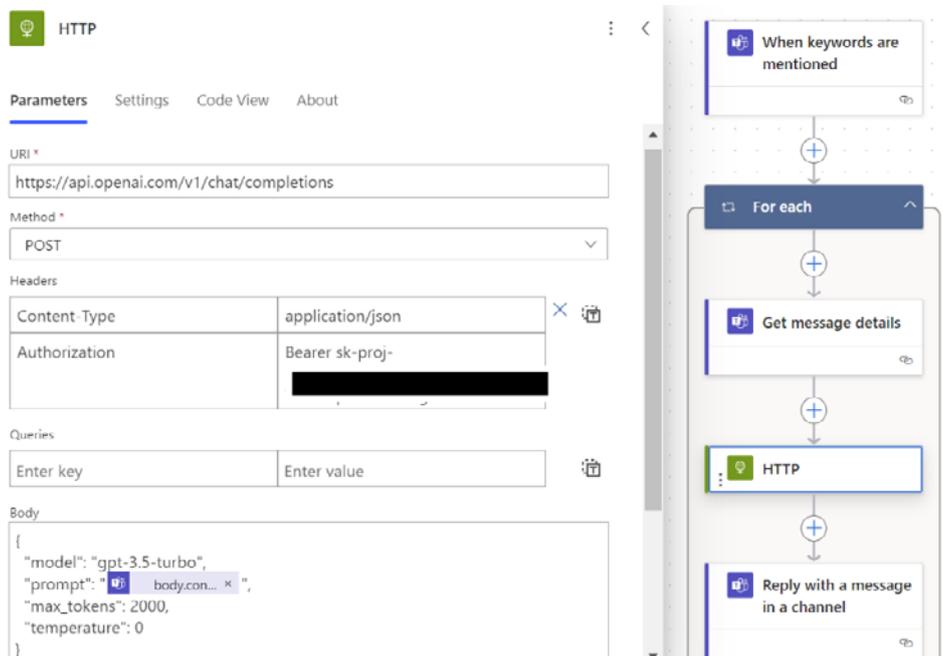


Figura 2:8 Flow de PowerAutomate

En funcionamiento de este *Flow* es bastante sencillo: el desencadenante del programa es el usuario mencionando las palabras clave, que en este caso son «ChatGPT» o «chatgpt», en el canal de Teams seleccionado. Mediante una API-Key de OpenAI [Figura 2:9] permitimos al servicio de PowerAutomate acceder directamente a nuestro *myGPT* personalizado [Figura 2:10]

As an owner of this project, you can view and manage all API keys in this project.
Do not share your API key with others, or expose it in the browser or other client-side code. In order to protect the security of your account, OpenAI may also automatically disable any API key that has leaked publicly.

View usage per API key on the [Usage page](#).

NAME	SECRET KEY	LAST USED	CREATED BY	PERMISSIONS
My Test Key	sk-...GT71	Never	Biel Scammell	All
My Test Key 2 - Rodrigo	sk-...Jvzu	Never	Biel Scammell	All
My Test Key 3	sk-...g8oJ	1jul 2024	Biel Scammell	All

Figura 2:9 API Keys



Car Manuals ▾

Where can I find info about the ignition process?



The ignition process is detailed in the document in the section related to starting the engine. Here are the steps for both petrol and diesel engines:

1. Starting with the Key:

- **Manual Gearbox:**
 - Ensure the gear lever is in neutral and the clutch pedal is fully depressed.
 - Insert the key and turn it to the ignition position to unlock the steering column.
 - For petrol engines, turn the key to the starting position without pressing the accelerator pedal until the engine starts. Once running, release the key.
 - For diesel engines, turn the key to the ignition position to preheat the engine, indicated by a warning lamp. On ↓.he lamp goes off, turn the key to start the engine.

Message Car Manuals

Figura 2:10 MyChatGPT "Car Manuals"

Otra opción dentro de esta rama de estudio es la utilización de una App, diferente a Teams, que presente una interfaz más moldeable. En la [Figura 2:11] véase ejemplo de ejecución de un programa sencillo que hace los siguientes pasos:

- Convierte los PDF suministrados a archivos ".txt".
- Genera una interfaz navegable donde al usuario se le presenta una cajita de texto.
- Cada vez que el usuario interactúa, llama a ChatGPT 3.5 mediante una API Key.
- En el mismo mensaje, añade al prompt los ficheros .txt y restringe su conocimiento.

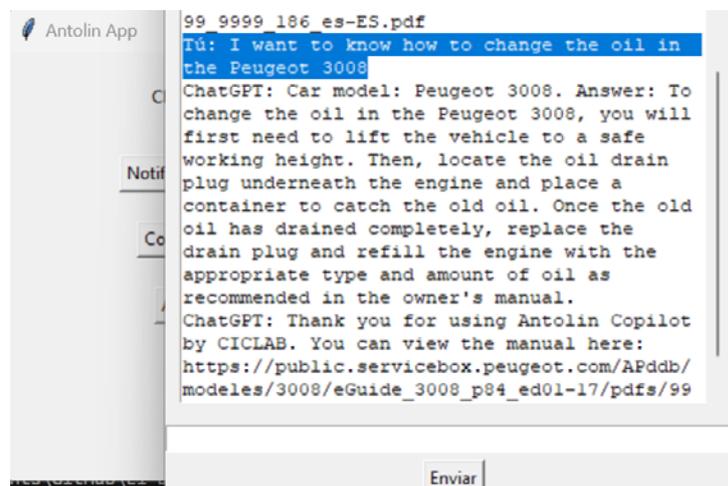


Figura 2:11 Ejemplo de Funcionamiento



3. ALTERNATIVAS PARA FUTURA IMPLEMENTACIÓN

3.1. Azure Bot Services

Azure Bot Services es una plataforma en la nube de Microsoft diseñada para crear, implementar y gestionar bots inteligentes. Estos bots pueden interactuar con usuarios en diversos canales como Microsoft Teams, Facebook y Slack, proporcionando una amplia accesibilidad. Como punto positivo principal, esta que garantiza la protección de datos para la empresa.

En su fuerte esta que utiliza bots invisibles para el usuario para automatizar procesos como la gestión de recursos humanos y soporte IT. No obstante, dentro de los inconvenientes tenemos:

- La mayoría de bots no están disponibles en la región y es necesario en uso de un VPN.
- La mayoría de bots tienen un coste muy elevado.

3.2. Azure AI Studio

Azure AI Studio es una plataforma integral de Microsoft diseñada para simplificar la creación, implementación y gestión de modelos de inteligencia artificial. Se propone esta solución en paralelo con el resto de las herramientas de Azure. Al igual que Azure Bot Services, se puede integrar fácilmente al resto de los servicios de Microsoft y sus herramientas para el desarrollo de Inteligencias Artificiales son avanzadas, pero también intuitivas, el problema sigue siendo que igual que todos los servicios que aporta Azure, tiene un costo de uso muy alto y a la escala que se nos pide es probable que no valga la pena.

3.3. Teams Toolkit (Herramienta para desarrolladores de Microsoft)

Teams Toolkit en Visual Studio es una extensión diseñada para simplificar el desarrollo de bots para Microsoft Teams. Incluye en su configuración varias plantillas para simplificar el proceso de creación dependiendo de lo que se busque que haga el bot y, ya que se usa a través de Visual Studio, se tiene total libertad para editar el código si se desea.

A pesar de todo esto no se observó en las herramientas la capacidad de modificar la IA presente en estos programas y es posible que sea necesario una suscripción a Azure para trabajar a profundidad con la misma.

Teams Toolkit en Visual Studio es una extensión diseñada para simplificar el desarrollo de aplicaciones y bots para Microsoft Teams.

4. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

El proyecto de integración de IA en Microsoft Teams, ha demostrado ser un problema ambicioso y con mucho potencial. A través de la exploración de diversas herramientas como Ollama, GPT4All, Copilot Studio, y Azure Bot Services, se ha buscado desarrollar un asistente virtual que facilite la navegación y utilización de una amplia base de datos, mejorando la eficiencia y productividad de los empleados de Antolin. Cada opción considerada presentó ventajas e inconvenientes, especialmente en términos de privacidad, escalabilidad y costos operativos.

A pesar de los avances significativos, el proyecto también ha enfrentado limitaciones, principalmente relacionadas con la capacidad computacional necesaria para ejecutar los modelos localmente y la complejidad de integrar soluciones de IA en un entorno como Teams. Sin embargo, las pruebas y desarrollos



realizados han sentado una base sólida para futuros progresos. Los próximos pasos incluirán optimizar el rendimiento de los modelos y continuar evaluando opciones que ofrezcan un equilibrio entre funcionalidad y costos. Con un enfoque continuo en la innovación y la adaptación tecnológica, este proyecto tiene el potencial de transformar significativamente los flujos de trabajo dentro de Antolin.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ollama Team. (2024). Ollama [Software de código abierto]. <https://ollama.com>
- [2] Nomic AI. (2024). GPT4All. <https://www.nomic.ai/gpt4all>

3

ENAGÁS

Twin Transition en el sector Transporte en Europa

Alumnos: María del Mar Santos Calvo
Cristina Velasco Ruiz
Teresa Pita González-Campos
Andrea García Fernández



1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El sector del transporte, pilar de la economía y de la vida cotidiana, se encuentra en un punto de inflexión. La imperiosa necesidad de avanzar hacia una sociedad sostenible, libre de emisiones contaminantes, unida a los cambios digitales que están revolucionando el mundo tal y como lo conocemos, han supuesto que este sector se encuentre en un momento de pleno desarrollo e innovación.

Así pues, la transformación del transporte emerge como una pieza clave en la lucha por un futuro más sostenible y eficiente, pues este sector representa alrededor del 26% del consumo final total de energía en la Unión Europea. Además, es el responsable de casi 8 gigatoneladas de emisiones globales de CO₂ en 2022, representando un cuarto del total de emisiones de la UE.

Frente al continuo desarrollo de innovaciones técnicas y tecnológicas en el sector energético, las alteraciones en la normativa europea, el flujo de información, la aparición de nuevos proyectos, etc, este informe aspira a aportar una perspectiva integral de algunos aspectos clave para el éxito de la transición tanto sostenible como digital (*Twin Transition*) en el sector del transporte. Para poder ver las tendencias hacia las cuales va a avanzar este sector, en primer lugar, es pertinente hacer un estudio contextual de la situación actual. Así como evaluar las iniciativas que se están llevando a cabo en otras ciudades, para poder finalmente derivar en nuevas propuestas y tendencias del sector del transporte junto con los retos que plantean y los impactos que generan.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Metodología

A lo largo de este proyecto se ha realizado un exhaustivo análisis de la doble transición ecológica y digital (*Twin Transition*) en el sector del transporte. Para ello se ha contactado con varios expertos en la materia, además de haber leído de manera analítica numerosos estudios y artículos. Además, se han empleado herramientas de inteligencia artificial para la síntesis de la información. Una vez recabada toda la información, se ha concluido que ambas transiciones están intrínsecamente interrelacionadas. La digitalización y la automatización no solo son elementos imprescindibles para alcanzar los objetivos de sostenibilidad, sino que también son fundamentales para mejorar el acceso y la conectividad, aumentando los niveles de seguridad, fiabilidad y confort en el transporte. Esta sinergia, tal como se menciona en el plan estratégico de la Comisión Europea (CE, 2021), es esencial para la competitividad industrial.

En este contexto, este informe abordará de manera integrada ambos aspectos de la transición, analizando cómo la digitalización puede impulsar los objetivos ecológicos y viceversa. Nos centraremos específicamente en el transporte por carretera, dado que es el segmento que consume más energía y



genera mayores emisiones contaminantes (GEI, NOx, PM, COVs...). Este enfoque nos permitirá identificar soluciones innovadoras que promuevan una movilidad más sostenible y eficiente, apoyadas por tecnologías digitales avanzadas.

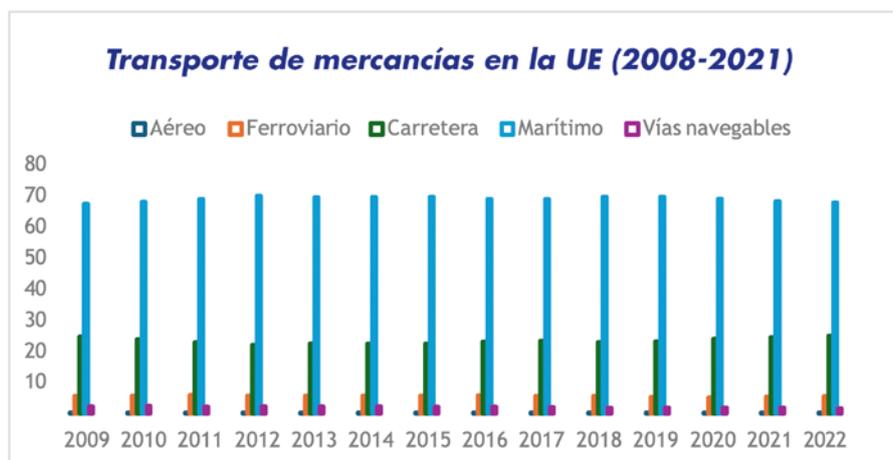
2.2. Situación actual

2.2.1. Medios de transporte

El sector del transporte en Europa ha experimentado cambios significativos en su estructura en los últimos años como consecuencia de una serie de factores, entre los que se incluye la evolución tecnológica, las políticas ambientales o las restricciones impuestas debido a la pandemia que produjeron una reducción de la movilidad y de la actividad económica. A continuación, se muestra un análisis de la evolución de las cuotas de mercado de los distintos medios de transporte, incluyendo marítimo, aéreo, por carretera, ferroviario y por vías navegables interiores tanto del transporte de pasajeros como del de mercancías. En la Gráfica 1 se muestra la evolución del uso de los distintos medios de transporte asociados al transporte de mercancías en la UE entre 2009 y 2022.

En 2022, el transporte por vía marítima representó algo más de 2/3 del total de transporte de mercancías, con una representación del 67,8%, basado en toneladas-kilómetro. Del resto, un 24,9% quedó representado por el transporte por carretera, un 5,5% por transporte ferroviario, un 1,8% por vías navegables interiores, y simplemente un 0,2% de transporte aéreo.

La representación del transporte de mercancías en la última década ha sido liderada por la vía marítima, oscilando su participación entre un 67% y un 70%, alcanzando su pico en 2018 y sufriendo una posterior caída en consecuencia de las restricciones impuestas por la pandemia. Por otro lado, la participación del transporte por carretera ha oscilado entre un 22% y un 25% aumentando considerablemente a partir de 2019. En cuanto al transporte ferroviario, su participación se mantuvo relativamente constante hasta 2018 con una cuota entorno al 5,7%, sufriendo una pequeña caída a partir de entonces y una posterior recuperación. Finalmente, la participación del transporte aéreo en el transporte de mercancías se ha mantenido constante en un 0,2% en la última década, y la de las vías navegables interiores representó en 2010 un 2,4% y desde entonces su representación cayó hasta un 1,6% en 2022.



Gráfica 1: Evolución de la representación de los distintos medios de transporte en el transporte de mercancías en la Unión Europea, de 2008 a 2022. [1]

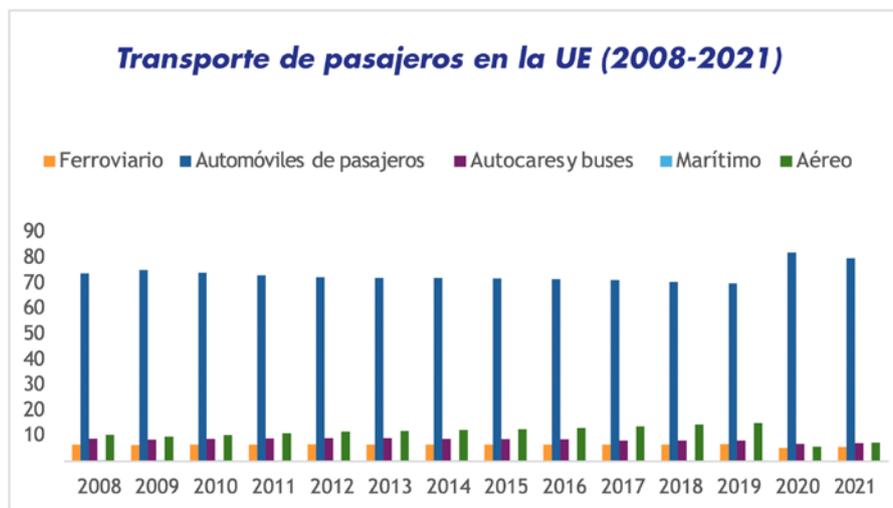


Por otra parte, en la Gráfica 2 se observa la evolución de los distintos tipos de medios de transporte asociados al transporte de pasajeros entre 2008 y 2021.

En 2021, el transporte de pasajeros por carreteras representó un 86,8%, contabilizando una participación de un 79,7% de automóviles de pasajeros, y un 7,1% de autocares y buses. El transporte por vía aérea tuvo una representación del 7,3%, el ferroviario de un 5,6% y finalmente el marítimo de solamente un 0,3%.

La representación de los automóviles de pasajeros en el transporte de pasajeros en la UE ha sufrido ciertas variaciones, oscilando entre un 70% y un 80%, descendiendo desde 2009 hasta 2019, y aumentando considerablemente en 2020 como consecuencia de la pandemia.

Por otra parte, la participación del transporte ferroviario en el transporte de pasajeros se mantuvo razonablemente constante, al igual que el transporte por vía marítima. Mientras que el aéreo fue aumentando desde un 9,6% en 2009 hasta un 15% en 2019, donde como consecuencia de la pandemia sufrió una caída considerable hasta representar en 2020 un 5,7%.



Gráfica 2: Evolución de la representación de los distintos medios de transporte en el transporte de pasajeros en la Unión Europea, de 2008 a 2021

2.2.2. Consumo energético y contaminación

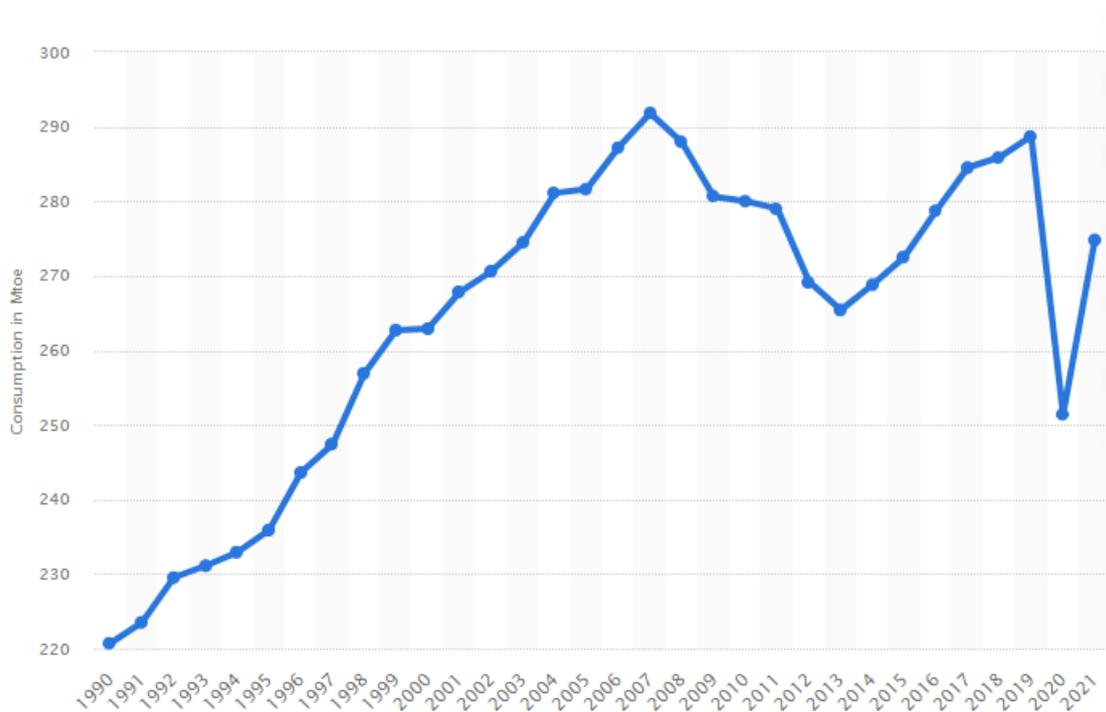
A lo largo de los años, el consumo energético ha ido variando debido a factores como políticas energéticas, fluctuaciones económicas o avances tecnológicos, siendo actualmente el sector del transporte el responsable del mayor consumo energético en la UE, representando el 26% del consumo final de energía.

En la Gráfica 3 se muestra la evolución de dicho consumo energético en la UE desde 1990 hasta 2021, donde se aprecia un crecimiento inicial como consecuencia de la expansión industrial, seguida de un periodo de declive de 2008 a 2014 debido en gran parte a la crisis económica.

A partir de entonces se observa cierta estabilización como recuperación de la crisis hasta 2019, donde las restricciones impuestas en la pandemia del COVID-19 produjeron una caída pronunciada hasta mediados de 2020, seguido de una posterior recuperación.



Evolución del consumo energético en el transporte en la UE (1990-2021)



Gráfica 3: Evolución del consumo energético (Mtoe) en el transporte en la UE, de 1990 a 2021 [2]

A continuación, en la Gráfica 4, se muestra la evolución del consumo energético por tipo de transporte, permitiendo identificar aquellos con mayor consumo.

El transporte por carretera es el vector más contaminante ya que engloba el transporte de vehículos ligeros y pesados.

Asimismo, el uso de vehículo privado está cada vez más extendido, lo cual provoca que siga aumentando el consumo energético del transporte por carretera a pesar de los incentivos y las políticas vigentes para reducción de emisiones.

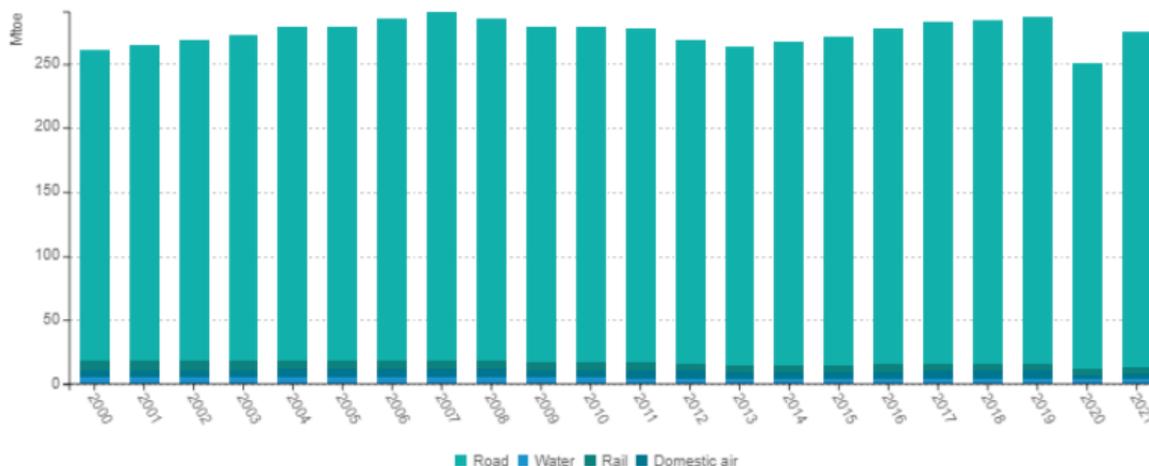
Actualmente la carretera supone más de 80% del consumo de petróleo, cifra llamativa respecto a la de la aviación (15%) y de los sectores ferroviarios y marítimos (5%).

En 2011 se aprobó la Directiva de Eficiencia Energética en el Transporte cuyo objetivo era fomentar el uso de biocombustibles y vehículos de bajo consumo a fin de mejorar la eficiencia energética en este sector.

Es por ello por lo que en 2012 y 2013 se puede apreciar una disminución del consumo energético total. Por otro lado, la recuperación económica tras la crisis de 2008 empieza a hacerse visible a partir de 2014, año a partir del cual se puede observar que se recupera el crecimiento en el consumo.

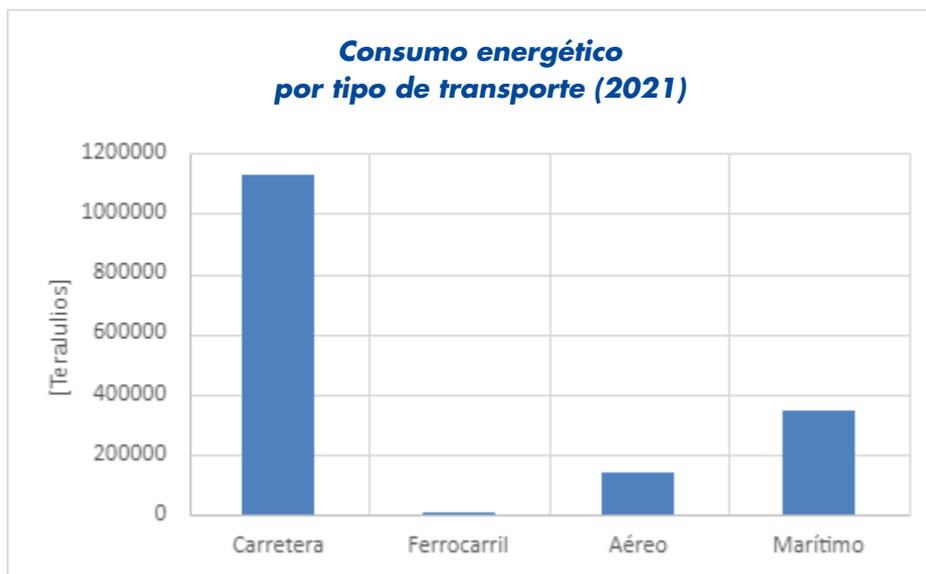


Consumo energético por tipo de transporte en la UE (2000-2021)



Gráfica 4: Consumo de energía por tipo de transporte en la UE, de 2000 a 2021 [3]

En el caso concreto de España, según los datos proporcionados por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, en 2021 el consumo energético en el transporte en España se distribuyó según se muestra en la Gráfica 5.



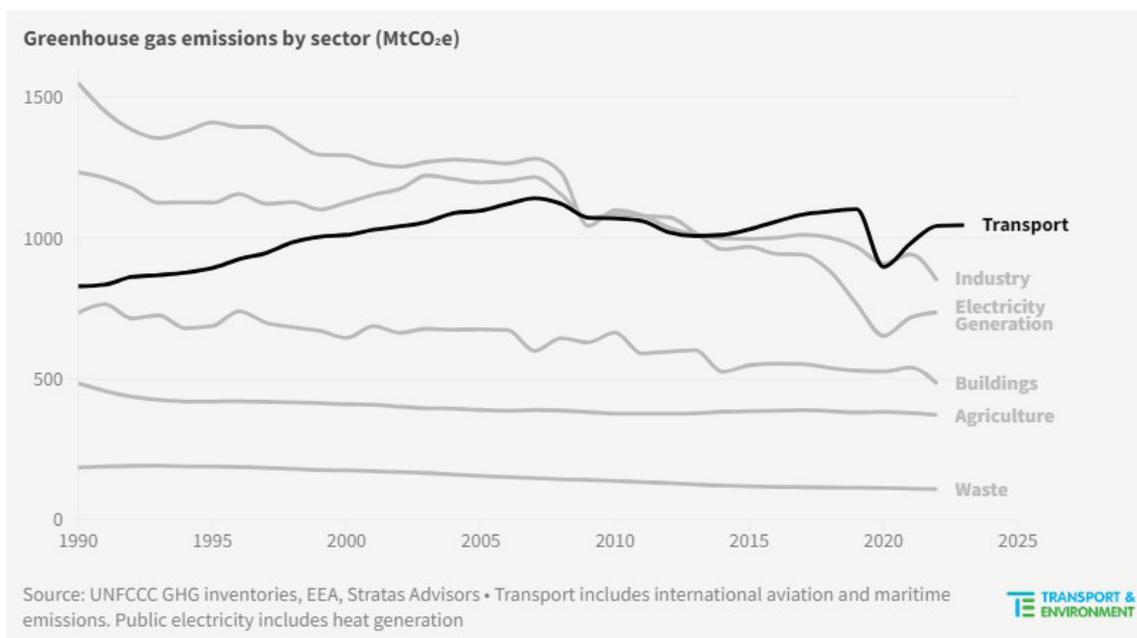
Gráfica 5: Consumo energético por tipo de transporte [TJ] en España, en 2021 [4]

El uso de los combustibles utilizados en el transporte, y sobre todo de los combustibles derivados del petróleo, como son la gasolina, el gasóleo, el fuelóleo o el queroseno son responsables de gran parte de la contaminación atmosférica. Dentro de estos contaminantes, destacan los gases de efecto invernadero (GEI), cuya acumulación excesiva es responsable del aumento del calentamiento global. Teniendo en cuenta el objetivo establecido de que la temperatura del planeta aumente como máximo en 1,5°C con respecto a la era preindustrial, es necesaria la reducción de estas emisiones.



En la Gráfica 6, se observa la evolución de las emisiones de GEI por sector en la UE desde 1990 hasta la actualidad. Cabe destacar como las emisiones asociadas al transporte han aumentado desde 1990 mientras que las asociadas a otros sectores han disminuido. Aunque el pico de emisiones asociadas al transporte se alcanzó en 2007, el sector se está descarbonizando mucho más lentamente que el resto de la economía, y actualmente es el mayor contribuyente a estas emisiones.

Desde 1990 las emisiones de GEI asociadas al transporte han presentado una tendencia creciente hasta alcanzar un pico en 2007. Después de una ligera disminución como consecuencia de la crisis financiera, las emisiones volvieron al alza hasta sufrir una notable caída en 2019 debido a la reducción de la movilidad y la actividad económica a causa de la pandemia del COVID-19.

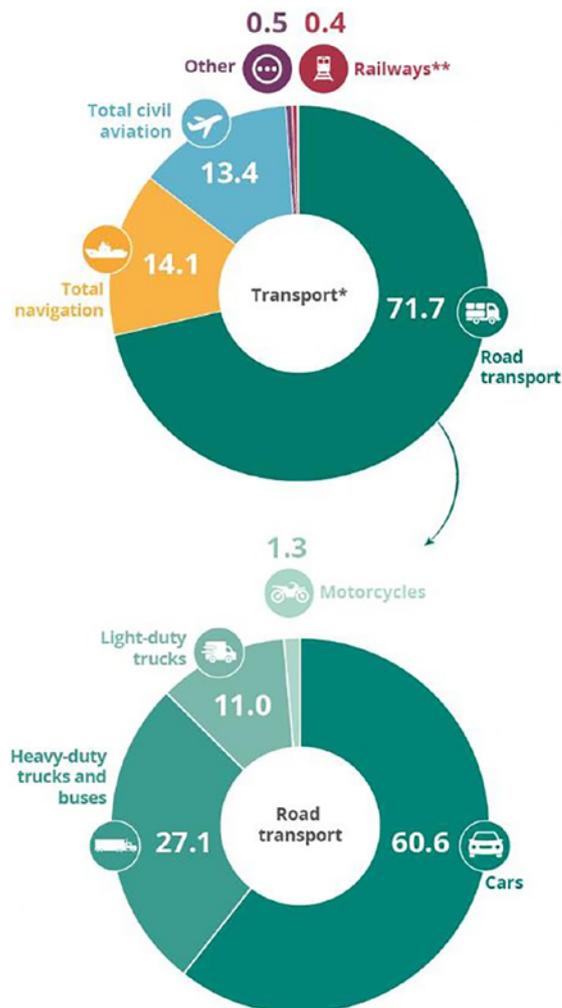


Gráfica c: Evolución de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la UE por sector, de 1990 a la actualidad [5]

Por otra parte, se muestra una reducción de emisiones significativa en el sector de la industria, generación de electricidad y edificios a lo largo de los años gracias al aumento de la eficiencia energética, la adopción de energías renovables y tecnologías más limpias. Finalmente, el sector de la agricultura se ha mantenido bastante constante y el de los residuos ha disminuido constantemente.

En la Gráfica 7 se muestra la distribución de los gases de efecto invernadero por tipo de transporte en la UE, siendo el transporte por carretera el mayor responsable, seguido del transporte marítimo y el aéreo. Además, dentro del transporte por carretera, los coches representan la mayor parte de estas emisiones, seguidos de los buses y camiones pesados.

Teniendo en cuenta que el 71,7% de los GEI dentro del transporte se deben al transporte por carretera, se ha decidido que este proyecto se centre en este tipo de transporte.



Gráfica 7: Emisiones de GEI asociadas a cada tipo de transporte en la UE y a cada tipo de vehículo del transporte por carretera [c]

Sin embargo, cuando se hace referencia a las emisiones asociadas al transporte, no simplemente se trata de los GEI, sino que existen muchos otros contaminantes atmosféricos responsables de la calidad del aire, y, por ende, de la salud de las personas.

En la Gráfica 8 se muestra las variaciones de las emisiones de los contaminantes por tipo de transporte en la UE entre 1990 y 2021, donde se puede observar como todos los contaminantes emitidos por el transporte por carretera han sufrido una reducción considerable a excepción del amoníaco (NH₃) y el óxido nítrico (N₂O) cuyo aumento ha sido muy significativo. Este aumento se debe en gran parte a la implementación de sistemas catalíticos para reducir los niveles de NO_x.



Este avance es en gran parte debido a la introducción de distintas medidas y esfuerzos políticos relacionados con la contaminación, como la Directiva de calidad de aire ambiental o la Directiva NEC donde se establecen una serie de valores objetivo en la concentración de estos contaminantes con el fin de lograr el objetivo de contaminación cero para 2050, además de otras normativas específicas del sector transporte. (EEA, Dic 2023)



Gráfica 8: Variación de los contaminantes por tipo de transporte en la UE (1SS0-2021) [7]



2.2.3. Normativa europea

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta actualmente el sector transporte en la UE es la reducción de emisiones y el aumento de la sostenibilidad. De esta manera, y con el fin de conseguir alcanzar los objetivos establecidos para 2030 y la neutralidad climática para 2050, la UE ha establecido una serie de normativas y políticas en los diferentes sectores.

El **Pacto Verde Europeo** consiste en un conjunto de iniciativas políticas establecidas por la UE cuyo objetivo es conseguir una transición ecológica, enfocándose en alcanzar la reducción del 55% de las emisiones para 2030 en comparación con las de 1990 y una neutralidad climática para 2050. Esta transformación pretende aparte de reducir las emisiones y mejorar la calidad de vida de las personas, crear oportunidades asociadas a la creación de empleo, la innovación y la inversión. Estas iniciativas abarcan temas relacionados con el medio ambiente, el clima y la energía enfocándose en distintos sectores: industria, transporte o agricultura.

En relación con los objetivos relacionados con el sector transporte, el Pacto Verde Europeo pretende conseguir alcanzar una movilidad más sostenible y una mejor calidad del aire, proporcionando un transporte limpio, accesible y asequible en cualquier área, marcando como objetivo una reducción en las emisiones asociadas al sector transporte en un 90%.

Para conseguir alcanzar los objetivos establecidos, el Pacto Verde Europeo está formado por un conjunto de directivas, normativas, iniciativas y reglamentos, entre los que destacan: [8]

Reglamento de reparto del esfuerzo:

Garantiza que todos los Estados miembros contribuyan de manera justa y equitativa a la acción de la UE por el clima. Incluye objetivos de reducción de emisiones procedentes de, entre otros, transporte por carretera, que no estaban incluidos en el régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE). Establece además distintos objetivos en función del PIB per cápita de los Estados miembros y ofrece un mecanismo de flexibilidad para acceder a los derechos de emisión del RCDE UE. [9]

Directiva de eficiencia energética:

Aumenta los objetivos de eficiencia energética buscando reducir el consumo de energía primaria y final a escala de la Unión en un 11,7 % para 2030, en comparación con las previsiones de 2020. También define nuevas obligaciones anuales en materia de ahorro de energía para los países de la Unión, que en 2024 equivale al 1,3%, aumentando al 1,5% a partir de 2026 y al 1,9 % a partir de 2028. A su vez, cuenta con estrategias de renovación y nuevas medidas relativas a la eficiencia energética de los productos. [10]

Directiva europea de energías renovables:

Establece un marco común para el fomento de la energía procedente de las fuentes renovables y fija la cuota de energía procedente de estas fuentes. Además, exige sostenibilidad en la producción de biocarburantes y biolíquidos: no se producirán a partir de materias primas de elevado valor en cuanto a biodiversidad, ni se fabricarán a partir de materias primas de tierras con elevadas reservas de carbono, ni de materias primas extraídas de tierras que, en enero de 2008, fueran turberas. [11]

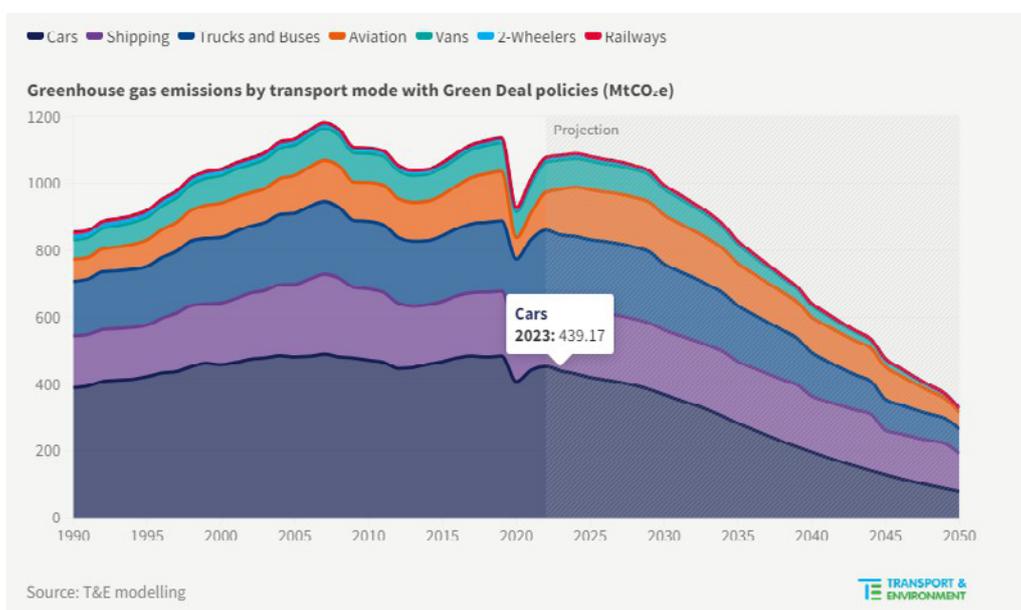
Normas sobre emisiones de CO₂ para turismos y furgonetas:

Establece una serie de normativas para alinear los niveles de emisiones de turismos y furgonetas con los objetivos establecidos por la UE para 2030 y 2050, fomentando la producción y uso de vehículos eléctricos y otros vehículos bajos en emisiones. Se establece una reducción de las emisiones del 15% para turismos y furgonetas nuevas para 2025, del 55% para turismos y del 50% para furgonetas para 2030 y del 100% para 2035, lo que quiere decir que todos los turismos y furgonetas nuevos emitidos a partir de esa fecha han de ser cero emisiones. [12]



Directiva sobre la infraestructura para los combustibles alternativos:

- Establece un marco para el desarrollo de infraestructura destinada a combustibles alternativos en la UE, incluyendo hidrógeno, electricidad, biocombustibles, gas natural o GLP con el fin de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y desarrollar un transporte más sostenible. En esta directiva, quedan establecidos puntos estratégicos donde deben existir puntos de recarga y repostaje de estos combustibles alternativos.
- Sin embargo, según un estudio realizado por Transport C Environment (TCE), con las distintas políticas del Pacto Verde Europeo no será suficiente para llegar a cero emisiones en 2050, consiguiendo simplemente reducir un 25% respecto a las emisiones de 1990 en 2040 y un 62% en 2050.



Gráfica 5: Emisiones de GEI por modo de transporte tras la implementación de las medidas del Pacto Verde. [13]

En paralelo a las iniciativas medioambientales, la UE también ha reconocido la importancia de la digitalización como motor clave para la transformación del sector transporte. La modificación de la Directiva 2010/40/UE, aprobada el 22 de noviembre de 2023, subraya la necesidad de implementar sistemas de transporte inteligentes (ITS). Esta directiva establece una serie de requisitos y obligaciones que los países de la Unión Europea deben cumplir para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y seguridad del transporte. A continuación, se resumen los puntos esenciales de esta directiva:

Promoción de la Movilidad Multimodal, Sostenible y Digital

Los países miembros deben promover la movilidad multimodal automatizada y conectada, así como los sistemas de gestión inteligente del tráfico, en línea con los objetivos del Pacto Verde Europeo. Esto incluye apoyar nuevos servicios de transporte sostenibles que mejoren la movilidad, reduzcan la congestión y la contaminación en zonas urbanas, y fomenten modos de transporte más limpios mediante una mejor gestión del tráfico. Además, es fundamental impulsar la implantación y el uso de sistemas y servicios de transporte inteligentes en la red transeuropea de transporte.



Mejora y Coordinación del Intercambio de Datos en el Transporte Inteligente y Cooperativo

Para lograr cadenas de transporte más sostenibles, seguras, eficientes y resilientes, los Estados miembros deben mejorar la gestión y el intercambio de datos, coordinándose con otras iniciativas para armonizar el uso de información en los sectores de movilidad, transporte y logística desde una perspectiva multimodal. En este sentido, se debe establecer y mantener puntos de acceso nacionales que faciliten la reutilización de datos de transporte, promoviendo la interoperabilidad y cooperación a nivel europeo. Además, es obligatorio crear y compartir datos relevantes en formato digital, como información sobre límites de velocidad y zonas de estacionamiento seguros para camiones, lo cual es fundamental para mejorar la seguridad vial y la eficiencia del transporte.

En el contexto de los Sistemas de Transporte Inteligente y Cooperativo (STI-C), es crucial asegurar la autenticidad e integridad de los mensajes intercambiados. Para ello, se requiere la implementación de un modelo común de confianza a nivel europeo, que garantice la interoperabilidad y la seguridad de los datos en estos sistemas. Esto refuerza la confianza en la infraestructura de transporte digital y asegura que los datos intercambiados sean fiables y seguros.

Integración y Fomento de la Innovación en Sistemas de Transporte Inteligentes

Se destaca la importancia de integrar los Sistemas de Transporte Inteligente (STI) con sistemas avanzados de asistencia al conductor y vehículos automatizados, garantizando comunicaciones seguras y fiables entre vehículos e infraestructuras. Esta integración no solo mejora la seguridad y la eficiencia del transporte, sino que también impulsa la innovación en la creación de nuevos servicios de STI.

La disponibilidad y fiabilidad de los datos son esenciales para el desarrollo de servicios innovadores y para prever las necesidades futuras de especificaciones, asegurando un sistema de transporte cada vez más avanzado y adaptado a las necesidades emergentes.

Mejora de la Accesibilidad y la Inclusión

Los servicios digitales de movilidad deben incluir datos sobre la accesibilidad de nodos de transporte y características específicas para personas con discapacidad y movilidad reducida, facilitando su planificación de desplazamientos y mejorando la accesibilidad general del sistema de transporte.

Gestión y Evaluación Coordinada de Especificaciones de Sistemas de Transporte Inteligente

Los países deben cooperar en la aplicación de las especificaciones sobre el despliegue de los STI. La Comisión Europea facilitará esta cooperación para asegurar un despliegue armonizado y eficaz de estos sistemas en toda la Unión Europea. Además, esta se encargará de coordinar estas evaluaciones y de asegurar la transparencia de procesos. [14] [15]

2.2.4. Combustibles

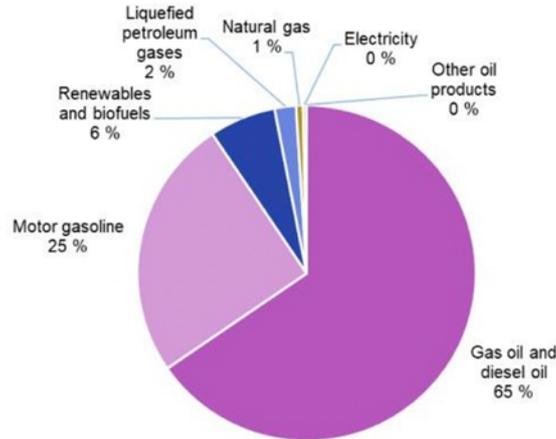
En 2022 el combustible más empleado en el transporte por carretera en la UE, representando un 65,4%, fue el gasóleo/diésel mientras que la gasolina representó un 25,2%.

Gracias a las políticas establecidas por la UE y al desarrollo tecnológico, otro tipo de combustibles comenzaron a cubrir parte del consumo en el sector del transporte por carretera, con una representación en 2022 del 6,4% de renovables y biocombustibles, un 2,1% de GLP y un 1% de gas natural.



Por otro lado, a pesar del considerable aumento de la electricidad desde 2021, todavía tiene una representación menor del 1%.

Use of fuels in road transport, EU, 2022 (%)



Source: Eurostat (online data code nrg_bal_c)
Note: Data excluding the biofuel portions



Gráfica 10: Uso de los distintos tipos de combustible en el transporte de carretera en la UE en 2022 [1c]

En el caso concreto de España, la Ilustración 1 muestra un diagrama de Sankey con la representación de los combustibles utilizados en el transporte por carretera. Se puede observar cómo los combustibles fósiles lideran el sector, con una representación de algo más del 95%.

Sin embargo, se espera que los combustibles alternativos, menos contaminantes, vayan incrementando importancia para lograr alcanzar los objetivos europeos de cero emisiones.

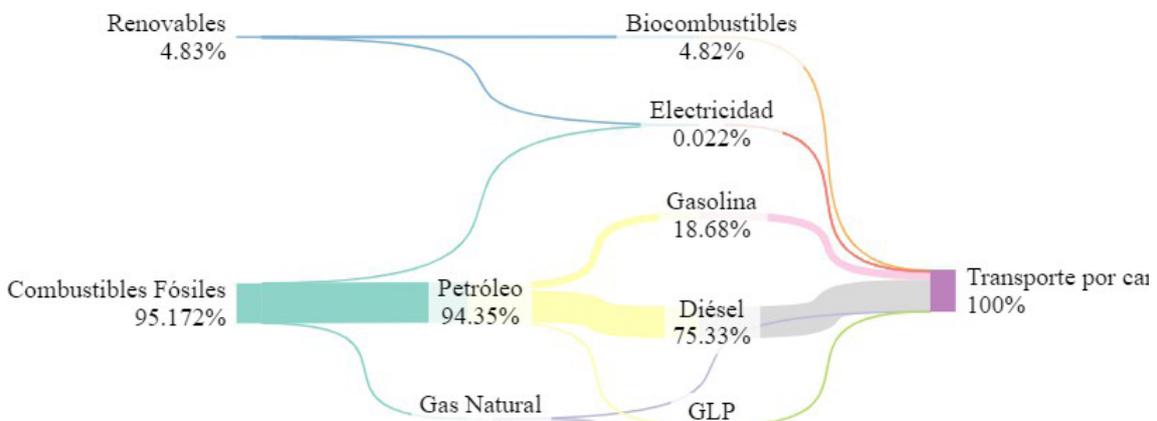


Ilustración 1: Diagrama Sankey que refleja los combustibles empleados en el transporte por carretera. Elaboración propia. propia.



2.2.5. Combustibles fósiles

Los combustibles fósiles continúan representando una porción importante de los combustibles usados en el transporte, concretamente el petróleo y el gas natural.

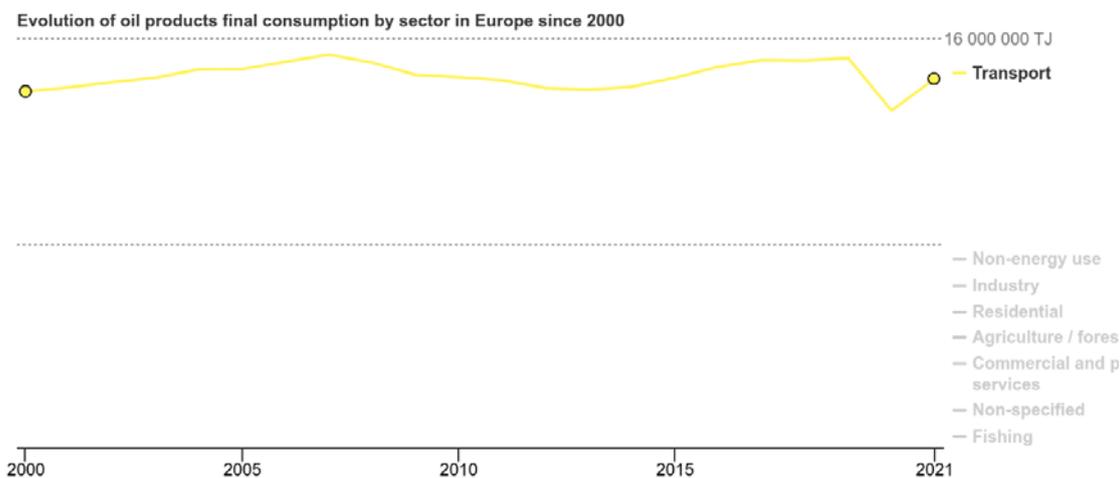
PETRÓLEO

El petróleo es responsable de la segunda mayor proporción de emisiones de CO₂ a nivel mundial, destacando su uso en el transporte, donde a pesar del crecimiento exponencial de la venta de vehículos eléctricos, la mayor parte de coches, camiones, barcos o aviones funcionan actualmente con combustibles derivados del petróleo.

Situación actual:

El crudo del petróleo y sus derivados han representado la mayor participación en el consumo interior bruto de energía en la UE durante varias décadas. A pesar de la gran cantidad de políticas establecidas que afectan al sector, el impacto de las restricciones impuestas con la pandemia y otros factores como la invasión rusa de Ucrania, este combustible fósil sigue representando gran parte del consumo energético. (Eurostat, 25 Marzo 2024) [17]

En la Gráfica 11 se muestra la evolución del consumo de petróleo en el sector del transporte europeo desde el año 2000 hasta la actualidad.



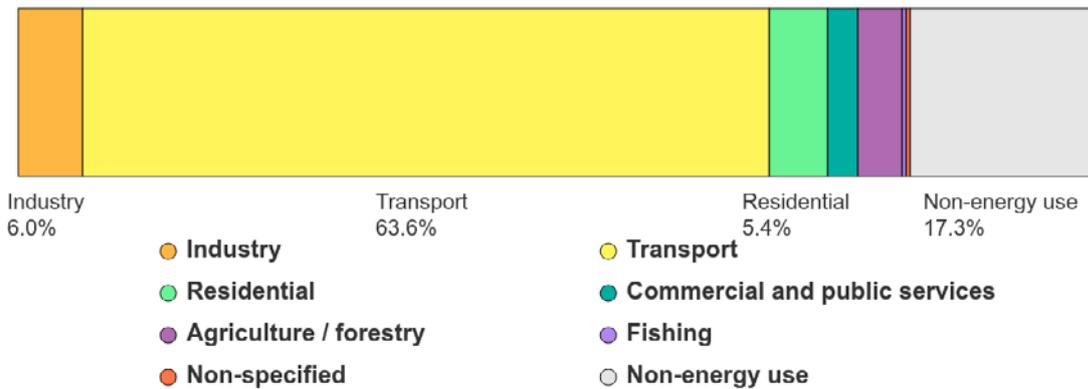
Gráfica 11: Evolución del consumo de petróleo en el transporte en Europa, de 2000 a 2021

Por otra parte, la Gráfica 12 muestra el consumo de petróleo por los diferentes sectores en Europa, siendo la parte correspondiente al transporte un 63,6% del total en 2021. Además, dentro del sector transporte, el transporte por carretera es el principal consumidor.



INVESTIGACIÓN (CIC-LAB)

Oil products final consumption by sector, Europe, 2021



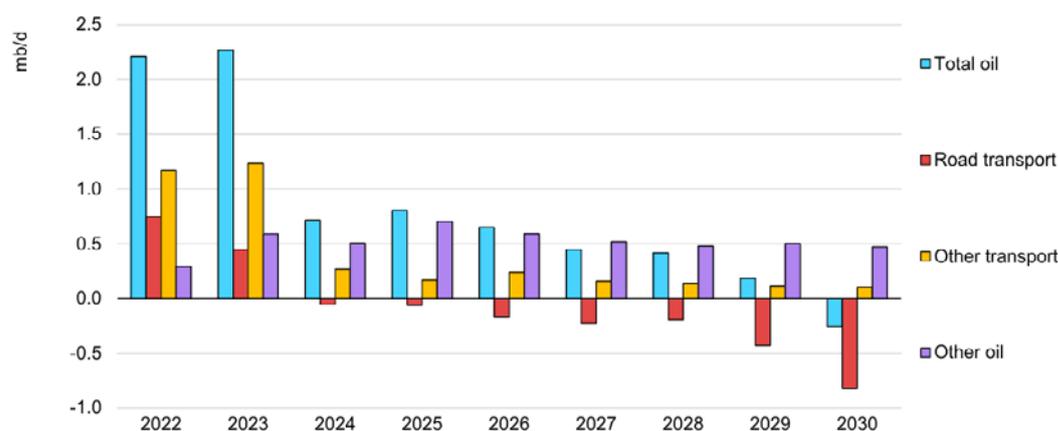
Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

Gráfica 12: Consumo de petróleo por los diferentes sectores en Europa en 2021 [18]

Tendencias futuras:

Se prevé que la demanda de petróleo utilizado como combustible para el transporte disminuya a partir de 2026 debido a las mejoras de eficiencia y a la rápida adopción de vehículos híbridos y eléctricos, así como al aumento del uso de biocombustibles, según la IEA. Las ventajas que representan las mejoras en la eficiencia de los vehículos, junto con el aumento de los vehículos eléctricos e híbridos, están reduciendo el consumo medio de combustible y las emisiones de CO₂ del sector del transporte por carretera.

El consumo de petróleo previsto para 2030 sería 7,5 mb/d más alto sin los ahorros de los nuevos vehículos eléctricos y las mejoras de eficiencia desde 2022, y otros 0,5 mb/d sin la producción adicional de biocombustibles.



IEA. CC BY 4.0.

Note: Other transport demand includes aviation, marine and rail.

Source: IEA (2023), [Oil 2023 – Analysis and forecast to 2028](#), extended through 2030.

Gráfica 13: Crecimiento anual de la demanda de petróleo en la UE (2022-2030)

GAS NATURAL

El gas natural ha desempeñado un papel importante en la generación de energía en las últimas décadas gracias a su mayor disponibilidad, flexibilidad y la menor cantidad de emisiones asociadas al combustible en comparación con el petróleo y el carbón. (IEA, Europe, Natural gas) [19]

Situación actual:

Uno de los retos que plantea el uso del gas natural es la volatilidad de los precios, que hasta ahora ha ido de la mano con la volatilidad de los precios del petróleo. Sin embargo, la reciente aparición de Estados Unidos como exportador de GNL ha introducido una nueva dinámica en el mercado, contribuyendo a desvincular gradualmente los precios del gas natural de los del petróleo en ciertas regiones. (Petro punto, 8 enero 2024) [20]

En relación con el uso del gas natural en el transporte, a pesar de representar una mínima proporción del consumo total de gas natural en la UE, ha aumentado considerablemente en los últimos años en el transporte pesado. En relación con el transporte pesado por carretera, España es el tercer país de Europa en cuanto a número de autobuses que funcionan con GNC y el primero en cuanto al número de camiones de GNL. (Comillas, IIT, 30 junio 2023) [21]

En la Gráfica 14 se muestra la evolución del consumo de gas natural en el sector del transporte europeo desde el año 2000 hasta la actualidad.



Gráfica 14. Evolución del consumo de gas natural en Europa en el sector transporte, de 2000 a 2021

Por otra parte, la Gráfica 15 muestra el consumo de gas natural por los diferentes sectores en Europa, siendo la parte correspondiente al transporte un 1.7% del total.





Final consumption of gas by sector, Europe, 2021



Source: International Energy Agency. Licence: CC BY 4.0

Gráfica 15. Consumo de gas natural por los diferentes sectores en Europa en 2021

Tendencias futuras:

El gas natural es el combustible fósil más limpio en términos de CO₂, sin embargo, sigue siendo una fuente de gases de efecto invernadero por lo que su uso se tratará de minimizar. En cualquier caso, seguirá siendo un factor clave en la descarbonización pues este será un complemento necesario gracias a la seguridad y estabilidad que aporta al suministro energético, actuando como respaldo para compensar la intermitencia de las fuentes renovables.

Además, se están desarrollando proyectos que incorporarán medidas de mitigación de emisiones, poniendo el foco en la eficiencia energética y reducción de la huella de carbono en las etapas de producción y distribución del gas. (Petropunto, 8 de enero 2024) [22]

2.2.6. Vehículos eléctricos

La electrificación se considera una de las soluciones más efectivas para mitigar el impacto climático generado por las emisiones de CO₂ del sector del transporte. Esta afirmación es respaldada por losu Ibarbia, director de Tecnología de Construcciones y Auxiliares de Ferrocarriles (CAF).

En este contexto, los vehículos eléctricos se presentan como una alternativa fundamental en la descarbonización del transporte, ya que operan con emisiones cero durante la propulsión, lo que mejora significativamente la calidad del aire y, por ende, protege la salud pública.

La electrificación de los sistemas de transporte comienza a finales del siglo XIX, principalmente en el transporte urbano como el tranvía, el metro, el trolebús y a continuación el tren en medias distancias. Durante el mismo período, surgieron los primeros automóviles eléctricos, aunque inicialmente no lograron consolidarse en el mercado. No obstante, la aprobación en 1990 de una normativa en California, que exigía que al menos el 2% de las ventas de los fabricantes de automóviles correspondieran a vehículos de emisiones cero (con un aumento gradual hasta el 10% en 2003), impulsó la adopción de estos vehículos eléctricos.



Situación actual:

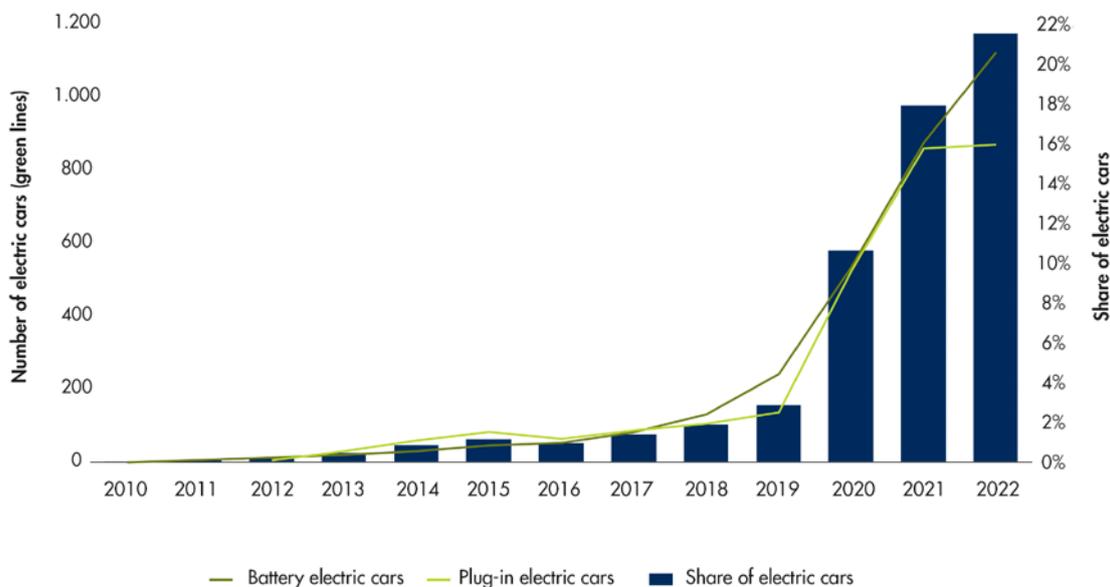
Hoy día, la gran mayoría de marcas ya ofertan vehículos totalmente eléctricos o híbridos. En la transición hacia el coche eléctrico del futuro existen diversos factores aceleradores: las restricciones de circulación en las grandes ciudades y la percepción social del vehículo eléctrico por parte de los conductores.

Desde mediados del siglo XX, la migración masiva de las zonas rurales hacia las ciudades ha provocado un notable incremento en la población urbana a nivel mundial. Este fenómeno se ha traducido por un aumento notable de la contaminación y las congestiones en las grandes ciudades. En respuesta a estos desafíos, las autoridades locales han implementado diversas políticas para restringir la circulación de vehículos con motores de combustión interna, por consiguiente, favorecer el uso de vehículos eléctricos.

El segundo elemento dinamizador es la percepción de este medio de transporte. La percepción del vehículo eléctrico ha evolucionado significativamente en los últimos años lo cual ha sido fundamental para impulsar la adopción de vehículos eléctricos en mercados que anteriormente estaban dominados por automóviles de combustión interna.

Este cambio se debe, en parte, a la estrategia de empresas como Tesla, que han revitalizado la imagen del coche eléctrico, presentándolo no solo como una alternativa tecnológica avanzada, sino también como un símbolo de estatus asociado a la responsabilidad medioambiental y la innovación.

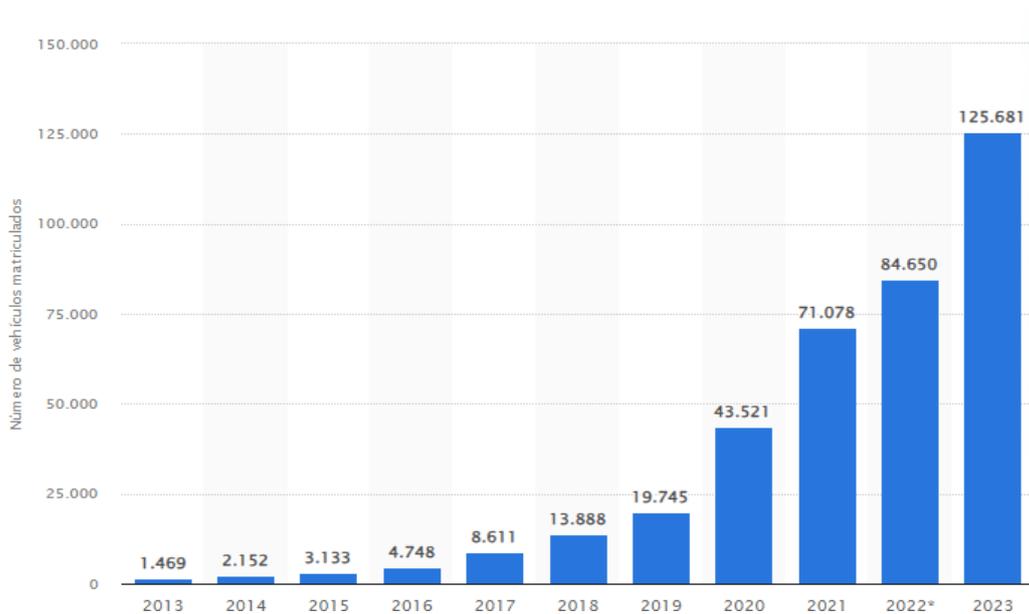
Chart - New registrations of electric cars, EU-27



Gráfica 1c. Evolución de matriculación vehículos eléctricos en la Unión Europea, de 2010 a 2022



En el caso concreto de España, la Gráfica 17 muestra la evolución de matriculación de vehículos eléctricos desde 2013 hasta la actualidad.



Gráfica 17. Evolución de matriculación vehículos eléctricos en España, de 2013 a 2023 [23]

Tendencias futuras:

En el mediano y largo plazo, las tendencias de movilidad están destinadas a seguir evolucionando a un ritmo acelerado, incluso superando la velocidad de cambio observada hasta hoy. La distribución futura de la población será un factor determinante que influirá en las exigencias de movilidad de personas y mercancías. Estas demandas se verán reflejadas en la percepción social de los distintos medios de transporte y en la evolución técnica de los mismos.

Europa, caracterizada por un mercado fuertemente regulado y una demanda creciente por parte de los consumidores, se electrificará más rápidamente que otras regiones. Se prevé que mantenga su posición de liderazgo mundial en la electrificación, dominando la cuota de mercado de vehículos eléctricos, pues anunció una meta de cero emisiones para los coches nuevos en 2035. Además del objetivo de la Comisión Europea, que exige un 60 % de ventas de VE para 2030, varios países ya han anunciado el fin de las ventas de vehículos con motor de combustión interna para 2030. En el escenario acelerado más probable, la adopción por parte de los consumidores superará los objetivos normativos y Europa alcanzará alrededor del 75 % de cuota de mercado de VE en 2030. Concretamente, en el caso de España se estima que para el año 2030, el 15% de las ventas serán de coches eléctricos puros, el 25% híbridos y el 60% todavía de vehículos de combustión (CEPSA, 2017).

Sin embargo, a pesar de los avances, para cumplir con los objetivos establecidos, los vehículos eléctricos se enfrentan a numerosos retos de cara al futuro, tanto en componente como en infraestructura de carga.



La evolución de las baterías es crítica, y se espera que aumente su capacidad de carga y descarga, así como la cantidad de energía que pueden almacenar. La capacidad de carga de las baterías permitirá recargas más rápidas y seguras, y se prevé que la autonomía de los vehículos aumente significativamente, alcanzando hasta 1,000 km con capacidades superiores a 150 kWh, triplicando los valores actuales, según el estudio realizado por Pablo Frías y Jaime Román (Instituto de Investigación Tecnológica IIT, Universidad Pontificia Comillas) [24]. No obstante, se calcula que Europa tendrá que construir 24 nuevas giga fábricas de baterías para abastecer la demanda local de baterías para VE de pasajeros.

En cuanto a la infraestructura de recarga, esta estará definida por la demanda de potencia y energía de las baterías, así como por el sistema de conexión. Actualmente, la mayoría de los vehículos eléctricos se recargan mediante conexiones físicas, pero se espera una evolución hacia sistemas más funcionales y seguros, como el contacto con pantógrafo o la recarga inalámbrica. Con más de 70 millones de VE en los caminos en 2030, la industria tendrá que instalar un gran número de cargadores públicos y proporcionarles operaciones de mantenimiento.

Estudios recientes indican que la capacidad de generación eléctrica prevista permitirá integrar el crecimiento del consumo asociado a la carga de vehículos eléctricos de manera segura y con muy bajas emisiones de generación. Sin embargo, su impacto en las redes de distribución eléctrica requiere una gestión inteligente de las recargas. Sin una gestión adecuada, podría producirse una congestión en la red de suministro, lo que obligaría a reforzar la infraestructura existente. Además, para satisfacer esta demanda eléctrica es necesario que la producción de energía renovable aumente como mínimo un 5%. (Por qué el futuro del automóvil es eléctrico | McKinsey) [25]

Es crucial considerar que parte de la capacidad de la batería podría gestionarse de manera flexible, permitiendo que se use como un elemento de apoyo en la operación del sistema eléctrico y la red. La gestión inteligente de la recarga es fundamental para garantizar la eficiencia de las redes eléctricas y evitar inversiones ineficientes.

Por último, las emisiones de la producción de vehículos eléctricos con baterías (BEV) deben disminuir, ya que estos tienen actualmente un 80 % más emisiones en la producción que los vehículos con motor de combustión interna.

2.2.7. Hidrógeno

El hidrógeno se presenta como una de las principales esperanzas del mercado energético global y está llamado a ser el combustible del futuro. Gracias al desarrollo de la tecnología y, sobre todo, a la urgencia derivada de la necesidad de abandonar los combustibles fósiles para frenar el cambio climático, se ha comenzado a utilizar este elemento (el más abundante del planeta) para producir por primera vez energía limpia, segura, constante, eficiente y fácilmente almacenable al mismo tiempo.

Existen diversas maneras de obtener hidrógeno según las distintas fuentes de energía que se emplean para obtenerlo. En la Ilustración 2 se pueden observar los distintos tipos de hidrogeno que hay, así como su proceso de producción y las emisiones que proyectan a la atmosfera.



El pantone del hidrógeno

Tipos según la tecnología empleada en su producción

	NEGRO	MARRÓN	GRIS	AZUL	TURQUESA	ROSA	VERDE	AMARILLO	BLANCO
Fuente de energía	Carbón bituminoso	Lignito	Hidrocarb. (gas natural principalmente)	Hidrocarb. (gas natural)	Hidrocarb. (gas natural)	Energía nuclear	Renovables	Energía solar*	Presente de por sí en la naturaleza
Proceso más usado	Gasificación de carbón	Gasificación de carbón	Extracción con vapor (reformado)	Extracción con vapor	Pirólisis (descomposición mediante calor)	Electrólisis (separación mediante electricidad)	Electrólisis	Electrólisis	En exploración
Emisiones asociadas	Muy altas	Muy altas	Altas	Medias (incluye sistemas de captura de carbono)	Bajas (carbono sólido, sin CO ₂)	Bajas	Bajas o nulas	Bajas o nulas	Nulas

Tipos que emplean combustibles fósiles

El hidrógeno gris y azul son los más producidos en la actualidad

El hidrógeno rosa, verde y amarillo son los más eficientes y factibles de desarrollar a medio plazo

Autor:
Álvaro Merino (2022)
*El hidrógeno amarillo también puede referirse a aquel que es generado con fuentes mixtas



Ilustración 2: Tipos de hidrógeno según la tecnología empleada en su producción. [2c]

Situación actual:

La transición hacia un futuro en el que los diversos tipos de hidrógeno desempeñen un papel fundamental será duradera y costosa.

Recientemente, PwC publicó un estudio donde informaba sobre el retraso que hay actualmente en la construcción de infraestructura necesaria para el almacén y el transporte de hidrógeno para poder alcanzar los objetivos establecidos por la UE de disponer de una capacidad de producción de 10 millones de toneladas de hidrógeno renovable para 2030. A pesar de haberse anunciado proyectos en los próximos años que sumarían hasta 205 GW en el bloque, simplemente un total de 8 GW ha llegado a una decisión de inversión o construcción en 2023. Además de los problemas relacionados con la construcción de infraestructura debido a su coste y el tiempo requerido, la lentitud en el ritmo de despliegue de instalaciones solares y eólicas en Europa está suponiendo también un obstáculo para el avance de este combustible.

Por otra parte, otro obstáculo relacionado con este tema es el coste asociado a la producción, y la brecha con el coste que la gente está dispuesta a pagar. El hidrógeno verde, según el informe de PwC, tiene un coste bastante más alto que el gas natural, lo que impide la competencia en el mercado. Mientras que el hidrógeno verde tiene un coste entre 200 y 250 euros/MWh, y el hidrógeno azul (bajo en carbono) entre 100 y 150 euros/MWh, el coste asociado al gas natural es de entre 25 y 40 euros/MWh.

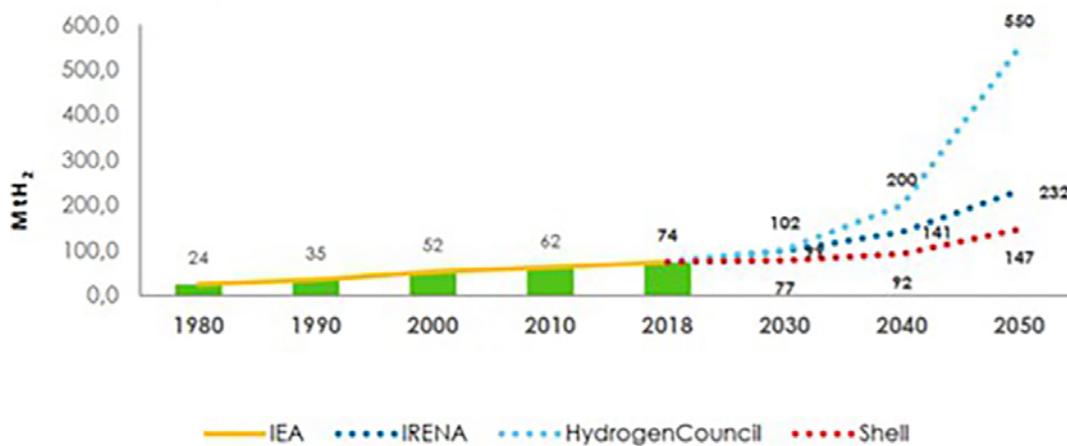


A pesar de que se espera una disminución de los costes, todavía existe poco apoyo gubernamental y retrasos en subvenciones. (La burbuja de hidrógeno verde se desinfla en Europa, Sandra Acosta, 25 de marzo 2024) [27]

Tendencias futuras:

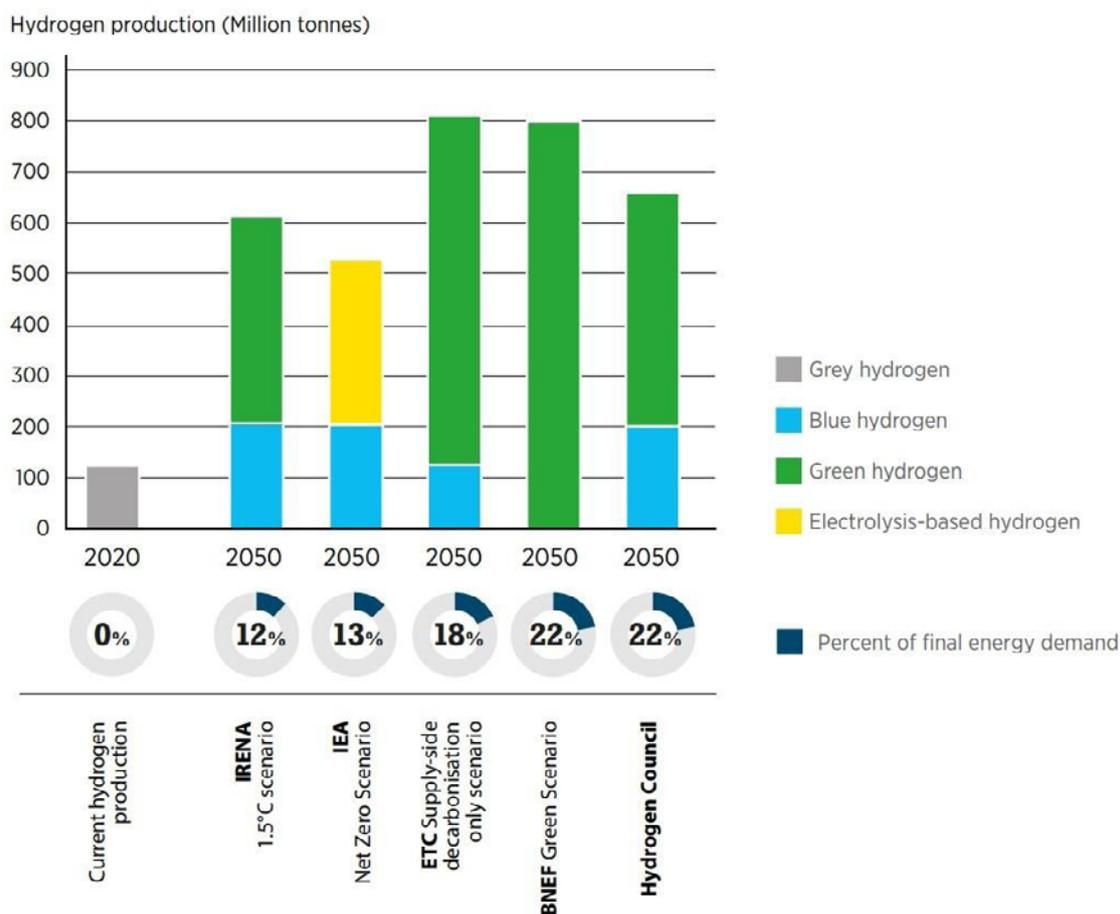
Tanto a medio como a largo plazo, las predicciones determinan que la demanda de hidrógeno va a estar en continuo crecimiento. Sin embargo, las diversas fuentes no llegan a ningún consenso, pues las futuras dinámicas del mercado del transporte y la energía son inciertas. A continuación, en la Gráfica 18 se muestra la evolución de la demanda mundial del hidrógeno a lo largo de las pasadas décadas, así como las predicciones de distintos estudios acerca de la demanda futura, siendo Europa el centro del crecimiento inicial.

World hydrogen demand forecast



Gráfica 18. Evolución demanda hidrógeno y predicciones de demanda a futuro [28]

En la Gráfica 19 se muestra más en detalle las estimaciones de demanda global de hidrógeno para el año 2050 según previsiones de diferentes agencias y organizaciones. Estos, estiman que la demanda actual de hidrógeno gris podría aumentar entre 5 y 8 veces para el año 2050, convirtiéndose en hidrógeno verde y azul. Esto equivaldría a representar entre el 12% y el 22% de la demanda final de energía proyectada para esa fecha.



Gráfica 1S: Producción de hidrógeno actual y perspectivas futuras

En un contexto de fuertes tensiones internacionales, el hidrógeno es una promesa real de independencia energética para los países que no producen combustibles fósiles y también será muy atractivo para los países que tienen una gran cantidad de energías regenerativas en su mix energético, ya que contribuirá a estabilizar la red eléctrica y a abaratar aún más la energía. Los países que forman Europa cumplen dichas características, esta es la razón por la que en Europa se está recibiendo apoyo de gobiernos e instituciones europeas. En 2022 la UE autorizó una financiación pública de hasta 5.400 millones de euros para el hidrógeno, que movilizaría 8.800 millones de euros de financiación privada y 20.000 puestos de trabajo. [29]

Por otro lado, es pertinente tener en cuenta que una de las claves para el desarrollo del hidrógeno son los avances tecnológicos. Estos nos brindarán diversas opciones para satisfacer la demanda energética en movilidad, industria y hogar, aprovechando su versatilidad. En el ámbito de la movilidad, se destacan dos principales vías de desarrollo tecnológico: su uso directo como fuente de energía en vehículos con pilas de combustible y la producción de combustibles sintéticos o ‘e-fuels’.

“El hidrógeno y sus derivados, como los ‘e-fuels’, podrán mover cualquier tipo de transporte, especialmente el de mercancías de largo recorrido, la aviación o el sector marítimo, difícilmente electrificables, al menos, en el corto-medio plazo”, afirma Dolores Cárdenas, ‘advisor’ en diseño de producto de



Repsol. La experta señala que es probable que veamos el uso directo del hidrógeno en el transporte por carretera y ferrocarril hacia finales de esta década o principios de la próxima. De hecho, una decena de empresas españolas, entre ellas Repsol y Talgo han formado una alianza para promover el desarrollo del tren de hidrógeno. Bajo el proyecto conocido como "Hympulso" estas empresas se enfrentan al reto de diseñar y construir un sistema de propulsión basado en pila de hidrógeno renovable, e instalarlo por primera vez en el mundo en un tren de alta velocidad.

Concretamente en el caso de España, el hidrógeno está emergiendo como un combustible sostenible clave para la transición energética. Actualmente, el país cuenta con 12 hidrogeneras operativas, pero se ha establecido el objetivo de alcanzar al menos 78 estaciones de servicio de hidrógeno para 2030, a fin de consolidar la infraestructura necesaria para su adopción masiva. El 9 de julio de este mismo año, el Consejo de ministros aprobó, a propuesta del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), un Real Decreto que asigna 794 millones de euros en ayudas directas a siete proyectos españoles de producción y uso intensivo de hidrógeno renovable en actividades industriales a gran escala, seleccionados por la Comisión Europea en el marco del Proyecto Importante de Interés Común Europeo (IPCEI) Hy2Use. Estos proyectos sumarán una potencia adicional de electrólisis de 652 MW, alimentada con energía solar, eólica e hidráulica, y movilizarán inversiones superiores a los 6.000 millones de euros a lo largo de su vida útil. Entre los proyectos destacados se encuentran cinco valles de hidrógeno y dos aplicaciones industriales innovadoras ubicados en Andalucía, Aragón, Asturias, Castilla-La Mancha, País Vasco y Región de Murcia. Esta apuesta por el hidrógeno renovable no solo busca sustituir la energía fósil y eliminar las emisiones de CO₂ en la industria y el transporte pesado, sino también en otros sectores de difícil descarbonización, reforzando así el compromiso de España con la sostenibilidad y la reducción de su huella de carbono. [30]

2.2.8. Biocombustibles

Los biocombustibles se han convertido en una alternativa sostenible para todos los segmentos de transporte, especialmente en la aviación, el transporte marítimo y el transporte pesado por carretera, donde la electrificación es difícil de acceder. Esto se debe a que ofrecen la notable ventaja de utilizar los mismos motores de combustión que los empleados para combustibles fósiles, lo que permite reinventar la flota de vehículos actual aprovechando las infraestructuras de distribución y repostaje ya existentes. Su uso no solo ayuda a limitar las emisiones de CO₂, sino que también amplía la gama de tecnologías disponibles para una movilidad de bajas emisiones, acelerando la descarbonización sin depender únicamente de la renovación de la flota con vehículos eléctricos.

La movilidad del futuro requiere tiempo e inversión y resultaría imposible cambiar rápidamente el parque de vehículos actual por uno eléctrico. Por lo tanto, la descarbonización óptima será un 'mix' de soluciones. La solución más inmediata, antes que la electrificación, es la de los biocombustibles pues reducen las emisiones más de un 65%. [31]

Situación actual:

La producción y distribución de biocombustibles puede realizarse en las instalaciones industriales actuales, lo cual sería una gran oportunidad de crecimiento para la industria, para el desarrollo de nuevas tecnologías y la creación de empleo. Este crecimiento es particularmente significativo en las zonas rurales, debido a las materias primas que se usan como fuente de estos e-fuels, permitiendo también impulsar la economía circular en estas



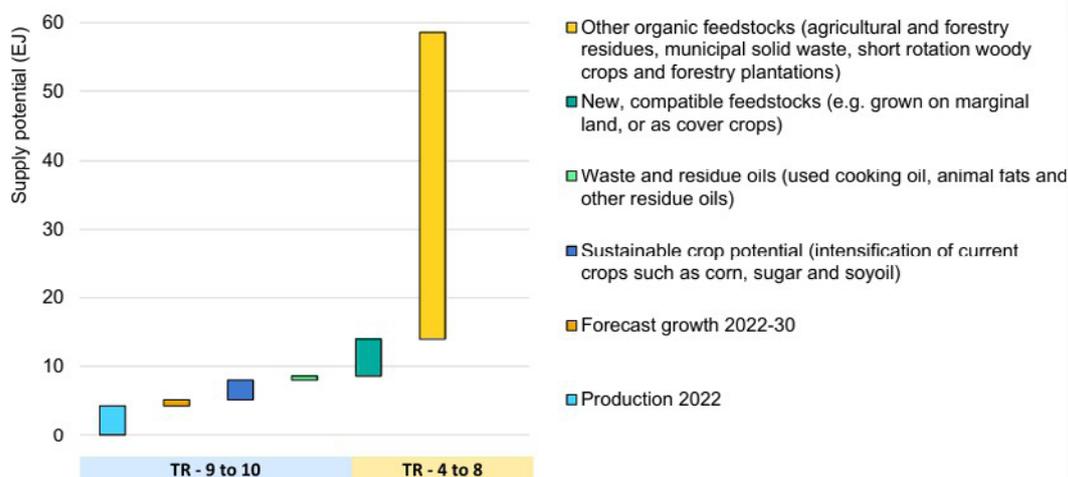
Asimismo, el hecho de producir biocombustibles con materias primas locales diversifica la matriz energética del país, mejorando la independencia energética que tanto se busca ahora.

Aunque actualmente presentan un coste más elevado que los combustibles fósiles, se espera que esta brecha de costes se reduzca para 2030 mediante el desarrollo de tecnologías como la electrólisis y fuentes renovables, así como proyectos de optimización. Los e-fuels fabricados con CO₂ biogénico o capturado en el aire pueden conseguir anular la proporción de emisiones, lo que se alinea con los objetivos de llegar a cero emisiones netas.

Para acelerar la transición hacia los biocombustibles, los países han de adoptar políticas que permitan tener una demanda de estos combustibles predecible para los proyectos más tempranos y han de realizar las inversiones pertinentes en infraestructura. Aunque la inversión en energías limpias está yendo a mayor velocidad que en combustibles fósiles, el ritmo del cambio sigue siendo insuficiente, y se necesitarán medidas políticas más sólidas y cambios de comportamiento para alinearse con el escenario de cero emisiones netas (NZE).

Potencial de los e-fuels

La producción de biocombustibles en 2022 se situó en 4,3 EJ, lo que representa casi el 4% de la demanda mundial de combustible para el transporte por carretera. La gran mayoría, alrededor del 90% de estos combustibles, se produjeron a partir de caña de azúcar, maíz, aceite de soja, aceite de colza y aceite de palma. El 10% restante se produjo a partir de residuos y materias primas residuales, como aceite de cocina y grasas animales. Se estima una demanda de biocombustibles 1 EJ mayor para 2030, es decir, de 5,3 EJ, lo que representaría el 6% de la demanda de energía del transporte por carretera. Todo ello será logrado gracias a las políticas europeas e incentivos de inversión.



IEA. CC BY 4.0

Gráfica 20: Demanda de biocombustible líquido según el tipo de materia prima y tecnología, 2022-2023 [32]

El transporte por carretera supuso casi todo el uso de biocombustibles líquidos en 2022, y se prevé que su presencia disminuya sólo hasta el 98% en 2030. Las materias primas que más se emplean para producir este tipo de biocombustibles son también aceites vegetales, azúcares, almidones, con una mayor recolección de residuos de grasas y aceites. A nivel mundial, llegar a proporcionar estas materias

primas aumentaría el potencial total de suministro de biocombustibles líquidos a 9 EJ para 2030. (The role of E-fuels in decarbonising transport, IEA, December 2023).

Conseguir elevar la producción de biocombustibles por encima de los 9 EJ requeriría otras materias primas de las cuales hubiera mayor cantidad y que no supusieran un enemigo para la producción de alimentos y piensos en cuanto a las hectáreas de tierra necesarias. Entre ellas se incluyen nuevas materias primas compatibles con las tecnologías existentes que pueden cultivarse en tierras marginales o como cultivos de cobertura.

Otras materias primas orgánicas, como los residuos agrícolas y forestales, así como los residuos sólidos urbanos, ofrecen un potencial de suministro adicional, pero aún no están suficientemente desplegadas debido a su empleo en otros usos de la bioenergía. La oportunidad de expansión es muchísima, con potencialmente 40 EJ de biocombustible líquido. Evidentemente, será un requisito indispensable la inversión en nuevas tecnologías y cadenas de suministro para poder llegar a comercializar y repartir al por mayor. Hay mucho recorrido por hacer todavía, ya que, si los proyectos de biocombustibles que apoyan estas materias primas se llevan a cabo, solo contribuirían a un 4% de la producción mundial de biocombustibles.

Aunque un 4% de la producción total representa una proporción pequeña, su importancia no debe subestimarse. El éxito de la transición ecológica depende de la combinación de fuentes de energía alternativa o vectores energéticos diversos que se complementen y puedan cubrir las variadas necesidades de los diferentes transportes por carretera.

2.2.9. Ciudades referentes en sostenibilidad

Hoy en día, hay ciudades que se pueden considerar referentes en esta doble transición puesto que han llevado a cabo iniciativas que combinan la reducción de la huella de carbono, con sistemas inteligentes.

En la ciudad de Oslo, se ha creado el programa "Business for Climate Network" en el que se ha fomentado la cooperación de empresas, ciudadanos y ONGs para abordar el impacto que las operaciones comerciales tienen en el clima mediante el intercambio de ideas y esfuerzos. Con respecto a los vehículos, por una parte, han creado una infraestructura de puntos de recarga de vehículos eléctricos que ha favorecido el crecimiento de estos. Además, han dotado a los usuarios de estos vehículos con beneficios como el aparcamiento gratuito o la liberación de impuestos y cargos, y se han llevado a cabo iniciativas de carsharing como Bilkollektivet, utilizando sistemas de reservas inteligentes. Por otra parte, han prohibido el uso de vehículos en el centro de la ciudad y limitado el tráfico para favorecer el uso del transporte público, en el que se han integrado sistemas inteligentes para optimizar rutas de autobuses y tranvías, y la circulación de bicicletas, para las que han creado una infraestructura de estacionamiento en puntos clave de la ciudad. Además, más del 98% de toda la electricidad producida en Noruega proviene de fuentes hidroeléctricas, por lo que, si todos los coches en el país fueran eléctricos, solo se necesitaría el 6% de la producción de energía hidroeléctrica. [33]

Al igual que en Oslo, en Estocolmo se han llevado a cabo iniciativas similares con respecto a la apuesta por el uso de vehículos eléctricos. Además de los incentivos económicos y la infraestructura de puntos de carga, en esta ciudad se elaboró un plan de electrificación de la flota de transporte público que les ha permitido tener el 30% de la flota eléctrica. De la misma forma, también han promocionado la bicicleta eléctrica creando carriles exclusivos e instalando estaciones de recarga. La ciudad de Estocolmo planea tener una huella de carbono positiva para 2040, ya que además de liderar la transición hacia la movilidad eléctrica han realizado cambios en el sistema de transporte de residuos transportándolos bajo





tierra a un único centro de recogida, favoreciendo la movilidad urbana sostenible y utilizando sensores inteligentes que permiten monitorear el nivel de llenado. [34] [35]

En Tokio, han llevado a cabo un sistema inteligente para el mantenimiento del transporte público con un sistema de IoT (Internet of Things) que conecta trenes y raíles a la red, monitorizando su estado en tiempo real y anticipando averías y fallos. Además de fomentar el uso del ferrocarril, se han desarrollado robo-taxis y taxis conectados que adaptan el servicio tradicional asociándose con plataformas e-hailing y de conducción autónoma. Por otro lado, están trabajando en microvehículos de movilidad unipersonal y tratamientos cibernéticos ya que tienen una población cada vez más envejecida que conlleva ciertas dificultades conocidas como dificultades de movilidad de “última milla”. [36]

Otras iniciativas destacan también por su interés en movilidad sostenible, como es el caso del concepto de La ciudad de 15 minutos. París se ha convertido en el precursor de este planteamiento, en el que se propone una visión de una ciudad descentralizada, donde cada barrio opera como una ciudad en miniatura y los servicios están disponibles a no más de 15 minutos de distancia a pie, en bicicleta, o por medios similares. En Barcelona surgió otra iniciativa llamada Los Superblocks, cuyo objetivo es tanto reducir la presencia de los coches en la ciudad como devolver parte del espacio urbano a peatones, ciclistas y vecinos. Así, el tráfico queda redirigido alrededor de un perímetro, con las calles interiores reconvirtiéndose en parques o zonas peatonales.

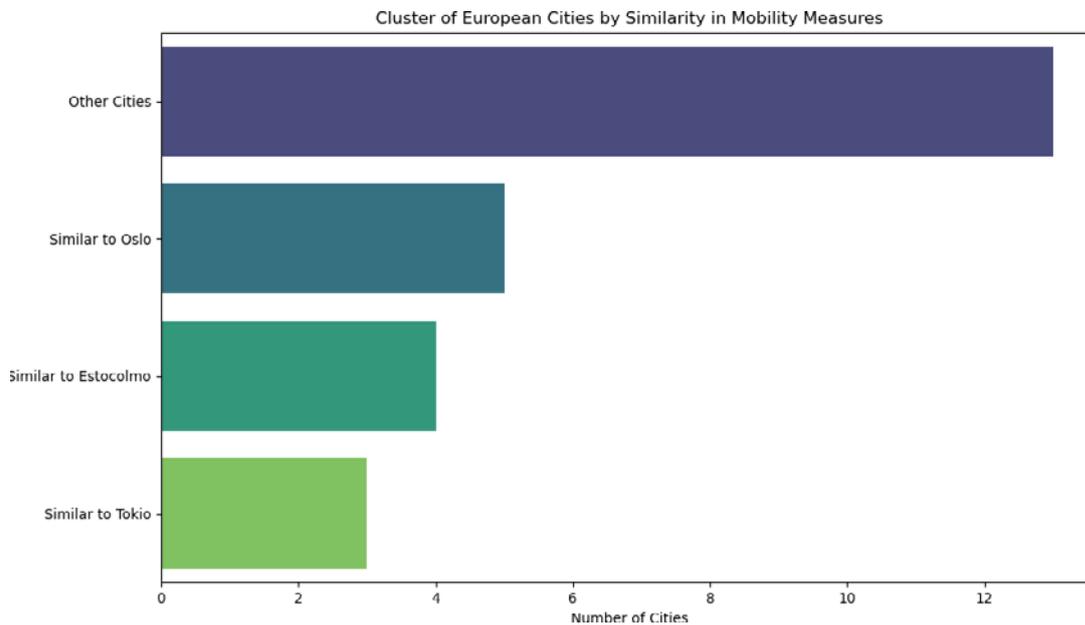
Por último, cabe mencionar que en distintas ciudades europeas se están tomando medidas similares a las ya expuestas, incluyendo la reducción del tráfico de coches, aumento del uso del transporte público y transporte activo, disminución de la comodidad y asequibilidad del automóvil, electrificación del transporte y digitalización.

Para entender mejor cómo podemos trasladar las exitosas iniciativas de movilidad sostenible y digital de Oslo, Estocolmo y Tokio a otras ciudades europeas, se ha realizado un análisis de clusters. Este análisis nos permite agrupar ciudades con características similares y así identificar oportunidades de replicar medidas efectivas. [37]

La Gráfica 21 ofrece una visión comparativa de la similitud de diversas capitales europeas respecto a las tres ciudades líderes en movilidad sostenible y digital: Oslo, Estocolmo y Tokio, igualmente se ha incluido otro cluster para aquellas ciudades que no se asemejaban a ninguna de estas tres. Esta similitud se ha evaluado en función de criterios clave de movilidad, incluyendo la infraestructura de vehículos eléctricos, iniciativas de carsharing, electrificación del transporte público, infraestructura ciclista, gestión inteligente del tráfico, integración con el transporte público, y la innovación en movilidad. Los grupos obtenidos son los mostrados en la Tabla 1.

GRUPO	CIUDADES
Similares a Oslo	Copenhage, Helsinki, Zurich, Londres, Luxemburgo
Similares a Estocolmo	Amsterdam, Bruselas, Tallin, Vilnius
Similares a Tokio	Berlín, Praga, Viena
Otras ciudades	Madrid, Lisboa, Roma, Atenas. Dublín, Varsovia, Budapest, Bratislava, Sofía, Bucarest, Zagreb, Ljubljana, Valleta

Tabla 1: Ciudades similares a las líderes en movilidad sostenible y digital. Elaboración propia



Gráfica 21: Cluster de ciudades europeas similares a las ciudades líderes en movilidad sostenible y digital. Elaboración propia.

Este análisis estadístico nos permite extraer conclusiones valiosas para la planificación y adaptación de estrategias de movilidad urbana.

Las ciudades europeas que presentan una alta similitud con Oslo y Estocolmo, tales como Copenhague, Helsinki y Zúrich, se destacan por su sólida infraestructura de vehículos eléctricos y sistemas de car-sharing. Estas ciudades están bien posicionadas para implementar medidas adicionales de movilidad sostenible. La existencia de una infraestructura de recarga bien desarrollada y la aceptación pública de vehículos eléctricos facilitan la adopción de nuevas iniciativas, tales como la ampliación de redes de recarga, la implementación de incentivos económicos adicionales y la promoción de vehículos compartidos mediante sistemas de reservas inteligentes.

Por otro lado, ciudades como Ámsterdam y Londres, que muestran alta similitud con Tokio, tienen un gran potencial para beneficiarse de la implementación de tecnologías avanzadas de movilidad. La adopción de robo-taxis y la optimización del mantenimiento mediante IoT son estrategias que Ámsterdam y Londres pueden implementar para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de su transporte público. Estos sistemas permiten no solo una mejor gestión del tráfico, sino también una reducción de costos operativos y una mayor satisfacción del usuario.

Sin embargo, algunas ciudades se encuentran en el clúster de “no similares”, indicando que actualmente no comparten muchas de las características avanzadas en movilidad sostenible y digital de Oslo, Estocolmo, y Tokio. Para estas ciudades, las estrategias deben enfocarse primero en establecer una base sólida en movilidad sostenible, como la creación de infraestructuras básicas para vehículos eléctricos y el desarrollo de sistemas de transporte público eficientes. La identificación de las brechas específicas y el aprendizaje progresivo de las ciudades líderes permitirán a estas capitales europeas avanzar en su propia transición ecológica y digital de manera más efectiva.



En conclusión, el análisis estadístico de similitudes entre ciudades europeas y las ciudades líderes en movilidad sostenible proporciona una guía clara para la implementación de medidas efectivas. Adaptar estrategias exitosas a contextos locales específicos no solo acelera la transición hacia una movilidad urbana sostenible, sino que también asegura una implementación eficiente y contextualmente relevante.

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

3.1. Propuestas

Tras realizar un exhaustivo análisis de la situación actual del sector del transporte en relación con la doble transición ecológica y digital, así como la revisión de las normativas europeas y nacionales pertinentes y estudiado distintas ciudades referentes, hemos identificado una serie de áreas clave que requieren atención y mejora. Este apartado de propuestas tiene como objetivo presentar una serie de medidas concretas y estratégicas diseñadas para abordar los desafíos identificados y fomentar un desarrollo sostenible, inclusivo y eficiente del sector transporte en Europa.

Uso de los datos para la mejora de la eficiencia en el transporte

Para tomar decisiones acerca de la infraestructura de transporte público se requieren una serie de estudios que determinan dónde hace falta ampliar la infraestructura o cuáles son los puntos más concurridos. Estos estudios resultan en el diseño, planificación y posterior inversión en la infraestructura necesaria. La apertura de nuevas líneas o modificación de los itinerarios tiene un impacto para los negocios cercanos ya que la accesibilidad a los mismos repercute directamente en sus beneficios. Es por ello por lo que se propone que el gobierno del transporte ofrezca una colaboración con las empresas afectadas, para que estas ayuden a reunir la información necesaria de los estudios y a cambio se intente que las rutas les beneficien.

Esta iniciativa tiene un impacto positivo tanto para la sociedad como para el medio ambiente, ya que se optimizan las rutas, y además la colaboración público-privada permite desarrollar una infraestructura robusta en la que parte de la financiación proviene del sector privado, puesto que los datos de los estudios proporcionados tienen un valor económico. Además, la compartición de datos sería un paso hacia delante ya que a día de hoy uno de los mayores problemas es que los datos no están centralizados y por ello el desarrollo se ralentiza.

Por otro lado, para poder invertir eficazmente en infraestructuras y promover nuevos tipos de transporte sostenible, es crucial realizar análisis y estudios de movilidad basados en datos precisos y actualizados. Esto requiere una colaboración estrecha entre empresas públicas y privadas, permitiendo la recopilación, intercambio y utilización de datos de movilidad para tomar decisiones informadas y estratégicas.

La recopilación y análisis de datos de movilidad pueden proporcionar una visión integral de los patrones de desplazamiento, identificar las necesidades de infraestructura y optimizar las rutas de transporte. Para ello, se propone establecer una plataforma centralizada donde las entidades públicas y privadas puedan compartir y acceder a datos de movilidad. Esta colaboración puede incluir información de diversas fuentes, como operadores de transporte público, aplicaciones de movilidad, empresas de logística, y proveedores de servicios de movilidad compartida.

Un ejemplo destacado de esta colaboración es el proyecto "Mobility Data Specification" (MDS) implementado en Los Ángeles, donde el Departamento de Transporte colabora con empresas privadas para recopilar y analizar datos de scooters y bicicletas compartidas. Este sistema permite a la ciudad



regular mejor estos servicios y planificar infraestructuras adecuadas. Otro ejemplo es la iniciativa “SharedStreets” en Nueva York, que crea una plataforma común para compartir datos de movilidad entre la ciudad y las empresas de transporte. Esta colaboración ha permitido a Nueva York mejorar la seguridad vial, optimizar las rutas de transporte público y gestionar mejor el tráfico. [38]

Con acceso a datos en tiempo real y unificados se podría realizar una optimización de infraestructura, pues los patrones de uso real y previsiones de demanda pueden ayudar a ser más precisos en la toma de decisiones sobre inversión en la infraestructura de transporte. Por otro lado, se podría reducir significativamente la congestión y de hecho ya lo está haciendo con el uso del Big Data en aplicaciones de rutas de movilidad como Google Maps o Waze. Además, estas aplicaciones también ayudan a mejorar la seguridad vial pues informan sobre zonas de mayor frecuencia de accidentes o de mayor peligrosidad en la carretera (ya sea por su estado o por la trazabilidad de la misma).

También se ha conseguido una mejora en la eficiencia del transporte público, ya que el uso de aplicaciones como la del Transporte Público Madrid ha permitido responder de manera más eficiente a la demanda, mejorando la frecuencia y cobertura de las rutas. Finalmente, rumbo a la sostenibilidad, la compartición de datos permite una integración más efectiva de modos de transporte sostenibles, como bicicletas y scooters compartidos, y la infraestructura necesaria para vehículos eléctricos. Como se ha comentado anteriormente, es urgente una inversión en la infraestructura de VE a fin de que se pueda extender su uso en los niveles necesarios o estimados para llegar a la transición energética.

La idea de una colaboración público-privada perfecta para compartir datos de movilidad es ideal, aunque en la práctica puede resultar utópica debido a los desafíos de coordinación, intereses divergentes y la complejidad de gestionar tal iniciativa a gran escala. Esta colaboración entre empresas privadas puede servir como un primer paso hacia una integración más amplia, facilitando la transición hacia un sistema de transporte más eficiente, sostenible y adaptado a las necesidades del futuro. [39]

Avances realizados a través del Vehículo Eléctrico

Pablo Frías Marín, coordinador del Observatorio del Vehículo Eléctrico y Movilidad Sostenible en la Universidad Pontificia de Comillas, propone un diseño de tarifas eléctricas para que el vehículo eléctrico pueda proveer flexibilidad y servicios específicos al sistema y red eléctrica. Estas tarifas deberían basarse en la medición inteligente, mediante el despliegue de contadores inteligentes que permitan medir y registrar el consumo en tiempo real, y el uso de una plataforma de gestión de datos centralizada que facilite la gestión dinámica de la demanda. La medición inteligente se traduce en señales eficientes que permiten aprovechar los excedentes de generación eléctrica y mejorar la explotación conjunta de los sistemas eléctrico y de transporte.

Con respecto a la flexibilidad de las tarifas, se propone tanto la implementación de tarifas que reflejen la variabilidad de oferta frente a demanda eléctrica e incentive la carga de vehículos eléctricos cuando la demanda sea baja o la generación renovable sea alta. Además, destacan tarifas bidireccionales llamadas V2G (vehicle to grid) que permiten recompensar a los propietarios de los vehículos eléctricos por devolver energía a la red en los picos de demanda.

Por último, para mejorar la explotación conjunta de los sistemas eléctricos y del transporte, es necesario fomentar la colaboración entre empresas eléctricas, fabricantes de VE, operadores y gobierno para que la implementación sea eficiente y sobre todo coordinada. Se propone crear algoritmos que optimicen la carga de los vehículos, maximizando el uso de las energías renovables y minimizando el coste para los usuarios, y planes de gestión de la demanda, que intenten equilibrar la red usando la flexibilidad de los vehículos eléctricos.



Esta propuesta para vehículos eléctricos presenta una serie de beneficios importantes en términos medioambientales, sociales y de gobernabilidad. La reducción de emisiones de CO₂, la mejora en la eficiencia energética y la integración de energías renovables son aspectos ambientales clave que contribuyen a la sostenibilidad. Socialmente, las tarifas flexibles y la creación de empleo son ventajas significativas que promueven la equidad y mejoran la calidad de vida. En términos de gobernabilidad, la transparencia, la colaboración público-privada y el énfasis en la innovación tecnológica son esenciales para una implementación eficaz y equitativa. En conjunto, esta propuesta no solo optimiza el uso de los vehículos eléctricos, sino que también impulsa un cambio positivo hacia un sistema energético más sostenible, equitativo y eficiente.

Carsharing

Otra iniciativa que ya se ha llevado a cabo en Oslo es el uso de reservas inteligentes para vehículos de carsharing, mencionada en el apartado 2.2.5 Ciudades referentes en sostenibilidad . Esta se podría implementar también en España, y además se podría promover el uso de vehículos eléctricos aplicando descuentos a los usuarios que opten por este tipo de vehículo. Para ello, ya existen diversas plataformas en las grandes ciudades, por lo que no habría que empezar de cero sino actualizar y/o mejorar dichas plataformas para continuar en el camino de la búsqueda de emisiones cero.

Concretamente, un ejemplo candidato a implementar ciertas mejoras en su modelo en Madrid es WiBLE, una empresa que alquila su flota de VE mediante tarifas flexibles adaptadas al tiempo de uso. Los usuarios pueden ver la disponibilidad de los vehículos en tiempo real y reservarlos según su ubicación a través de una app. Sin embargo, WiBLE no utiliza actualmente un sistema de reservas inteligentes tan avanzado como el usado en Oslo, ya que en dicha ciudad se utiliza la IA para predecir la demanda y optimizar la distribución de los vehículos. Además, en Oslo se optimiza la energía mediante un sistema de carga inteligente, coordinando la carga de vehículos eléctricos con la disponibilidad de energía renovable para maximizar el uso de fuentes de energía limpia. Por último, WiBLE hasta ahora ha operado sin una integración significativa con otros modos de transporte. Sin embargo, se sabe que, en Oslo gracias a la integración con medios como bicicletas compartidas y transporte público, han promovido un ecosistema de movilidad urbana completo y sostenible.

Es decir, la implementación de sistemas inteligentes para vehículos de carsharing tiene el potencial de revolucionar la movilidad urbana hacia un modelo más sostenible y eficiente. A nivel medioambiental tiene un impacto positivo ya que la optimización del uso de los vehículos reduce la contaminación y emisiones de CO₂, debido a la reducción del tráfico, lo que supone a su vez beneficios para la salud, tanto a nivel de estrés como de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Además, la implementación de sistemas de carga inteligentes contribuye a la mejora de la eficiencia energética.

A nivel social se alcanzaría una mayor accesibilidad y conveniencia debido a la mejora de la disponibilidad de los vehículos. Además, la accesibilidad a vehículos de carsharing, especialmente si se promueven descuentos para vehículos eléctricos, puede beneficiar a personas con menos recursos económicos, permitiéndoles acceder a un medio de transporte asequible y sostenible. Por último, con respecto a la gobernanza, sería conveniente que se desarrollaran políticas y regulaciones que apoyen el carsharing mediante incentivos para el uso de vehículos eléctricos y la integración con el transporte público. Además, debería velar por que el sistema sea adaptable a futuros cambios para ser una opción de transporte viable y sostenible en el largo plazo.



Hidrógeno

Para que el hidrógeno se pueda instaurar como un combustible accesible y disponible, es necesario realizar un estudio previo que permita saber cuáles son los transportes en los que el uso de este combustible es viable. Tras la investigación realizada en este informe, se ha visto que en el transporte de largas distancias sería una opción, ya que para este tipo de vehículos la electrificación no es posible debido al tamaño de las baterías y a la falta de infraestructura de recarga eléctrica. Hay empresas privadas que ya están invirtiendo en esta tecnología, pero al ser privadas la accesibilidad es muy limitada. Se propone aumentar la accesibilidad mediante la colaboración entre empresas con intereses similares a lo largo de la cadena de suministro, lo que permitiría repartir los riesgos de las inversiones. Un ejemplo de esto en España es el operador logístico Grupo Primafrio, que cuenta con un programa de renovación de flota de transporte anual. Han introducido modalidades de transporte propulsados por GLN, camiones eléctricos o transporte intermodal. Y aunque el hidrógeno no sea uno de los combustibles que utilizan hoy en día, se han participado en un proyecto liderado por Iberdrola para la construcción de una planta de hidrógeno verde en la región de Murcia.

Además, se proponen los puertos gasistas como lugares donde aprovechar el uso de este combustible, ya que su infraestructura y acceso a las redes de distribución son lugares ideales para la instalación de hidrogeneras. En esa misma línea, estos puertos suelen estar cerca de zonas industriales y centros de transporte, lo que facilita el suministro y la demanda.

Educación

Por otra parte, consideramos que la educación está en la base de todo progreso, y esto incluye esta doble transición. Los incentivos mencionados, la necesidad de inversión o la regulación de la digitalización son iniciativas muy necesarias, pero no hay que olvidar que la sociedad juega un papel decisivo. Todo individuo concienciado con el medio ambiente acogerá las medidas propuestas por el gobierno e incluso podrá incentivar a su entorno para hacer que esta transición se desarrolle de la mejor manera posible. La colaboración ciudadana, de cada individuo, genera un impacto que puede ser positivo o negativo. Se propone entonces educar para que a la hora de que un individuo tome una decisión tenga la información necesaria para que esa decisión tenga un impacto positivo. Ejemplos de estas decisiones pueden ser tan simples como elegir el modo de transporte con el que desplazarse o apoyar a empresas con certificados de sostenibilidad.

Por otro lado, estos mismos individuos que toman decisiones en su vida personal son los mismos que toman decisiones en su vida laboral. Si las empresas se componen de individuos concienciados, se verá reflejado en el código ético de la empresa ese interés en el medio ambiente, lo que hará que a la hora de invertir en la digitalización para la transición ecológica o de desarrollar estrategias de sostenibilidad haya beneficios que vayan más allá de los económicos.

Por lo tanto, esta propuesta a nivel medioambiental tiene un impacto positivo, ya que, al informar a los individuos, estos tienen una capacidad mayor para tomar decisiones responsables en las que se intente reducir las emisiones o se promueva el uso de energías renovables. A nivel social se mejoraría la calidad de vida de los individuos mediante la realización de prácticas más sostenibles, además de tener un mayor acceso a la información. Esto podría también tener beneficios con respecto a la compartición de datos entre empresas, puesto que al estar concienciado es más probable que se busque la colaboración para llegar a los objetivos ambientales. En términos de gobernanza, se promovería la transparencia, la colaboración y la participación de los ciudadanos, fomentando la innovación y adaptabilidad en las empresas.



Vehículos autónomos

Los vehículos autónomos pueden revolucionar el transporte y la movilidad entendida hasta ahora, sin embargo, su expansión necesita ir de la mano de un cambio de paradigma por parte de los usuarios pues actualmente la mayoría prefieren conducir un coche por sí mismos a ser llevados de manera autónoma. Esta tecnología está en auge ahora mismo y existen grandes cantidades de inversión destinadas a ella, pero no puede avanzar al ritmo inicialmente esperado pues en la actualidad la manera de introducirlos sería combinar en el parque automovilístico tanto vehículos de conducción manual como vehículos autónomos. Esto supone un impedimento, pues el vehículo autónomo es incapaz de predecir los movimientos que va a realizar aquel vehículo conducido por una persona. De todas formas, ya existen ciertas funcionalidades autónomas en los coches actuales como puede ser la velocidad de cruce o que el propio coche reconduzca su trayectoria al percibir que se ha pisado la línea límite de este carril y andén.

La introducción de este tipo de vehículos permitiría mejorar con creces la seguridad vial y, por lo tanto, el número de accidentes pues todos los coches estarían conectados entre sí. Por otro lado, si llegase a cambiarse la flota de coches por completo esto supondría un cambio total en la infraestructura de las ciudades ya que el coche depositaría al pasajero en su lugar de destino y podría irse a aparcar a las afueras de la ciudad a parkings externos.

La accesibilidad al transporte por carretera también puede ver un gran avance gracias al desarrollo de este tipo de tecnología, pues los vehículos autónomos podrán permitir que personas con movilidad reducida se puedan desplazar solas en vehículo privado. En cuanto a la accesibilidad al vehículo autónomo en términos económicos, actualmente es una tecnología excesivamente cara para estar al alcance del usuario individual, sólo pudiendo gozar de ella las grandes empresas privadas.

3.2. Conclusiones

La principal conclusión a la que se ha llegado tras este estudio es que no se trata de una transición que se deba enfocar en una sola dirección, sino de una transición que tendrá que contar con distintos “**multivectores**” o recursos dependiendo de los distintos tipos del transporte. Incluso dentro del transporte de carretera habrá que diferenciar en distintos grupos, ya que los combustibles a utilizar dependen de características como la distancias, dimensiones de los vehículos y disponibilidad y accesibilidad de dichos combustibles.

En el transporte por carretera, siempre que se pueda electrificar, convendría hacerlo puesto que es la opción más rentable económicamente hablando. Esta electricidad en el camino a la transición convendría que proviniese de fuentes renovables o, en caso de que no sea posible, con gas natural. Para los casos en los que la electrificación no sea una opción, como en el caso de los vehículos pesados que recorren largas distancias, será necesaria la utilización del hidrógeno. Con respecto a los biocombustibles, se espera que debido a su condición de escasez sea una alternativa que no estará al alcance de la sociedad como tal, sino de grupos específicos.

Además, para llevar a cabo la transición ecológica será fundamental el uso de la herramienta de la digitalización, ya que la integración de tecnologías digitales en el transporte puede facilitar la reducción de emisiones GEI, optimizar el uso de recursos y promover prácticas más sostenibles. Sin embargo, la regulación con respecto a la digitalización y la sostenibilidad en el transporte aún no ha sido desarrollada del todo, lo cual ralentiza el cambio y la implantación de nuevas medidas.

Por otro lado, para alcanzar los objetivos establecidos por la Unión Europea y avanzar hacia una **movilidad más sostenible, es primordial establecer una regulación adecuada tanto a nivel local como nacional**. En el ámbito nacional y de la Comunidad Europea, se pueden promover



modelos de movilidad que aseguren la eficiencia energética en el transporte, la seguridad en el suministro y la independencia energética. A nivel local, existe la potestad de regular aspectos relacionados con la movilidad y el medio ambiente, siempre en consonancia con las normativas de mayor jerarquía. En consecuencia, las políticas locales se enfocan en garantizar la calidad ambiental, estableciendo restricciones en determinadas áreas para alcanzar dicho objetivo.

A su vez es necesaria una coordinación entre el sector público y el privado. El sector público tendrá que tomar el papel de liderazgo en esta doble transición reduciendo riesgos e incentivando al sector privado. Estos incentivos son fundamentales, pues las empresas son las únicas capaces de aportar la inversión necesaria para estimular las nuevas iniciativas digitales y sostenibles.

3.3. Futuros pasos

Este estudio ha tenido una duración limitada por lo que hay ciertos puntos relevantes sobre los que se podría investigar. En primer lugar, sería necesario realizar un análisis económico donde se cuantificarán tanto los costes como los beneficios del uso de cada uno de los combustibles, de la creación de toda la infraestructura necesaria para los vehículos eléctricos y vehículos propulsados por hidrógeno, y de la digitalización de sistemas ya existentes en comparación con nuevos sistemas. En segundo lugar, se recomendaría estudiar la viabilidad de cada una de las propuestas en detalle para así poder realizar un análisis completo de los impactos sociales, económicos y ambientales. Y, por último, se debería extender el análisis realizado en el transporte por carretera a todos los tipos de transportes para completar la visión completa del sector y estudiar la relación entre estos modos de transporte.

4. REFERENCIAS

- 1 <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/15216629/18384997/KS-HE-23-001-EN-N.pdf/65eb90bc-4856-f6a5-b12f-cf87854587f7?version=4.0Ct=1707145038133>
- 2 <https://www.statista.com/statistics/1418719/transport-energy-consumption-european-union-eu/#%3A~%3Atext%3DThe%20final%20energy%20consumption%20of%2Cdrop%2013%20percent%20in%202020>
- 3 <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/transport/transport-eu.pdf>
- 4 <https://otle.transportes.gob.es/inform/es/2020/sostenibilidad-ambiental/-consumo-y-eficiencia-energetica/consumo-energetico-del-transporte>
- 5 <https://www.transportenvironment.org/state-of-transport>
- 6 <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/greenhouse-gas-emissions-from-transport>
- 7 <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/emissions-of-air-pollutants-from>
- 8 [EGD_brochure_ES.pdf \(europa.eu\)](#)
- 9 [Reparto del esfuerzo 2021-2030: objetivos y mecanismos de flexibilidad - Comisión Europea \(europa.eu\)](#)
- 10 [FTU_2.4.8.pdf \(europa.eu\)](#)
- 11 [Directiva Europea de Energías Renovables | Idae](#)
- 12 [EPRS_ATA\(2022\)729451_ES.pdf \(europa.eu\)](#)
- 13 <https://www.transportenvironment.org/state-of-transport>



- 14 [Directiva \(UE\) 2023/2661 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de noviembre de 2023, que modifica la Directiva 2010/40/UE por la que se establece el marco para la implantación de los sistemas de transporte inteligentes en el sector del transporte por carretera y para las interfaces con otros modos de transporte \(boe.es\)](#)
- 15 [COM_COM20230653_es.pdf \(europa.eu\)](#)
- 16 [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Oil_and_petroleum_products_-_a_statistical_overview&Fuels_in_road_transportt](#)
- 17 [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Oil_and_petroleum_products_-_a_statistical_overview](#)
- 18 [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Oil_and_petroleum_products_-_a_statistical_overview&Fuels_in_road_transport](#)
- 19 [https://www.iea.org/regions/europe/natural-gas](#)
- 20 [https://petropunto.com/evolucion-del-mercado-de-gas-natural-tendencias-actuales/](#)
- 21 [https://www.comillas.edu/noticias/el-transporte-pesado-emite-menos-si-es-verde/](#)
- 22 [https://petropunto.com/evolucion-del-mercado-de-gas-natural-tendencias-actuales/](#)
- 23 [Vehículos eléctricos: matriculaciones en España 2013-2023 | Statista](#)
- 24 [Vehículo eléctrico: situación actual y perspectivas futuras \(comillas.edu\)](#)
- 25 [Por qué el futuro del automóvil es eléctrico | McKinsey](#)
- 26 [Verde, azul o negro: los distintos tipos de hidrógeno - Mapas de El Orden Mundial - EOM](#)
- 27 [https://elperiodicodelaenergia.com/la-burbuja-del-hidrogeno-verde-se-desinfla-en-europa/](#)
- 28 [Hidrógeno verde: claves de presente y futuro \(group.sener\)](#)
- 29 [Informe Catedra estudios sobre el hidrógeno Comillas](#)
- 30 [https://www.segulatechnologies.com/es/news/produccion-transporte-almacenamiento-e-industrializacion-principales-retos-tecnologicos-del-hidrogeno-en-europa/](#)
- 31 [https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/combustibles-renovables/index.c.shtml](#)
- 32 [https://www.iea.org/reports/the-role-of-e-fuels-in-decarbonising-transport](#)
- 33 [Oslo: soluciones ecológicas y sostenibles que se adaptan a entornos urbanos habitables | Idae](#)
- 34 [Estocolmo lidera la transformación hacia la movilidad eléctrica en busca de un futuro sostenible – utopiaurbana.city](#)
- 35 [¿Cómo funciona Estocolmo: la ciudad más inteligente del mundo? | Euronews](#)
- 36 [Estocolmo lidera la transformación hacia la movilidad eléctrica en busca de un futuro sostenible – utopiaurbana.city](#)
- 37 [PEE-171_-BERRONE.pdf \(funcas.es\)](#)
- 38 [SharedStreets](#)
- 39 [what-is-mds-cities.pdf \(lacity.gov\)](#)

4

ENDESA**Análisis de Automatización de líneas de distribución de media tensión**

Alumnos: Pablo Blanco Barrón,
Rocío Colomina Muñoz,
Agustín Escolano Zavala,
Carlos Raventós Monegal



1. INTRODUCCIÓN / DESCRIPCIÓN / OBJETIVO DEL RETO

Endesa ha propuesto analizar la automatización de líneas de distribución de media tensión. Para ello, se profundará en las normativas actuales que rigen la aparamenta, en concreto los detectores de paso de falta (tanto global como local) y las protecciones para la celda de media tensión, evaluando posibles alternativas de proveedores, para que la empresa patrono tenga una variedad más amplia y se reduzca la dependencia.

2. EVOLUCIÓN / DESARROLLO DEL PROYECTO

El reto presentado por Endesa consiste en llevar a cabo una investigación del estado de automatización de líneas de distribución secundaria de media tensión. En el contexto actual de rápida evolución tecnológica y creciente demanda energética, la automatización de las líneas de distribución de media tensión es un factor clave para mejorar la eficiencia, fiabilidad y sostenibilidad de los sistemas eléctricos.

La automatización en las redes de distribución permite una gestión más inteligente y efectiva de la infraestructura eléctrica, facilitando la integración de fuentes de energía renovable, mejorando la calidad del suministro y reduciendo los tiempos de respuesta ante fallos. Además, la implementación de tecnologías avanzadas, como los sistemas de control y monitoreo remoto, se traduce en una operación más segura y eficiente, contribuyendo a la reducción de costes operativos y a la minimización del impacto ambiental.

En un escenario global donde la transición energética hacia fuentes limpias y sostenibles es imperativa, la optimización de las redes de distribución de media tensión mediante la automatización se convierte en una necesidad urgente. Al mejorar la capacidad de respuesta y la resiliencia de las redes, se potencia la seguridad energética y se promueve un desarrollo sostenible. Por ende, esta investigación aporta un valor significativo tanto para el avance tecnológico del sector eléctrico como para el bienestar socioeconómico general.

2.1. Objetivo del reto

El objetivo del reto se basa en encontrar nuevos modelos de detectores de falta local y global y de protecciones en celdas de media tensión que satisfagan las normativas presentes y consigan ayudar a la empresa patrono a la automatización de las redes de media tensión.



2.2. Metodología

Se dedicó la primera semana del reto a revisar de forma general del estado de la automatización en las redes de media tensión. Tras la primera reunión con la empresa patrono, Endesa, se reenfocó la búsqueda de 3 dispositivos distintos: detectores de paso de falta global, detectores de paso de falta local y protecciones para celdas de media tensión. Cada uno de estos dispositivos debía cumplir con una serie de normativas dictadas por el grupo Enel, al que Endesa pertenece.

Es por ello por lo que se comenzó la búsqueda haciendo un estudio de la norma, estructurándola en aquellos aspectos más relevantes para cada uno de los sistemas. En la primera búsqueda de proveedores, se encontraron fabricantes de compañías globalmente reconocidas como ABB, Siemens, o Schneider Electric.

Una vez concluido este primer estudio, se presentaron los resultados en una segunda reunión con la empresa patrono, y se acordó centrar los esfuerzos en buscar proveedores menos renombrados, con sede en Europa, para así poder reducir costes en transportación. Además, se recalcó la importancia de la compatibilidad de los dispositivos con los LPIT (Low-Power Instrument Transformer) según las normas IEC.

Tras el primer filtro de selección de los equipos, se procedió a contactar con los fabricantes que tenían más características en común con la norma, para chequear algunas de las desviaciones de las especificaciones, con la desviación más común siendo la compatibilidad con los LPIT según la norma IEC 61869-10/11.

2.3. Estado del arte de los sistemas de automatización en MT

Las primeras semanas se comenzó con una investigación general sobre el estado actual de automatización de la Red Eléctrica. En concreto, se profundizó en la automatización de líneas de distribución secundaria de media tensión. A continuación, se destacan algunas de las tecnologías más recientes en este campo:

- **Sistemas de control y Supervisión distribuidos (DCS):** Los DCS permiten una supervisión y control más precisa de la red mediante la distribución de la inteligencia de control a lo largo de la red. Integran sensores y actuadores para monitorear y ajustar el flujo de energía en tiempo real.
- **Smart Grids:** Las redes inteligentes incorporan tecnologías de comunicación avanzada y algoritmos de análisis de datos para mejorar la eficiencia y la fiabilidad de la red eléctrica. Facilitan la integración de fuentes de energía renovables y la gestión de la demanda.
- **Internet de las cosas (IoT):** permite la conexión de dispositivos y sensores en la red eléctrica, proporcionando datos en tiempo real que mejoran la capacidad de respuesta y el mantenimiento predictivo.
- **Inteligencia artificial y Machine Learning:** La IA y el aprendizaje automático se utilizan para predecir fallos, optimizar el flujo de energía y mejorar la toma de decisiones operativas mediante el análisis de grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real.
- **Sistemas de protección:** Los sistemas de protección actuales incorporan relés digitales inteligentes, que utilizan algoritmos avanzados para detectar condiciones anómalas y actuar de manera rápida y precisa. Además, la implementación de la norma IEC 61850 ha permitido una mayor interoperabilidad y eficiencia en la comunicación entre dispositivos de protección, facilitando una gestión más integrada y eficaz de la red.



2.4. Detectores de paso de falta global

El detector de paso de falta global es un aparato que se encarga de la detección de fallas en sistemas de media tensión, especialmente faltas a tierra. Para confirmar una falta a tierra a través de unos sensores externos se detecta si se cumplen las siguientes condiciones de manera simultánea durante al menos 80ms; VO e IO deben ser mayores que un umbral predefinido (VO_UMBRAL, IO_UMBRAL), y el ángulo entre VO e IO debe estar dentro de un sector determinado previamente. Este sistema se utiliza para mejorar la confiabilidad y eficiencia de la red eléctrica, permitiendo una rápida identificación y respuesta a las fallas. El dispositivo está diseñado para operar en subestaciones secundarias con diferentes configuraciones de neutro (aislado, compensado, etc.).

Además, el funcionamiento del sistema RGDAT A-70/C se centra en los siguientes puntos clave. Se detectan las faltas a tierra a través de la medición de la intensidad de secuencia cero (corriente residual que fluye a través de la tierra), la medición de la tensión de secuencia cero (tensión residual presente en el sistema) y el ángulo de VO e IO. La detección de los cortos entre fases se realiza a través de la medición de sobrecorrientes en las fases. Toda esta señalización local y remota se realiza a través de LED y contactos de relé, que envían señales a la RTU (Unidad Terminal Remota) local de la subestación y al Centro de Control. Además, puede ser configurado y gestionado a distancia, permitiendo la redirección manual o automática de los detectores de faltas desde el Centro de Control.

Este aparato está compuesto por distintos componentes que le permiten llevar a cabo todas las funciones listadas. La unidad electrónica procesa las señales medidas y ejecuta las funciones de detección. También cuenta con tres sensores de corriente que se instalan alrededor de los cables de fase (sensores CT abribles). Para la detección de tensión tiene un conector estándar de 6 polos.

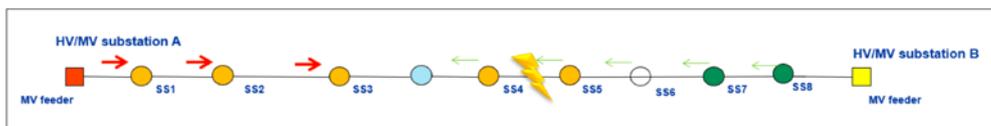


Ilustración 1. Funcionamiento de un detector de paso de falta global. Fuente: Endesa

Para garantizar el correcto funcionamiento del RGDAT y la correcta convergencia al modelo Enel de automatización es necesario el uso de la direccionalidad en los RGDAT y poder configurar su dirección a distancia.

Esta configuración a distancia debe desarrollarse en SAC:

- El operador, de forma manual, redirecciona los RGDAT.
- El SAC lo redirecciona de forma automática.

En resumen, los detectores de paso de falta globales son sistemas sofisticados que permiten la detección y gestión de fallas, especialmente faltas a tierra, permitiendo la supervisión y el control eficiente de la red eléctrica.

Las especificaciones más importantes para estos dispositivos de protección incluyen: funcionalidad y compatibilidad electromagnética. Estos dispositivos han de operar en temperaturas de -25°C a $+70^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de 0% a 95%, a altitudes de 0 a 3000 m, y presiones atmosféricas de 67 a 106 kPa. La carcasa está hecha de acero o material metálico equivalente, con dimensiones inferiores a 250x200 mm y un nivel de protección IP31. Han de cumplir con normas IEC para compatibilidad electromagnética y pruebas ambientales. Funcionalmente, tienen que detectar sobrecorrientes de fase y corrientes resi-



duales, señalar la presencia/ausencia de tensión en líneas de media tensión, incluir autodiagnóstico, registro de eventos (mínimo 100 eventos con referencias de tiempo), y una interfaz serial RS232 para configuración y monitoreo.

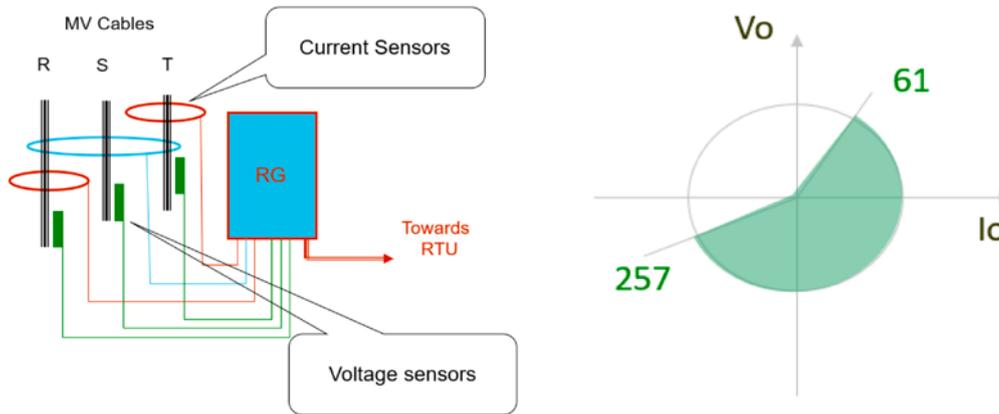


Ilustración 2. Explicación del funcionamiento de los sensores de voltaje y corriente. Fuente: Endesa.

Partiendo de la normativa de Enel aportada por la empresa patrono, Endesa, se eligieron los mejores candidatos, aquellos que encajan con más especificaciones. Se ha de tener en cuenta que no se tenía acceso a los manuales de muchos aparatos y no se pudieron comprobar todas las condiciones. En las siguientes tablas no aparecen los dispositivos que Endesa usa en la actualidad y, finalmente, los sensores seleccionados son los mostrados, donde también se muestran las desviaciones respecto a la normativa requerida.

Fabricante	ELSETA	INGETEAM	SIEMENS
Modelo	IOMod FPI	INGEPAC™ LP VT y INGEPACT™ LP CT	SICAM FPI
Dimensiones	119 x 17.5 x 101 mm	LP VT: 248 ± 1 mm (largo), LP CT: 195 mm (diámetro externo)	250x200 mm
Alimentación	9-33 VDC	No especificado (alimentación pasiva)	24V DC ± 20%
Medidas de intensidad	Tres corrientes de línea, corriente residual	-	Tres corrientes de línea, corriente residual Compatible hasta 20 kA
Medidas de tensiones	Tres tensiones de línea, tensión homopolar	-	Tres tensiones de línea, tensión homopolar 10-36 kV
Documentos	[1] IOMod FPI – Fault pasage indicator Elseta	[2] Sensor de tensión INGEPACT™ LP VT 24A Ingeteam	[3] SICAM FPI - Detector de paso de falla - Global eBusiness - Siemens WW
Desviaciones	Nivel de altitud, presión atmosférica y material IP20	Registro de eventos, interfaz RS232, autodiagnóstico, pruebas ambientales. Montaje altitud humedad relativa y presión atmosférica Material	Ninguna
¿Válido?	Sí	Sí	Sí

Tabla 1. Comparación de los detectores de paso de falta global válidos. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 3. Detectores de paso de falta que cumplen las especificaciones (IMod FPI Elseta y Siemens SICAM FPI, respectivamente).

Los detectores de la siguiente tabla son aquellos en los que no se pudo verificar su cumplimiento de las normas IEC 61869 – 10 e IEC 61869 -11. En algunos casos, la compañía afirmaba que sus sensores seguían la norma o existían otros aparatos, de los mismos proveedores, que la verificaban. Sin embargo, al no tener la información necesaria, no se pudieron aceptar como válidos, a pesar de que, tras un posible contacto con las compañías, también se puedan presentar como opciones válidas.

Fabricante	ABB	ARTECHE	SCHNEIDER ELECTRIC	GE VERNOVA
Modelo	ABB RIO600	smART RC Plus (es un recloser)	Easergy T200	Multilin 850
Dimensiones	146 x 81 x 46 mm	123 kg	No especificado	No especificado
Alimentación	24-240 V AC/DC	24-48 VDC, 125-230 VAC	24-48 VDC, 125-230 VAC	24-48 VDC, 110-250 VDC / 110-230 VAC
Medidas de intensidad	Tres corrientes de línea, corriente residual. Compatible hasta 20 kA	Tres corrientes de línea, corriente residual. Compatible hasta 20 kA	Medida de corrientes en cada fase, corriente homopolar	Medida de corrientes de fase, corriente homopolar, sobrecorrientes instantáneas y de tiempo (50P, 51P, 50N, 51N)
Medidas de tensiones	Tres tensiones de línea, tensión homopolar 10-36 kV	Tres tensiones de línea, tensión homopolar 10-36 kV	Medida de tensión monofásica o trifásica	Medida de tensiones de fase y neutro, sobre-voltajes (27P, 59P, 59N)
Documentos	[4] RIO600_pg_757487_ENL.pdf (abb.com)	[5] Restaurador trifásico smART RC Artech	[6] Easergy T200 P (série 3) Manual del usuario Schneider Electric	[7] 850 Feeder Protection System - Manuales (governova.com)
Desviaciones	Material, montaje, dimensiones e IEC Humedad relativa, nivel de altitud, presión atmosférica, nivel de protección, IP20	Montaje, autodiagnóstico, humedad relativa, altitud, presión atmosférica. Temperatura de operación y dimensiones	Dimensiones y registro de eventos	Nivel de altitud, presión atmosférica, montaje, dimensiones IP 20
¿Válido?	No	No	No	No

Tabla 2. Comparación de los detectores de paso de falta global que cumplen algunas especificaciones.

Fuente: elaboración propia.



Ilustración 4. Detectores de paso de falta que cumplen algunas especificaciones (Artech Smart RC y ABB RIO600, respectivamente).

Otros proveedores encontrados, pero de los que no había suficiente información disponible como para verificar la normativa, se pueden encontrar en los manuales de Thytronic, Nortroll, Ducati Energía, Safegrid Grayhawk, SEL y ZIV.

2.5. Detectores de paso de falta local

Los detectores de paso de falta local son dispositivos críticos utilizados en redes eléctricas de media tensión para identificar y localizar fallas en el sistema. Estos dispositivos juegan un papel vital en la mejora de la fiabilidad y eficiencia de la red eléctrica al permitir una detección rápida y precisa de fallas, lo que a su vez reduce el tiempo de inactividad y los costes asociados con la reparación y mantenimiento.

La función principal de los detectores de paso de falta local es identificar fallas no direccionales en la red subterránea de MT, como cortocircuitos y fallas a tierra. Permiten la rápida localización de la falla, facilitando una respuesta inmediata para minimizar el impacto en el suministro eléctrico. Además, ayudan a automatizar la detección de fallas, lo que reduce la necesidad de inspecciones manuales y acelera la resolución de problemas. Estos dispositivos proporcionan monitoreo continuo del estado de



la red, permitiendo la gestión remota y la supervisión en tiempo real. Mejoran la seguridad operativa al aislar rápidamente las áreas afectadas por una falla, evitando daños mayores y protegiendo al personal y equipos, y aumentan la fiabilidad del sistema eléctrico al garantizar una rápida recuperación del servicio después de una interrupción.

La empresa patrono, Endesa, propuso buscar modelos alternativos al que ya tenían en uso, el modelo CableTroll 2330 de Nortroll. Los nuevos modelos debían cumplir con los requisitos establecidos en la norma ET 160286. Este documento establece que los equipos deben indicar faltas no direccionales en la red subterránea de MT, ser compatibles con sistemas de telecontrol como el Endesa NZC002, operar con 230 VAC / 48 Vcc con batería interna, y tener un consumo de energía inferior a 3W en ausencia de fallas. Además, no deben necesitar sensores adicionales de tensión, deben contar con TIs ajustables, operar en un rango de temperatura de -25°C a $+70^{\circ}\text{C}$ y hasta 95% de humedad relativa, detectar la ausencia de alimentación VAC, incluir protección contra sobrecorriente, y utilizar LEDs y contactos digitales para la señalización y ser capaces de enviar datos en tiempo real.

Estos modelos son parcialmente válidos, pero no podemos concluir que sean válidos al 100% debido a que hay condiciones de la norma ET 160286 que no se pueden verificar y necesitan la verificación por parte del fabricante. A continuación, se presenta una tabla con los distintos modelos alternativos encontrados, incluyendo algunas de sus características técnicas y las desviaciones de cada dispositivo con la norma.



Ilustración 5. Detector de paso de falta local base (Cable-Troll 2330). Fuente: Endesa.



Fabricante	SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES			
Modelo	SEL-AR360 para redes aéreas	SEL-AR para redes aéreas	SEL-ARU para redes subterráneas (Existe la opción de un SEL-ARU con fibra óptica remota, para una acción más rápida (5/16" fiber-optic display holes)	SEL-751A; Relé de protección de alimentadores MT
Dimensiones	Rango de sujeción del diámetro exterior 4,12 – 38,10mm (0.162" to 1.50")	Rango de sujeción del diámetro exterior 4,12 – 38,10mm (0.162" to 1.50")	Standard: 19 – 53mm (0.75" to 2.10") Núcleo grande (opcional): 46 – 64 mm (1.8" to 2.5")	192 x 288 x 209 mm
Alimentación	3.6 V, alta capacitancia, 17 Ah litio 20 años de vida útil	3.6 V, alta capacitancia, 8.5 Ah litio 20 años de vida útil	Alimentación de la corriente de la carga monitoreada, reduciendo el coste de mantenimiento	230 VAC / 48 Vcc
Medidas de intensidad	50 a 1,200 A	50 a 1,200 A	50 a 1,200 A	1A a 5A
Medidas de tensiones	4.16 – 34.5kV	4.16 – 69kV	Igual a la clase de voltaje del cable subterráneo	Hasta 36 kV
Documentos	[8] <u>Manual AutoRANGER</u>	[8] <u>Manual AutoRANGER</u>	[8] <u>Manual AutoRANGER</u>	[9] <u>SEL-751A</u>
Desviaciones	-	-	-	-
¿Válido?	Parcial	Parcial	Parcial	No

Fabricante	EATON CORPORATION	SCHNEIDER ELECTRIC		ELECTRO INDUSTRIES / GAUGETECH
Modelo	S.T.A.R. PathFinder; Indicador de fallas para cables subterráneos de MT	Easergy Flair 21D-22D-23D-23DM	Easergy Flite 116-SA, Easergy Flite G200	Nexus® 1252; Medidor avanzado de calidad de energía con detección de fallas
Dimensiones	120 x 80 x 70 mm (aprox.)	36 x 90 x 70 mm	36 x 90 x 70 mm	177 x 285 x 254 mm
Alimentación	Batería interna, 2A mínima para operar. Máxima tensión operativa de 45KV L-L	Autoalimentado; 23DM-Dual (24-48 VDC / Autoalimentado)	Línea / Batería interna (Batería de Litio)	120/240 VAC o 24/48 Vcc
Medidas de intensidad	10A a 2000A	Ajustable	Ajustable	1A a 5A
Medidas de tensiones	2.0 A mínima continua para operar Máxima tensión operativa de 45 kV L-L.; Detecta ausencia de tensión	Hasta 36 kV	De 7 a 36 kV	Hasta 36 kV
Documentos	[10] <u>S.T.A.R. PathFinder</u>	[11] <u>Easergy Flair 21D-22D-23D-23DM</u>	[13] <u>Easergy Flite 116-SA;</u> [14] <u>Easergy Flite G200</u>	[12] <u>Nexus 1252</u>
Desviaciones	-	-	-	-
¿Válido?	Parcial, verificación	No, están autoalimentados	Parcial, verificación	No

Fabricante	ELEKTROLITES	NORTROLL	HORSTMANN GMBH
Modelo	Elektrolites FPI	CableTroll 2350	Compass B 2.0
Dimensiones	36 x 90 x 70 mm	130 x 100 x 60 mm	36 x 90 x 70 mm
Alimentación	Autoalimentado, LoRaWAN o RF	Batería de litio o 9-48V DC	Batería interna
Medidas de intensidad	Ajustable, sobre-corriente y falla a tierra	Fallas de fase a tierra.: 5-240 A, fallas de fase a fase: 300-1000 A	20-1200 A
Medidas de tensiones	De 3.3 kV a 66 kV	De 6 a 36 kV	Hasta 36 kV
Documentos	[15] <u>Elektrolites FPI</u>	[16] <u>Cable Troll 2350</u>	[17] <u>Horstmann ComPass B 2.0</u>
Desviaciones	-	-	-
¿Válido?	No, están autoalimentados	Parcial, verificación, no se desvía mucho de la opción base: Cable-Troll 2330	Parcial, verificación

Tabla 3. Comparación de los detectores de paso de falta local con las especificaciones. Fuente: elaboración propia.



2.6. Protecciones para celdas de MT

Las protecciones de celdas de media tensión secundarias son esenciales para garantizar la seguridad y la continuidad del suministro eléctrico en sistemas de distribución. La automatización de estas protecciones mejora significativamente la respuesta a fallas, permitiendo una detección y desconexión rápida y precisa de las áreas afectadas. Esto no solo reduce el tiempo de inactividad y los costes asociados a reparaciones, sino que también aumenta la seguridad operativa y la fiabilidad del sistema eléctrico en su conjunto.

La empresa patrono, Endesa, propuso buscar fabricantes alternativos a los que ellos tenían localizados para protecciones en celdas de media tensión secundarias. Estos equipos, aunque aún no están desplegados en E-distribución, son los equipos globales RGDM (Remote Grid Digital Monitoring) de Tesmec y Thytronic. Estos y sus funcionalidades fueron usados como referencia para localizar los nuevos fabricantes, asegurándose también de que cumplieran con la norma GSTP011 Ed.1 y GSCT005 Ed.2 y que fueran compatibles con los LPIT según norma IEC 61869-10/11.



Ilustración 6. Equipos RGDM de Tesmec y Thytronic

Estos equipos ofrecen diversas funcionalidades importantes para la protección y gestión de activos eléctricos. Aquí se presenta un resumen de sus características y especificaciones más importantes:

- Funciones estándar de protección y control como sobrecorriente de fase, sobrecorriente residual máxima, control de reenganche automático.
- Protección direccional de sobrepotencia activa y detección de fallas a tierra.
- Análisis de transitorios de fallas y capacidades de telecontrol.
- Monitoreo continuo del estado de la red y control automático para localización y aislamiento de fallas.
- Funciones de control de presencia/ausencia de tensión y control de sincronismo.
- Con puertos Ethernet para comunicación avanzada.



La siguiente tabla resume las opciones encontradas incluyendo algunas de sus características técnicas y las desviaciones de cada dispositivo con la norma.

En primer lugar, aparecen las opciones de los fabricantes más grandes y, después, se encuentran los fabricantes de menor alcance.

Fabricante	SIEMENS	SIEMENS	ABB	SCHNEIDER ELECTRIC
Modelo	SIPROTEC 7SJ82	SIPIROTEC 7SY82	REF 615	MiCOM P132
Dimensiones	221x171x70	240 x 160 x 195	271 x 241 x 123	220x96x250
Alimentación	24 V CC / 110-230 V CA	24-250 V DC / 230 V AC	24-250 V DC / 110-240 V AC	24-48 V CC / 110-230 V CA
Medidas de intensidad	1A or 5A, con alta precisión para una protección fiable	Compatible con sensores de corriente de baja potencia según IEC 61869-10	Compatible con sensores LPIT y transformadores de corriente convencionales	1 A / 5 A
Medidas de tensiones	Utiliza divisores de tensión resistivos conforme a IEC 61869-11.	100-125 V	57.7-240 V	100-240 V CA / 110-250 V CC
Documentos	[18] Manual Siemens I	[19] Manual Siemens II	[20] Manual ABBREF615	[21] Manual MiCOM P132
Desviaciones	Tensión máxima de 24 en vez de 36 kV	No	Relación de transformación nominal en medidas de tensión 61869-10 no especificado	Compatibilidad con LPITs según normas
¿Válido?	Sí	Sí	No	No

Fabricante	EFACEC	NARI	FANOX
Modelo	TPU s220	PSC-9611 feeder relay	SIR A
Dimensiones	192x244x229	205x235x245	198x187x153
Alimentación	24-250 V DC	24-250 V DC	24-230 Vdc/ac
Medidas de intensidad	1A/5A	Medición de tensión y corriente monofásica y trifásica	1-5 A
Medidas de tensiones	100-240 V AC	Medición de tensión y corriente monofásica y trifásica	100-120 V
Documentos	[22] Manual EFACEC	[23] Manual Nari PSC-9611	[24] Manual Fanox SIR-A
Desviaciones	Confirmación explícita de IEC 61869-10/11	A espera de confirmación compatibilidad con IEC 61869-10/11	Alguna funcionalidad
¿Válido?	Sí	Sí	Sí

Tabla 4. Comparación de las protecciones para celdas de MT válidos.

Fuente: elaboración propia.



2.7. Retos y problemas encontrados

Los principales retos encontrados en esta beca de colaboración han sido comparar las diferentes especificaciones de las normativas planteadas por la empresa patrono. La búsqueda de la apartamenta específica se veía restringida por las especificaciones que tenían que cumplir, por lo que el filtro de la búsqueda recortaba notablemente las opciones disponibles. No obstante, se ha conseguido encontrar diferentes opciones que, si no cumplen la normativa en su totalidad, la cumplen en su mayoría, teniendo, de esta manera, una opción como último recurso.

Por otra parte, un reto adicional que nos plantearon la empresa patrono, Endesa, fue buscar opciones dentro de proveedores más pequeños, que se encuentren dentro de Europa. Esta condición dificulta en un grado más la búsqueda de proveedores que cumplan todas las condiciones y que sean viables. Sin embargo, a pesar de todas las condiciones impuestas, se puede afirmar que se ha conseguido con creces llegar al objetivo propuesto de encontrar nuevos modelos de detectores de falta local y global y de protecciones en celdas de media tensión que satisfagan las normativas presentes y consigan ayudar a la empresa patrono a la automatización de las redes de media tensión.

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

En conclusión, los detectores de paso de falta global son sistemas avanzados diseñados para la detección y gestión eficiente de fallas en redes eléctricas de media tensión, con especial énfasis en faltas a tierra. Estos dispositivos operan en condiciones ambientales exigentes, cumplen con estrictas normas de compatibilidad electromagnética y, también, pruebas ambientales. Su funcionalidad incluye la detección de sobrecorrientes de fase y corrientes residuales, así como la señalización de la presencia o ausencia de tensión en líneas de media tensión. Equipados con autodiagnóstico, registro de eventos y capacidad de configuración remota, estos detectores mejoran la confiabilidad y eficiencia de la red eléctrica. La selección de los dispositivos se basó en las normativas de Enel proporcionadas por Endesa, eligiendo aquellos que más se ajustaban a las especificaciones requeridas. Sin embargo, debido a la falta de acceso a manuales completos, no todos los dispositivos pudieron ser verificados en su totalidad. Por ello, los candidatos seleccionados muestran un alto grado de conformidad con las normativas, presentando algunas desviaciones que podrían resolverse con un contacto adicional con los proveedores.

Respecto a los detectores de paso de falta local, cabe mencionar que son esenciales para mejorar la fiabilidad y eficiencia de las redes eléctricas de media tensión, permitiendo una detección rápida y precisa de fallas, reduciendo el tiempo de inactividad y los costos de mantenimiento. La empresa patrono ha propuesto buscar modelos alternativos al CableTroll 2330 de Nortroll, que cumplan con los requisitos del documento ET 160286. Aunque se han identificado varios modelos potenciales como el Elektrolites FPI, el CableTroll 2350 y el Horstmann ComPass B 2.0, la validez total de estos dispositivos no puede confirmarse sin una verificación adicional de ciertas especificaciones por parte de los fabricantes. Esta verificación es crucial para asegurar que los nuevos dispositivos cumplan completamente con la norma ET 160286 y puedan operar de manera eficiente y segura dentro del sistema de distribución de media tensión de Endesa.

Finalmente, los instrumentos que se enfocan en la protección de celdas de MT sí que cumplen en general las especificaciones propuestas por la empresa patrono. No obstante, quedarían pendientes algunas comprobaciones de las especificaciones, pues, como se ha indicado anteriormente, no son explícitamente especificadas. Por lo que, en general, los futuros pasos deberían estar enfocados a contactar directamente con los proveedores y verificar aquellos aspectos de la normativa en los que hay incertidumbre sobre su validez.



4. REFERENCIAS

- [1] Elseta, 2024. IOMod-FPI. [online] Disponible en: <<https://elseta.com/iomod-fpi/>> [Accedido 26 junio de 2024].
- [2] Ingeteam, 2024. Sensor de tensión INGEPACTM SR AR. [online] Disponible en: <https://www.ingeteam.com/es-es/proteccion-y-control-de-redes-electricas/automatizacion-de-la-distribucion/pc32_17_651/sensor-tension-ingepac-sr-ar.aspx> [Accedido 26 de junio de 2024].
- [3] Siemens, 2024. 7KM PAC3200, contador multifunción. [online] Disponible en: <<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/ww/catalog/products/10298035?activeTab=order®ionUrl=/>> [Accedido 12 julio de 2024].
- [4] ABB, 2024. RIO600 - Remote I/O. [pdf] Disponible en: <https://library.e.abb.com/public/5c8dec26bd7c43a9b6fb83aad1f271d5/RIO600_pg_757487_ENI.pdf> [Accedido 11 de julio de 2024].
- [5] Artech, 2024. Restaurador trifásico Smart RC. [online] Disponible en: <<https://www.artech.com/es/restaurador-trifasico-smart-rc>> [Accedido 12 de julio de 2024].
- [6] Schneider Electric, 2024. Protección digital para la red de distribución Noria. [pdf] Disponible en: <<https://www.se.com/es/es/download/document/NT00113ES/>> [Accedido 15 de julio de 2024].
- [7] GE Vernova, 2024. 850 Feeder Protection System. [online] Disponible en: <<https://www.governova.com/grid-solutions/app/ViewFiles.aspx?prod=850&type=3>> [Accedido 15 de julio de 2024].
- [8] Schweitzer Engineering Laboratories (SEL), 2024. SEL-311L Line Current Differential Protection, Automation, and Control System. [pdf] Disponible en: <<https://selinc.com/api/download/2954/>> [Accedido 15 de julio de 2024].
- [9] Schweitzer Engineering Laboratories (SEL), 2024. SEL-751A Feeder Protection Relay. [pdf] Disponible en: <<https://selinc.com/api/download/2822/>> [Accedido 12 julio de 2024].
- [10] Eaton, 2024. S.T.A.R. Pathfinder Variable Trip Current/Reset Faulted Circuit Indicators Catalog. [pdf] Disponible en: <<https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/medium-voltage-power-distribution-control-systems/line-installation-and-protective-equipment/s-t-a-r-pathfinder-variable-trip-current-reset-faulted-circuit-indicators-catalog-ca320009en.pdf>> [Accedido 15 de julio de 2024].
- [11] Schneider Electric, 2024. Flair 21D/22D/23D/23DM Technical Leaflet. [pdf] Disponible en: <https://rza.by/upload/iblock/ff8/Flair%2021D-22D-23D-23DM_Technical%20leaflet_AMTED310008EN_10-2014.pdf> [Accedido 12 julio de 2024].
- [12] Electro Industries/GaugeTech, 2024. Nexus 1252 Meter Brochure. [pdf] Disponible en: <https://de-mandiri.com/wp-content/uploads/2021/01/Nexus1252_Meter-Brochure-V.1.15_E107734.pdf> [Accedido 11 de julio de 2024].
- [13] Anyo Electric, 2024. FLITE 116-SA 915MHz Short Range Radio EMS58200 Schneider. [online] Disponible en: <https://anyoelectric.com/mpwt/producto.php?i=1586&n=flite_116-sa_915mhz_short_range_radio_ems58200_schneider&r=cHJvZHVjdG9zLnBocD9pYz05MiZiPTkyJmljPTYmYz02Jm49c2NobmVpZGVyJm5wPTk1> [Accedido 15 de julio de 2024].



- [14] Schneider Electric, 2024. ENMED305016EN Technical Leaflet. [pdf] Disponible en: <https://rza.by/upload/iblock/95e/ENMED305016EN_102011.pdf> [Accedido 26 de junio de 2024].
- [15] Elektrolites, 2024. Fault Passage Indicator. [online] Disponible en: <<https://elektrolites.com/products/fault-passage-indicator/>> [Accedido 16 de julio de 2024].
- [16] Enertelindo, 2024. Product Catalog. [pdf] Disponible en: <<https://enertelindo.com/cdn/files/product/e07429771627b4e412f50d46230ba70a.pdf>> [Accedido 16 de julio de 2024].
- [17] Horstmann GmbH, 2024. Short-Circuit and Earth Fault Indicators. [online] Disponible en: <https://www.horstmanngmbh.com/en/products/short-circuit-and-earth-fault-indicators/product-finder?tx_pxaproductmanager_pi1%5Baction%5D=show&tx_pxaproductmanager_pi1%5Bcategory_0%5D=4&tx_pxaproductmanager_pi1%5Bcategory_1%5D=7&tx_pxaproductmanager_pi1%5Bcontroller%5D=Product&tx_pxaproductmanager_pi1%5Bproduct%5D=8&cHash=7268f0bc2f06a9038ae56418d6515c4d> [Accedido 16 de julio de 2024].
- [18] Siemens, 2024. SIPROTEC 7SJ82. [online] Disponible en: <<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10284717>> [Accedido 17 de julio de 2024].
- [19] Siemens, 2024. SIPROTEC 7SY82 Profile. [pdf] Disponible en: <<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:6714e059-38de-435a-8804-4884604df824/siprotec-7sy82-profile.pdf>> [Accedido 10 de julio de 2024].
- [20] ABB, 2024. REF615. [pdf] Disponible en: <https://library.e.abb.com/public/9f6dbe2b28870feb1257b1300568f86/REF615_pg_756379_ENc_.pdf> [Accedido 11 de julio de 2024].
- [21] SchneiderElectric, 2024. ManualdeusuarioP132. [pdf] Disponible en: <https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=P132_EN_M_R-31-A_310-652&p_enDocType=User+guide&p_Archive_Name=P132_EN_M_R-31-A_310-652.zip> [Accedido 15 de julio de 2024].
- [22] Efacec, 2024. ProtecçãoyControlIED. [pdf] Disponible en: <https://www.efacec.pt/en/wp-content/uploads/2023/03/CS22DC004_ProtectionControl_IED_I_WEB.pdf> [Accedido 17 de julio de 2024].
- [23] NR Electric, 2024. Brochure de producto. [pdf] Disponible en: <<https://www.nrec.com/en/web/upload/2019/05/08/155728226601423kq.pdf>> [Accedido 17 de julio de 2024].
- [24] Fanox, 2024. Recloser Control and Feeder Protection Relays R24. [pdf] Disponible en: <https://www.fanox.com/wp-content/uploads/documents/EN_FANOX_DATA_SIRA_RecloserControlFeeder_ProtectionRelays_R24.pdf> [Accedido 17 de julio de 2024].



5

ENDESA

Seguridad física en subestaciones y centros de transformación

Alumnos: Almudena Conde Poole
Rafael Martínez Garrote
Beatriz Peci García
Teresa M.ª Sainz Martín

1. DATOS INFORMATIVOS DEL RETO

El proyecto a desarrollar fue propuesto por Endesa, una empresa española líder en el sistema eléctrico. Se realizaría un proyecto de consultoría concretamente para el departamento de distribución, de manera que se reforzara la seguridad física de las subestaciones y los centros de transformación evitando los inconvenientes desarrollados ante un único proveedor de cerraduras.

2. OBJETIVOS DEL RETO

La problemática que enfrenta Endesa radica en que su sistema actual para el control de acceso a las subestaciones y centros de transformación está obsoleto. En la actualidad, se utilizan cerraduras convencionales de diferentes proveedores, según la región. Por ejemplo, en Cataluña, se usan cerraduras de la marca ABLOY. Este método de control de acceso mediante llaves físicas presenta varias desventajas, destacando la falta de un control riguroso sobre quién posee las llaves y los riesgos asociados a la pérdida de estas, riesgos acentuados por la política de subcontratar el mantenimiento de las subestaciones y centro de control.

Por lo tanto, el reto propuesto consiste en implementar un nuevo sistema de control de acceso que permita una gestión más segura y eficiente de estas instalaciones, sin necesidad de medios físicos susceptibles a ser robados o duplicados. Además, se habrá de prestar especial atención al coste, pues con más de mil subestaciones y cerca de 150.000 centros de transformación, los costes totales pueden ascender muy rápidamente.



Figura 1: Subestación eléctrica



Figura 2: Centro de transformación

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

Durante las primeras semanas, se recibió el reto planteado por Endesa: *Seguridad en el Sistema Eléctrico. Nuevos métodos para la seguridad física en las subestaciones y centros de transformación*. Inicialmente, se realizó una revisión de los métodos actuales de seguridad física en subestaciones y centros de transformación, donde se incluyeron no solo los sistemas de control de accesos, sino también una recopilación de los métodos de seguridad en subestaciones y de las protecciones eléctricas instaladas en ellas. Se realizó una breve presentación para mostrar a Endesa los resultados de la investigación en una reunión presencial programada para principios de junio.

La segunda semana de junio, el equipo se desplazó a las oficinas de Endesa, donde se tuvo una reunión con María Avery, directora del proyecto, y Josep González, quien explicó con más detalle el reto a resolver.

En la tercera semana, se realizó una reunión a través de Teams, en la cual presentamos diversas opciones para abordar la problemática planteada por María y Josep.

La primera opción que se propuso fue realizar todo el sistema de acceso con un único proveedor. Entre las ventajas de esta opción se encontraban que, al adquirir el sistema de seguridad y el *software* del mismo proveedor, se garantizaba una integración total entre ambos, reduciendo problemas de compatibilidad.

Además, la instalación y el mantenimiento eran gestionados por el proveedor, lo que simplificaba el proceso y aseguraba que el sistema funcionase correctamente desde el principio. Otra ventaja significativa era la reducción de costes, dado que al comprar el sistema completo (*hardware* y *software*) de un solo proveedor, generalmente se obtiene un paquete económico más rentable.

Finalmente, un sistema diseñado por un solo proveedor tiende a ser más intuitivo y fácil de usar, ya que todos los componentes están diseñados para trabajar juntos.

Sin embargo, también existían desventajas. La principal era la dependencia significativa del proveedor para el mantenimiento, actualizaciones y soporte del sistema. Si el proveedor dejara de ofrecer soporte o actualizaciones, el sistema podría quedar obsoleto. Además, la capacidad de personalizar el sistema podría ser limitada, ya que todo está diseñado para funcionar de manera específica según el proveedor.



Por último, existían problemas de seguridad potenciales, pues si el proveedor sufriera una brecha de seguridad, todos los clientes que usan su sistema podrían verse comprometidos.

Entre los proveedores encontrados estaban Dorlet y Salto Systems, cuya oferta incluía cerraduras electrónicas, sensores, y apertura con clave PIN. Ambos proveedores también disponían de su propio *software* con aplicaciones específicas, que ofrecían funciones como el desbloqueo remoto de puertas, monitorización en tiempo real, plataforma de control de acceso en la nube, e integración con sistemas de la instalación (como cámaras o sensores de movimiento).

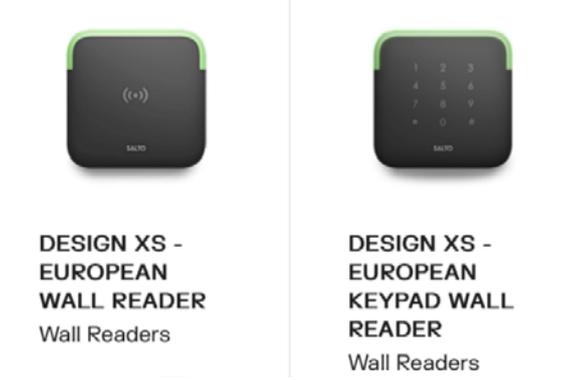


Figura 3: Sensores del proveedor SALTO.



Figura 4: Cerraduras electrónicas del proveedor SALTO.



Figura 5: Sensor del proveedor DORLET.



Figura 6: Cerradura electrónica del proveedor DORLET.



Como segunda opción se planteó la adquisición de un sensor y una cerradura de forma independiente, y conectar éstos a los sistemas informáticos y de comunicación ya existentes en las subestaciones.

Respecto a la cerradura se planteó la adquisición de cerraduras electromagnéticas y electromecánicas. La principal diferencia es el precio (las electromagnéticas tienen un coste superior) y su comportamiento en caso de caída de la tensión (las electromagnéticas se abrirían y las electromecánicas se quedarían detenidas en su estado). El principal proveedor encontrado para ambos tipos fue Assa Abloy.

El sensor era el aparato que más flexibilidad proveía. Se planteó la opción de incluir sensores biométricos, como lectores de huellas dactilares o sistemas de reconocimiento facial, pero fueron considerados subóptimos por su alto coste y por la dificultad de la protección de datos. Entre los proveedores encontrados, destacan Hommax, que ofrecía lectores de tarjetas con o sin *pinpad*, acceso con reconocimiento facial y lector de huella dactilar. El sistema proporcionado por Hommax contaba con la ventaja de que era compatible con redes TCP/IP, permitiendo además el uso de aplicaciones basadas en ISAPI. Otro proveedor fue Fermax, que ofrecía tanto *pinpads* como lectores de huellas, pudiendo ser utilizados con aplicación móvil y registrando las huellas dactilares mediante tecnología USB.

Otra opción era instalar lectores de tarjetas usando tecnología NFC o RFID y distribuir tarjetas, que se usaran como identificador en vez de como llave. Por ende, el sistema identificaría quién desea entrar y, tras comprobar si está autorizado su acceso, se abriría la puerta y se registraría su ingreso en la base de datos. Estas tarjetas eliminan el problema de la pérdida, pues se podrían eliminar de la base de datos y hacer otras nuevas a bajo coste, pero no elimina el problema de los duplicados. El proveedor más destacable fue ZKTeco, que ofrece tanto lectores NFC como RFID.

Por último, se podría instalar un sensor, el cual funcionara con una clave que se ofreciera al operario a través de una aplicación en su teléfono móvil. Esto se podría realizar mediante códigos QR, claves PIN o sensores de NFC o *bluetooth*. Consideramos esta la opción superior, puesto que no requiere distribuir nada, y es la que permite autorizar o rechazar cada acceso individualmente, proporcionando un nivel más de seguridad en caso de que fuese necesaria. Los proveedores encontrados fueron ZKTeco, de lectores NFC, y Opticon o Newland, de códigos QR, tanto en formato móvil como fijo.

La tercera opción valorada fue una versión que incluye las ideas de la opción anterior, en la que además se aprovechan aspectos de proyectos que ahora Endesa estaba llevando a cabo. Se realizó una breve revisión de la situación actual, la cual mostró que Endesa cuenta con 1.337 subestaciones y 130.046 centros de transformación, existiendo diferentes niveles de digitalización y acceso, con centros de transformación protegidos por sistemas muy arcaicos, como candados, y subestaciones muy digitalizadas y automatizadas, que implementan sistemas IoT y *smart grids*. También se está utilizando la tecnología PLC (telegestión) para contadores inteligentes. En cuanto a proyectos destacables, el proyecto MONICA, que utiliza estimadores de estado de la red; el proyecto *Grow Smarter* en Barcelona, que cuenta con 5 centros de transformación equipados con IoT; y el proyecto Ideas + 3S-CS, de reducción de la divergencia entre los elementos de la subestación aplicando IA y 5G; son los que más podrían aportar para desarrollar un proyecto que aprovechara las nuevas tecnologías ya establecidas.

Las ideas que se desarrollaron para aprovechar estos proyectos ya presentes en Endesa fueron:

- Desarrollo de una aplicación móvil que se comunice con PLC (capacidad de comunicación IoT).
- Verificación de la autenticidad del usuario mediante sensor (opción 2) o mediante dispositivos ya instalados para otras aplicaciones.



- Orden de desbloqueo de la cerradura recibida desde el sistema de control (SCADA).
- Protocolos de seguridad: VPN, firewall, cifrado de extremo a extremo.
- Programación modular y protocolos estándar.

Endesa nos invitó nuevamente a sus oficinas y, en esta ocasión, nos llevaron a visitar el centro de control de Gestión de la Energía. Durante la visita, pudimos observar de cerca cómo se monitorean y gestionan los recursos energéticos, así como se gestionaba el mercado eléctrico, lo cual fue una experiencia muy enriquecedora.

Por otro lado, también tuvimos una charla sobre la seguridad física en subestaciones y más tarde nos llevaron a la sala de seguridad donde pudimos ver como controlaban con las cámaras las distintas subestaciones de España.

4. RETOS Y PROBLEMAS ENCONTRADOS

En la primera reunión se planteó el problema, que consistía en encontrar un sistema de cerraduras para subestaciones y centros de transformación que prescindiera de llaves físicas y evitando el conflicto que podría generar el hecho de depender de un único proveedor. También se buscaba un sistema selectivo dentro del cual se pudiera controlar quien tendría acceso a la subestación de forma remota y almacenable en una base de datos. Se intentó solventar el conflicto mediante la búsqueda de cerraduras digitales, planteándose que tanto la cerradura como los sensores y el código de programación pertenecieran a casas distintas. Se seleccionaron sensores como el *pinpad*, sensores biométricos o sensores de proximidad. Sin embargo, la empresa únicamente contempló la opción de sensores de proximidad.

Tras la segunda reunión se implementaron dos problemas que no se habían tenido en cuenta anteriormente, el uso de este tipo de cerraduras digitales se implementaría en sitios en los que el clima podría ser adverso y en los que probablemente habría actividad de vandalismo, por lo que estos se añadirían a las cosas a tener en cuenta.

Además, el mayor inconveniente a contemplar era que, en caso de falta en la instalación, habría que buscar una solución para abrir una cerradura digital en el caso de falta de tensión. Como resolución a este inconveniente se contemplarían diferentes alternativas entre las cuales se hallan: la conexión al sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) actualmente presente en las subestaciones y los centros de transformación; un sistema de paneles solares con baterías de almacenamiento, el cual podría suponer un cargo económico importante; el uso de generadores de emergencia, como grupos electrógenos, los cuales iniciarían su actividad tras la falta, considerándose el uso de generadores diésel o de gas y la instalación de una toma externa portada por el operario que lleve a cabo el mantenimiento.

5. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

En la reunión anterior, se plantearon dos desafíos con respecto a las propuestas que fueron presentadas. El primero fue relacionado con la robustez. Para abordar este problema, se ofrecieron las siguientes soluciones:

- Primero, se propuso la solución de instalar sistemas NFC o *Bluetooth* dentro del CT. Esta opción ofrece alta protección contra vandalismo y condiciones medioambientales adversas, garantizando una comunicación exitosa entre el CT y el dispositivo. Sin embargo, requiere alta potencia

para la lectura a través de la pared o puerta, lo que hace recomendable el uso de *Bluetooth*. Además, esta solución implica perforar la puerta del CT y añadir un material protector, lo que podría reducir su resistencia al vandalismo.

- Otra propuesta fue el uso de un candado externo con teclado y contraseña PIN temporal. Esta opción no requiere comunicaciones y es un sistema autónomo que no interactúa con la subestación. No obstante, presenta el inconveniente de no contar con proveedores de candados con estas condiciones, estar expuesto a inclemencias climatológicas y depender de baterías.
- También se consideró un candado externo Bluetooth antivandálico, que ofrece alta protección contra vandalismo y condiciones medioambientales, y puede ser manejado a través del móvil. Sin embargo, esta solución necesita el desarrollo de una aplicación externa para no depender del proveedor y su funcionamiento con pilas puede ser una desventaja. En este caso, sí que encontramos un proveedor que satisfacía esta opción de poder programar el candado con un *software* propio. El proveedor es SALTO y el candado que ofrecieron tras tener una conversación con ellos fue el modelo SALTO NEOXX G4 ELECTRONIC PADLOCK.



Figura 5: Candado Bluetooth del proveedor SALTO.

- Por otro lado, se evaluó la instalación de sistemas NFC o Bluetooth en la cerradura, tanto en exteriores como dentro de la subestación. Esta opción también proporciona alta protección, aunque depende de la subestación y podría requerir la instalación de ciertos elementos de protección.
- Por último, se tuvo una reunión donde se presentaron las soluciones definitivas que proponíamos.

Como conclusión, a este proyecto se aprendió que el mercado es muy complicado y que no hay una solución todavía de acuerdo con los requisitos que se necesitaban. Sin embargo, es un problema que se deberá solucionar en un futuro próximo, ya que presenta numerosas dificultades a ENDESA.





6

GESTAMP

Detección de fallos en piezas de tapas de baterías de automóvil

Alumnos: Álvaro Chimeno Revuelta
Juan Manuel García-Pérez Merino
Jon Toledo Bengoechea
Rubén Yagüe Núñez

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL RETO

Los procesos de inspección y el control de calidad son fundamentales en la cadena de producción de la industria automovilística. Asegurarse de que las piezas fabricadas carecen de defectos es un aspecto vital tanto para garantizar la seguridad de los futuros usuarios como para la sostenibilidad económica de la empresa y su credibilidad.

La forma tradicional de detectar estos posibles fallos se basa en la inspección visual, que es realizada manualmente por un operario. En las últimas décadas, gracias a los avances tecnológicos se ha podido automatizar esta tarea por medio de técnicas como la visión artificial, mejorando la eficiencia y homogeneidad del proceso. Usando técnicas de procesado y análisis de imágenes, junto con modelos de inteligencia artificial, se pueden detectar defectos superficiales, ausencia de piezas y componentes rotos en la cadena de producción, eliminando del proceso factores humanos como la fatiga, el cansancio o la subjetividad.

Gestamp es una empresa multinacional española que se especializa en el diseño, desarrollo y fabricación de componentes metálicos para la industria automovilística. Colabora con muchos de los fabricantes importantes de automóviles a nivel global, proporcionándoles piezas que mejoran la eficiencia y la seguridad de sus vehículos.

El reto planteado por Gestamp consta en poder diseñar un programa que detecte de forma automática y precisa fallos de soldadura en las arandelas de unos agujeros de tapas de baterías de automóvil, pudiendo así descartar las tapas defectuosas. Los objetivos específicos del proyecto son:

- Construir y testear un modelo con visión computacional para la detección de fallos en dichas tapas.
- Establecer una clasificación de dichos agujeros en clases 'OK' y 'NOK'.
- Descartar de forma automática las piezas si hay al menos un agujero 'NOK'.
- Mejorar la precisión del modelo actual de la empresa patrono.
- Establecer un registro de que agujeros son los que están fallando, a modo de poder detectar algún patrón y por lo tanto un malfuncionamiento en la línea de montaje de las baterías.

Para abordar este reto, existen dos vías de análisis y clasificación de imágenes. La visión clásica y la visión artificial. Mientras que la visión clásica utiliza métodos tradicionales de procesado de imágenes, la visión artificial emplea técnicas modernas de aprendizaje profundo gracias a la inteligencia artificial. La primera vía no ofreció resultados satisfactorios, por lo que el reto se abordará por medio de técnicas de visión artificial.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Problema & Data Set

En este reto, se busca detectar fallos o la ausencia de arandelas soldadas sobre pequeños agujeros en chapas metálicas para baterías de automóvil. La chapa es sostenida de forma perpendicular al suelo para que un robot pueda fotografiarla, empleando para ello seis cámaras.

Cada cámara se encarga de captar una zona distinta de la chapa, por lo que las fotografías pueden contener entre cinco y ocho agujeros visibles. Dentro de estas seis fotografías, podemos encontrar agujeros repetidos, por lo que algunas cámaras se solapan.

Al tratarse de una línea de montaje, la posición de estas fotografías se podría tratar como constante. Sin embargo, dado que tanto la iluminación de la sala varía, hubo que buscar la forma de tratar las fotos para eliminar estas diferencias. Además, como se ha indicado previamente, hay redundancia en la toma de datos, porque hay varios agujeros que son fotografiados por varias cámaras.

El algoritmo final deberá realizar correctamente la detección y clasificación binaria de la tapa completa para determinar si está todo bien o por el contrario si hay algún fallo.

Gestamp ha proporcionado distintas tandas de ejemplos de las imágenes a analizar, pudiendo dividirse en dos tipos, 'OK' y 'NOK'. Dentro del subconjunto de 'OK', todas las tapas son correctas dado que las arandelas están correctamente soldadas, mientras que el juego de fotos correspondientes a la carpeta 'NOK' son tapas defectuosas, pues al menos un agujero tiene algún tipo de fallo.

Dado que cada tapa era fotografiada por seis cámaras, cada una estaba representada por una carpeta que contenía estas seis fotografías. Los nombres de estas carpetas y de sus correspondientes fotos seguían un código que permitían distinguir el número la pieza y de la cámara. En total, se recibieron 318 fotos, correspondientes a 53 tapas. De esas, 18 tapas contenían algún defecto. Hay muy pocos ejemplos de tapas y agujeros defectuosos en comparación con los correctos y por lo tanto esta cantidad no es suficiente para poder entrenar a un modelo de inteligencia artificial. Ante esto, se decidió emplear técnicas de aumento para poder incrementar la cantidad de imágenes disponibles

2.2. Metodología

El proyecto no deja de ser un problema de detección y clasificación binaria. Se descartó rápidamente la visión clásica por su incapacidad de adaptarse a distintos tipos de piezas y fallos y se ha escogido el modelo de detección de objetos llamado YOLO (*You Only Look Once*), que emplea redes neuronales convolucionales (CNN).

Nuestra primera aproximación con YOLO fue empleando las imágenes originales con múltiples agujeros tanto para el entrenamiento como para la implementación. Sin embargo, a pesar de que obtuvimos una exactitud (*accuracy*) del 95% en la clasificación, la detección de los agujeros fallaba un 15% de las veces.

Es por ello que se decidió cambiar por completo la metodología, y trabajar con agujeros de forma individual. De esta forma se programó un algoritmo de identificación y recorte de los agujeros para facilitar la detección al modelo de *Deep Learning*. El modelo se entrenó nuevamente con fotos de agujeros individuales, lo cual como era de suponer mejoró notablemente la detección pasando del 85% al 99,4% de eficacia. Adicionalmente, el modelo mejoró en la clasificación, llegando a ser perfecta en el conjunto de validación.





Finalmente, para cada imagen recortada de cada agujero de las seis cámaras de la tapa, YOLO devolvería la clase 0 o 1 ('OK' o 'NOK'). En particular, hay agujeros que son vistos por múltiples cámaras por lo que hay redundancia en los resultados. Hay varias formas de abordar este exceso de información, pero la más sencilla y segura es que si existe alguna imagen cuyo agujero el modelo prediga que es 'NOK' entonces la tapa completa se clasifica como 'NOK'. El *pipeline* completo se muestra a continuación en la Figura 1:

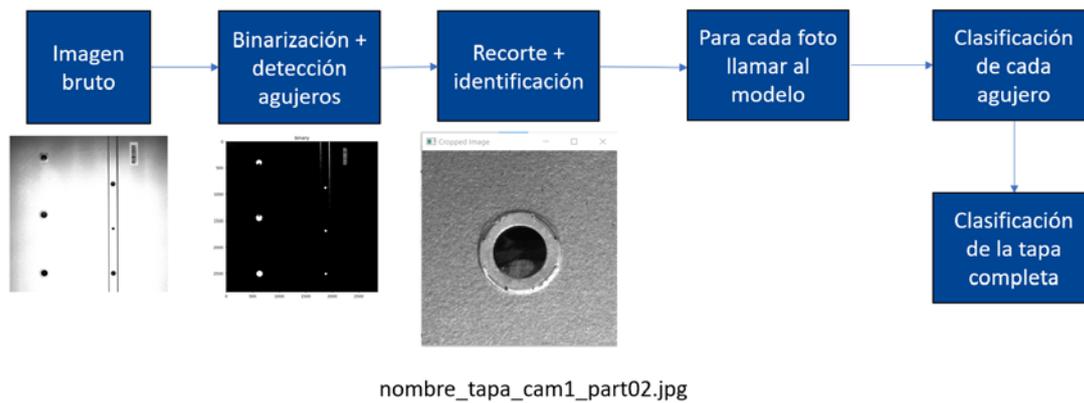


Figura 1: Pipeline de la aproximación al reto

2.3. Implementación

EL proceso de preparación del modelo se muestra de forma íntegra en la Figura 2:

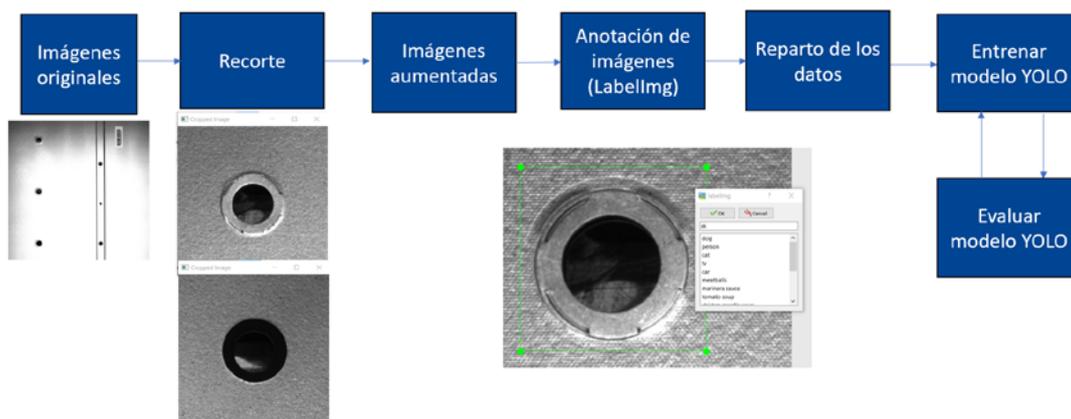


Figura 2: Pipeline de la preparación del modelo



Recorte:

Para pasar de las imágenes originales con múltiples agujeros a imágenes recortadas con un único agujero, se pueden hacer recortes manuales pero la mejor solución es automatizar un código para que detecte, nombre y recorte los agujeros. En primer lugar, es necesario que localice la posición de dichos agujeros. Esto se hace por métodos clásicos de procesamiento de imágenes, a través de la librería *OpenCV*. Se convierte la imagen a blanco y negro para que sus píxeles tomen un valor entre 0 (negro) y 255 (blanco). Luego, se binariza la imagen, con el umbral en el valor 60. De esta forma las zonas más oscuras como los agujeros se convertirán en negro y las más claras en blanco, logrando el máximo contraste. A continuación, se usan funciones integradas de detección de contornos para localizar posibles agujeros. Los contornos son rectangulares y se filtran para que se ajusten al tamaño y posición aproximada de los agujeros según la vista de las cámaras. Los contornos restantes tienen una coordenada central que hace referencia a la localización de cada agujero. Finalmente se recortan imágenes de 400x400 píxeles centrados en dichas coordenadas, para así tener una visión mejor de cada agujero a estudiar. Tras esta etapa hay 1096 imágenes recortadas 'OK' y 125 'NOK'.

Aumento de imágenes:

Una vez se tiene un banco de imágenes recortadas es necesario revisar los datos con los que se entrenará del modelo. Como hay muy pocos fallos en la línea de montaje existen escasas imágenes recortadas tipo 'NOK', por lo que nos encontramos con un problema de desequilibrio de clases (125 frente a 1096). En nuestro caso la clase mayoritaria es la 'OK' y la solución empleada para evitar la clasificación sesgada es el aumento de datos 'NOK'. Mediante ligeras rotaciones, cambios de brillo y contraste se generan múltiples imágenes adicionales 'NOK'. La cantidad original de agujeros 'NOK' es de 125, que una vez aumentado, asciende a 598 imágenes 'NOK'.

Anotación:

Con un equilibrio admisible entre piezas 'OK' y 'NOK' se procede a su anotación para preparar el modelo YOLO a entrenar. *LabelImg* es una herramienta de anotación gráfica de imágenes, diseñada especialmente para crear conjuntos de datos etiquetados que pueden ser utilizadas en modelos de aprendizaje profundo. Esta aplicación permite etiquetar mediante cuadros delimitadores, generando así anotaciones en formato YOLO, que consiste en un documento de texto con el número de la clase anotada seguido por las coordenadas del cuadro delimitador. En nuestro caso, utilizando la aplicación, etiquetamos las imágenes recortadas y no las imágenes originales ya que como se ha explicado, se obtuvieron mejores resultados de esta forma.

Reparto de los datos:

Como es habitual en modelos de aprendizaje automático, hay que definir la fracción de datos que pertenecerán al conjunto de entrenamiento y los que formarán el conjunto de validación. Siguiendo una estructura clásica, se ha decidido repartir los datos con un 80% para entrenamiento y el restante 20% para validación. Todo ello se muestra en la Tabla 1:

Data Split	OK	NOK	Total	%
Taining	874	472	1.346	79,5
Validación	222	126	348	20,5
Total	1.096	598	1.694	
%	64,7	35,3		

Tabla 1: Reparto del conjunto de datos



Además, se reserva una carpeta de testeo en la que se prueba el modelo terminado con imágenes nuevas que nos llegarán de la empresa patrono.

Entrenar el modelo YOLO:

El algoritmo YOLO (*You Only Look Once*) es un enfoque de detección de objetos basado en una CNN. YOLO divide la imagen en cuadrículas, y para cada celda predice cuadros delimitadores con probabilidades de que haya en ellas una de las clases asociadas. Durante el entrenamiento del modelo, se utilizan múltiples *epochs*, que son el número de iteraciones completas a través del conjunto de datos de entrenamiento. En cada *epoch*, el modelo ajusta sus pesos para minimizar el error de predicción.

Evaluación del modelo YOLO:

Las siguientes métricas se emplean para evaluar la bondad del modelo:

- **Matriz de confusión:** Ofrece una visión completa de la actuación del modelo, reportando la frecuencia de verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos. Para este estudio la clase positiva es la 'NOK' y la negativa la 'OK'. Se muestra la matriz de confusión del conjunto de validación para evaluar la generalización del modelo en imágenes no vistas. En particular, al haber una etapa de detección, la matriz muestra una fila y columna de 'background', en la cual se contabilizan las detecciones erróneas o las ausencias de estas. En nuestro caso, hay dos detecciones erróneas en el conjunto de validación. Si no se tiene en cuenta esta particularidad y se evalúa solamente la etapa de clasificación, se extraen las siguientes métricas:
 - **Precision:** La fracción de verdaderos positivos sobre las predicciones positivas. Mide la capacidad del modelo de clasificar correctamente la clase 'NOK', es decir los defectos. Es una medida clave que se debe examinar para evitar los falsos positivos.
 - **Recall:** La fracción de verdaderos positivos sobre la suma de verdaderos positivos y falsos negativos. Mide la capacidad del modelo de predecir correctamente la clase 'NOK', es decir los defectos.
 - **Accuracy:** La fracción de clasificaciones correctas. Mide la actuación global del modelo.
 - **Specificity:** La fracción de verdaderos negativos sobre la suma de verdaderos negativos y falsos positivos. Mide la capacidad del modelo de predecir correctamente la clase 'OK'. Es una medida clave que se debe examinar para evitar los falsos negativos.
- **IoU:** La fracción de solapamiento entre un cuadro delimitador predicho y un cuadro delimitador real. Mide la capacidad del modelo para detectar con precisión un objeto en específico.
- **mAP50:** *Mean Average Precision*. Es la media de los IoU con valor mayor que 0.5, es decir que solo se tienen en cuenta los solapamientos de más del 50% del área. Mide la capacidad del modelo para detectar con precisión los objetos en un conjunto de imágenes.

2.4. Resultados

La implementación del modelo YOLO (*You Only Look Once*) para la detección de fallos en tapas de batería ha arrojado resultados prometedores. A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes obtenidos durante el proceso de evaluación:



Evaluación del entrenamiento del modelo:

En la Figura 5 se puede comprobar la evolución de la precisión media calculada mAP (*mean Average Precision*). Se puede observar como la precisión aumenta drásticamente en las primeras épocas. Además, se puede observar como el modelo ha tenido una parada temprana, deteniéndose en la época 86 en vez de en la 100 al detectar que la precisión no varía y se mantiene en el valor máximo.

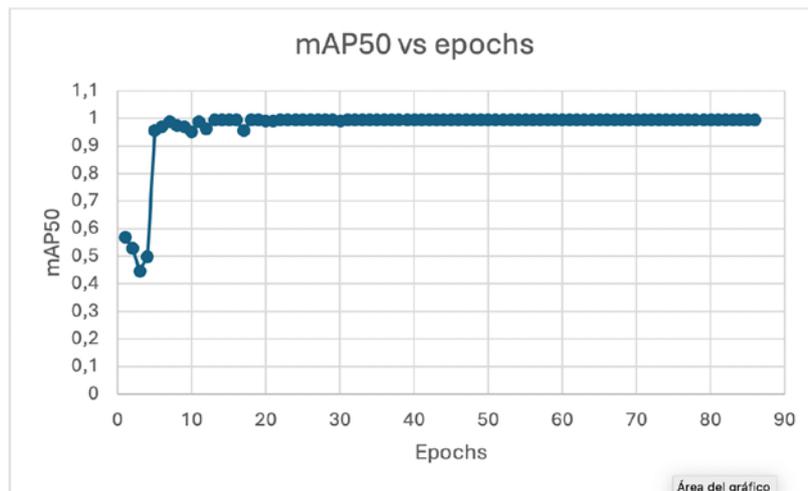


Figura 3: Gráfica de la evolución de mAP50 con los epochs

Evaluación de la Matriz de Confusión:

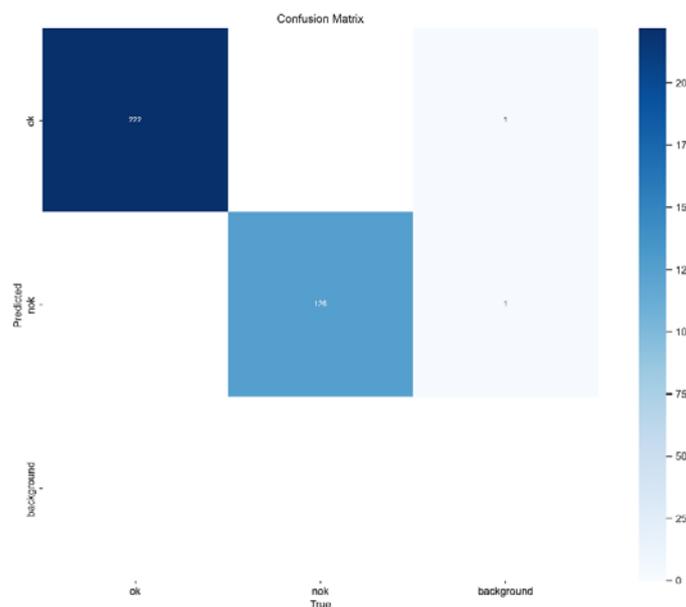


Figura 4: Matriz de confusión de validación



Como se muestra en la Figura 4, la matriz de confusión en los datos de validación muestra una alta tasa de verdaderos positivos y negativos, y ningún falso positivo o falso negativo. Esto sugiere que el modelo tiene un buen equilibrio entre precisión y *recall*, lo que es crucial para aplicaciones industriales donde tanto la detección de fallos como la minimización de falsas alarmas son importantes. El modelo presenta pocos casos en los que detecta incorrectamente un agujero cuando no lo había. En particular, estos fallos se corresponden a una detección doble, en la que un cuadro delimitador se superpone a otro. A continuación, se muestra la matriz de confusión sin tener en cuenta este par de fallos de detección.

Confusion Matrix Validation

OK	222 63.8%	0 0.0%	222 100.0%
Predicted Not OK	0 0.0%	126 36.2%	126 100.0%
Total	222 100.0%	126 100.0%	348 100.0%
	OK	Not OK True	Total

Figura 5: Matriz de confusión de la clasificación

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

A lo largo de este proyecto, hemos explorado las técnicas de visión para la detección de fallos en un control de calidad. Estas técnicas varían desde técnicas clásicas como la segmentación de tonos grises o técnicas computacionales con el uso del aprendizaje profundo.

En particular, hemos logrado mejorar significativamente la detección de errores frente a modelos clásicos. Esto ha sido posible empleando enfoques de visión artificial como YOLO. El algoritmo YOLO ha sido capaz de clasificar correctamente todos los agujeros en la separación de validación. Sin embargo, en pruebas de testeo, el modelo ha tenido algún caso de no detectar el agujero. Esto no afecta negativamente debido a la redundancia entre la visión de cámaras, que fotografían zonas de las tapas varias veces.

Para futuros pasos, es posible introducir técnicas más avanzadas en la separación de datos para estos modelos de aprendizaje profundo. Entre estas técnicas destaca la validación cruzada (*k-fold cross validation*). Esta se basa en llevar a cabo varios modelos repartiendo de manera diferente las imágenes de entrenamiento y validación para así mejorar la precisión de los modelos. Además, siempre es posible aumentar el número de imágenes en el entrenamiento. Por último, la empresa patrono nos ha propuesto otro problema similar en el que sería interesante mantener el mismo enfoque con los modelos de aprendizaje profundo.

7

INDRA

AI development for strategic games

Alumnos: Íñigo Díaz de Rábago Pemán
Manuel González López
José Casas Avery
Juan Ramírez-Montesinos Furones



1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El reto propuesto por la empresa patrono estaba dividido en dos partes. La primera se trataba de evaluar una propuesta hecha por la propia empresa patrono de un hackathon para el desarrollo de una IA.

Dicho hackathon consistía en una propuesta sobre la creación de una IA para que juegue un videojuego por equipos creado por ellos. Un equipo está formado por la IA que tu hayas programado, y el otro equipo está formado por la IA de otro grupo. Ambos grupos están compuestos por multi-agentes. Hay dos modos en el que la IA puede jugar, *deathmatch* y *conquer*. En el primer modo, los equipos se eliminan entre ellos y gana el último equipo que quede en pie. En el segundo modo, ambos equipos tendrán el objetivo de destruir el castillo enemigo, una vez el castillo se destruya, ese equipo estará eliminado.

En la segunda parte, consistía en buscar información sobre el desarrollo de IAs para poder desarrollar un agente que realice las especificaciones propuestas por el hackathon. Álvaro López López pidió que se realizase un enfoque general, centrado en encontrar qué modelos de IA son los más aptos para este tipo de proyecto. Una vez encontrados se podría profundizar en los que se viera más adecuados, realizando simulaciones de entrenamiento y estudiando el efecto producido por los distintos parámetros del mismo.

2. EMPRESA PATRONO

Indra es una empresa multinacional centrada en el sector de la defensa y seguridad. Sus mayores responsabilidades son, por un lado el desarrollo y mantenimiento de sistemas de control de tráfico aéreo militar, sistemas de mando y control, y soluciones de defensa electrónica y por otro, la provisión de soluciones integradas para la seguridad de infraestructuras críticas, fronteras y ciberseguridad.

La empresa ha decidido comenzar con este proyecto de aprendizaje por refuerzo. Esto tiene gran potencial para mejorar y optimizar las soluciones que puede ofrecer Indra en varios sectores. Podría proporcionar a sus clientes herramientas más eficientes, adaptativas y efectivas, reforzando su posición como líder en innovación tecnológica.

Uno de los usos principales del aprendizaje por refuerzo para el entorno en el que trabaja Indra es el transporte y el tráfico. Servirá para poder optimizar rutas de vuelo y optimizar la gestión del tráfico aéreo.



3. EVOLUCIÓN / DESARROLLO DEL PROYECTO

Para el primer proyecto Indra hizo llegar la RFP que tenían pensado mandar a varias empresas para que les diseñaran el entorno del videojuego propuesto. Como estudiantes, nuestra función fue revisar la RFP para concretar los detalles más específicos sobre el funcionamiento de este videojuego, puesto que el documento se centraba más en las partes técnicas del entorno que en la experiencia de juego deseada.

Los detalles del documento eran confidenciales por lo que no se pueden explicar en esta memoria, más allá de lo explicado en la introducción. Tras revisarlo y dar el visto bueno con Álvaro, le mandamos a Indra el resultado de nuestra investigación, recibiendo un buen *feedback* de la empresa patrono. Poco después, tuvimos la fortuna de ser invitados a visitar sus instalaciones y a conocer un poco más sobre el proyecto NGWS/FCAS, un sistema de defensa de nueva generación que están realizando junto con Francia y Alemania, y las instalaciones de las que disponen en las oficinas de Alcobendas. Durante esta visita se pudo entender el motivo por el que se realizaba el hackathon y aprender cómo se aplica la inteligencia artificial en el ámbito de la defensa.

Para la segunda parte, nos centramos en cómo desarrollar una IA para que pudiera cumplir de cierta manera con los requisitos del hackathon o con los proyectos confidenciales que están actualmente en desarrollo en sus oficinas.

Para ello, el primer problema que se tuvo que resolver era conseguir introducirse más en el mundo de la creación de IAs. Los primeros días simplemente se buscó información de proyectos y retos que la gente con más experiencia había realizado y cómo los solucionaban. En principio se comenzó realizando un proyecto que se basaba en la librería de *gym_super_mario_bros*, pero aparecieron problemas a la hora de compatibilizar las librerías al crear el *environment*. Pero sirvió para ir comprendiendo como realizar los *setups* para empezar a entrenar la inteligencia artificial. Por lo anterior, se buscaron otros programas en el repositorio de *github* para poder investigar técnicas de aprendizaje por refuerzo. Se encontró un proyecto sencillo que se basaba en juegos de Atari para entrenarlos, como por ejemplo el conocido juego *Space Invaders*. Estos programas se basan las librerías más usadas como el *stable-baselines3* para el uso de estos algoritmos. A raíz de esto se encontró un tutorial desarrollado por *huggingface* para aprendizaje por refuerzo, donde se enseña el estado del arte y dicha librería.



Figura 1. *Space Invaders*, juego de Atari



El curso realizado se enfoca sobre todo en el *reinforcement learning* (RF) que usan las IA más modernas. Tras explicar de manera general lo que es el aprendizaje por refuerzo se introduce el *Q-Learning*, un método basado en valores que usa un enfoque *TD* (actualiza la función de acción-valor tras cada paso en vez de al final del episodio). Este algoritmo sirve para entrenar la *Q-Function* (*Q* refiriéndose a *Quality* o valor de la acción), una función de acción-valor que se encarga de calcular el valor de un estado y una potencial acción determinados.

El *Q-Learning* es un método útil pero solo es efectivo con espacios de estados pequeños (por ejemplo 500 estados). Para poder entrenar a un agente para jugar algo más complicado como Space Invaders hace falta emplear el *Deep Q-Learning*, en el cual los *Q-Values* se calculan de manera aproximada mediante una red neuronal basada en una *Q-function* parametrizada.

4. APRENDIZAJE POR REFUERZO

Como se ha explicado anteriormente el *environment* en el que se ha trabajado está principalmente centrado en la librería *StableBaselines3*. Esta es una librería que utiliza *pytorch* como *backend* para la implementación de modelos de aprendizaje profundo.

Tiene varios componentes: Algoritmos de aprendizaje por refuerzo (PPO es el que se ha usado principalmente), entornos de simulación (Utiliza la interfaz *gym* de OpenAI para interactuar con diversos entornos de simulación), políticas (Los agentes que toman decisiones, son fácilmente configuradas y personalizadas para adaptarse a los diferentes entornos) y por último, *callbacks* y herramientas de monitoreo (Incluye herramientas para monitorear y evaluar el desempeño del agente durante el entrenamiento, como "*EvalCallback*")

Estos componentes se pueden comprender gracias al tutorial ya mencionado de *HuggingFace*. En este curso se puede aprender lo básico de los multi-agentes que es lo que se necesitará saber como base para empezar a trabajar en lo que trata el hackathon. Con los multi-agentes, se permite que haya intercomunicación entre ellos para poder realizar mejor cualquier misión. Estos multi-agentes pueden ayudar para cualquier método de transporte automatizado, o para la comunicación entre los distintos componentes del ejército en el campo de batalla sin que se necesite constantemente la interacción humana.

Para el funcionamiento de los multi-agentes hay que tener en cuenta varios factores. Para empezar, hay que tratarlos a todos de manera independiente como si no se supiese de la existencia de los demás, los agentes consideran a los demás agentes como parte del entorno. Con esto, una única política es aprendida por todos los agentes y la recompensa es global para todos ellos. Detectan como entrada el estado actual del entorno.

5. DEEP Q-LEARNING

Los ecosistemas Atari presentan un espacio de observación con un tamaño de 210x160 píxeles, cada uno con tres opciones de color RGB que aceptan valores entre 0 y 255. Esto resulta en la cantidad de observaciones posibles.

Las tablas de *Q-Values* son efectivas para tamaños mucho más pequeños, del orden de 500 observaciones posibles, pero su utilidad se limita mucho cuando el tamaño de muestra es mayor. Es por ello que



se desarrolla el *Deep Q-Learning*, el cual utiliza una red neuronal para obtener el *Q-Value* aproximado para cada posible acción.

Una vez obtenidos estos *Q-Values* se puede aplicar un criterio de teoría de juegos para elegir la mejor acción.

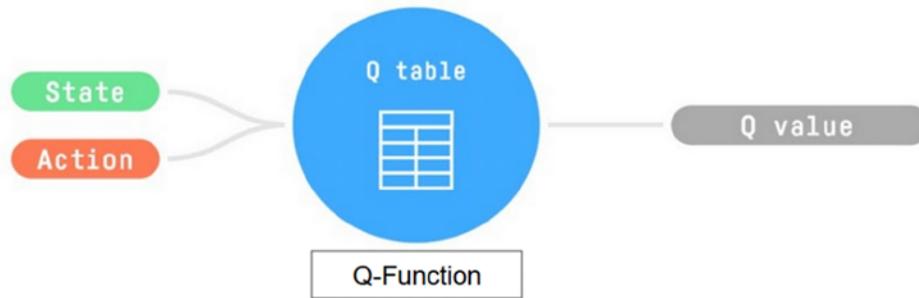


Figura 2. Q-Function

El *Deep Q-Learning* utiliza ciertas herramientas para optimizar el tiempo de procesamiento. Por ejemplo, como primer paso se convierte la imagen a escala de grises, puesto que los colores en los juegos Atari no otorgan información adicional que no pueda verse en tonos de gris. Además, para guardar de manera sencilla la información sobre la evolución temporal del juego se guardan las capturas (*frames*) de cuatro en cuatro.

La diferencia principal entre los algoritmos del *Q-Learning* sencillo y el *Deep Q-Learning* radica en que, mientras que en el primero se actualiza el *Q-Value* de una pareja acción-estado de manera directa, en el segundo se emplea una función de pérdidas que optimiza el cálculo de los parámetros del *Deep Q-Network* para mejorar la aproximación del *Q-Value*.

8

REPSOL

Analítica de la Cadena de Suministro

Alumnos: Álvaro Aragón
Alba Carrodegua
Claudia María Coduras
María del Carmen García
José María de Inza



1. INTRODUCCIÓN / DESCRIPCIÓN / OBJETIVOS DEL RETO

Repsol una multinacional energética y petroquímica española, cuya cadena de suministro comprende todo el proceso desde que se reciben las materias primas hasta que se envía el producto final al cliente. Dicho producto final puede ser: combustibles, electricidad, u otros productos esenciales para vehículos, como pueden ser lubricantes o refrigerantes, o bienes que puedan adquirir los clientes en establecimientos de grupo Repsol, principalmente estaciones de consumo.

Operar de forma óptima su cadena de suministro es fundamental para la empresa y, por lo tanto, desde el departamento de *Data Science* se trabaja en el desarrollo de modelos y herramientas para conseguir este objetivo. La operación óptima de la cadena de suministro incluye el análisis descriptivo, que permite entender la situación actual de la cadena, el análisis predictivo, que realiza una predicción de lo que pasará en el futuro, y el análisis prescriptivo, que define cómo actuar a partir de los resultados de los dos análisis anteriores.

El reto planteado forma parte del caso digital 'Control Tower', cuyo objetivo es optimizar la gestión de su cadena de suministro de GLP (Gas Licuado del Petróleo). Esta solución nace con el objetivo de centralizar la toma de decisiones de la cadena de distribución dejando a Repsol al mando de la decisión del número óptimo de botellas necesarias en cada factoría. 'Control Tower' está compuesto por 12 casos interconectados que se dedican a realizar los análisis previamente mencionados. En concreto, el reto se centra en Control Tower 2, que forma parte del análisis predictivo de la cadena de suministro y que en adelante se referirá a esta parte del reto como 'Análisis Predictivo', y Control Tower 8, que forma parte del análisis prescriptivo y en adelante se le llamará 'Optimización'.

2. EVOLUCIÓN / DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Análisis Predictivo

El análisis predictivo consiste en estudiar los datos históricos y actuales para llevar a cabo predicciones sobre el futuro. Se suele utilizar una mezcla de técnicas matemáticas, estadísticas y de *machine learning* avanzadas para analizar datos y explorar tendencias. Su objetivo es responder a la pregunta: ¿Qué es probable que pase en el futuro?, así como profundizar en los datos para lograr desarrollar posteriormente el análisis descriptivo. Este análisis se encarga del diagnóstico que atiende a las causas.



El primer paso del proyecto consiste en el tratamiento de los datos proporcionados, para su posterior uso en los modelos de predicción. Para ello, nos han dado acceso a un notebook de Jupyter interno en el cual podemos trabajar los datos.

La información disponible es: venta de bombonas en los diferentes almacenes, datos meteorológicos en cada ciudad, festivos nacionales y locales en España. Para conocer en mayor profundidad las relaciones entre *datasets* se analizaron diferentes correlaciones entre todos los datos, se llegó a la conclusión de que el factor que más afecta a las ventas es la relación de las festividades.

El caso en el que nos hemos centrado ha sido el Control Tower 2, el cual se basa en las ventas de diferentes productos en los almacenes de España.

El proceso se ha basado en la programación en Python, empezando por la lectura de todos los *datasets* para su posterior compilación en un *dataframe* maestro.

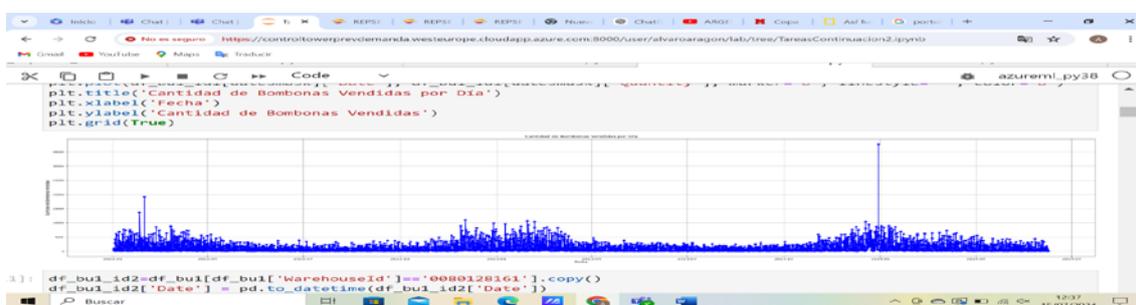


Figura 1 Demanda de bombonas en un almacén

En la Figura 1 se observan datos de un almacén en el que se aprecia la estacionalidad y la influencia que tiene la misma sobre las ventas. Con estos datos se procederá a un ajuste más preciso de los modelos posteriores para predecir la demanda.



Figura 2 Demanda bombonas segundo almacén



En Figura 2, se ven los datos de un segundo almacén que muestra una tendencia completamente diferente. En este caso se observa que a final de mes hay un pico de ventas, lo cual después de ser consultado con el cliente, se ha determinado que este pico se debe a que los datos de ventas son introducidos a final de mes por motivos económicos. Esto se ha debido tener en cuenta ya que los modelos no se ajustarían correctamente teniendo como base estos datos.

Después del análisis de los *datasets*, se podrán unir entre ellos para tener uno conjunto con todos los datos accesibles.

Una vez culminado el tratamiento de los datos disponibles, se obtuvo un *dataframe maestro* que incluía la información que finalmente se acabaría pasando al modelo para efectuar el análisis predictivo explicado en párrafos anteriores. Dicho análisis se llevó a cabo por medio de la librería de python *Repsens*, desarrollada por el departamento de *Data Science* de Repsol con el objetivo de facilitar el análisis de series temporales y la predicción de eventos futuros, como puede ser la demanda de bombonas de butano en diferentes almacenes distribuidos por territorio nacional.

Repsens incluye una gran variedad de modelos a disponibilidad del usuario, como regresores o clasificadores. Con el objetivo de efectuar el análisis, se tuvo que llevar a cabo una nueva limpieza de los datos disponibles, que quedaban reducidos a los incluidos en el *dataframe maestro*. La propia librería *Repsens* incluye funciones diversas para la limpieza final de los datos, lo que facilita en enorme medida esta tarea. Un ejemplo de ello podría ser el hecho de que no existían datos de temperatura para todos los días del año, habiendo incluso almacenes en concreto para los que faltaba un número considerable de muestras. Se habla de temperatura, identificativa de cada estación del año, como consecuencia de la presumible relevancia que dicho parámetro puede tener en la demanda de bombonas de butano. Esta falta de datos suponía un problema, pues no se le puede pasar al modelo filas en las que aparezca *NaN (Not a Number)*, que se resolvió por medio de interpolaciones lineales para cubrir hasta un límite de *NaN* consecutivos, así como eliminando directamente algunas filas, apenas el 1,4% de los datos, cuando el número de *NaN* en filas consecutivas excedía el límite impuesto. Todo lo recientemente mencionado se llevó a cabo de forma sencilla gracias a diferentes fórmulas incluidas en la documentación proporcionada por Repsol acerca de la librería varias veces mencionada.

Digna de mención, y que se tuvo en cuenta en la elaboración del proyecto, cuando se habla de modelos es siempre la división de los datos en *train* (entrenamiento, que suele presentar alrededor del 80% de los datos) y *test* (en torno al 20% de las muestras). La parte de *train* es aquella en la que el modelo ha de aprender de las relaciones entre las diferentes variables explicativas con la variable explicada (el número de bombonas vendidas), con el objetivo de ir ajustando dicho modelo y minimizando de forma progresiva el error. Tras esta se efectúa el *test*, en el que se evalúa el rendimiento del modelo. Al no emplearse los mismos datos, el *test* ofrece por norma general unos resultados fiables y representativos en cuanto a cómo se comportaría el modelo en situaciones reales, que es en último término el objetivo que tiene la elaboración del mismo. A parte de lo comentado, la división de los datos en *train* y *test* permite identificar un posible *Overfitting* o Sobreajuste, fenómeno que ocurre cuando el modelo aprende demasiado bien la información que recibe, incluido el ruido, lo que lleva a que, a pesar de que muestre un buen rendimiento en la parte de *train*, no lo hará en la de *test*. Dicho problema se soluciona frecuentemente disminuyendo la cantidad de variables que se muestra al modelo, especialmente aquellas que representan un menor peso o relevancia en la elaboración de la predicción, lo que es fácilmente identificable gracias a fórmulas incluidas en *Repsens*.



2.2. Optimización

La optimización matemática es una disciplina que busca encontrar la mejor solución posible, dentro de un conjunto de opciones disponibles, a un problema formulado matemáticamente, ya sea maximizando o minimizando una función objetivo sujeta a ciertas restricciones. El desarrollo y uso de modelos de optimización de la cadena de suministro ayuda a la Repsol a tomar decisiones informadas sobre la gestión de inventarios, la planificación de la producción, la distribución de productos y la asignación de recursos.

Esta parte del reto se divide en dos fases: el análisis de un modelo de optimización ya desarrollado y el desarrollo de un modelo de optimización para otra parte de la cadena de suministro de Repsol.

2.3. Análisis Modelo de Optimización

El caso de 'Control Tower 8' en el que hemos estado trabajando se basa en la optimización de la llegada de botellas vacías a las factorías, su llenado y su posterior distribución a los almacenes. El gas natural es el que se usa en el caso concreto de 'Control Tower 8' desde los pozos petrolíferos hasta los clientes. Es considerado un proceso logístico complejo que permite centralizar la toma de decisiones para que se optimice al máximo la distribución de botellas llenas y vacías.

El caso se simplificaba ya que la distribución de las factorías y los almacenes se posiciona de manera 1-N: Una factoría por cada N almacenes todos posicionados en la misma región. Esto permite solucionar los problemas de manera independiente.

Individualmente, factoría y almacén tienen sus propios intereses ya que factoría querría tener una fabricación plana, es decir, envasar lo mismo todos los días para facilitar su planificación interna diaria y, por otro lado, almacén desearía recibir las botellas que va a mover para no suponerle un gasto extra el almacenamiento.

La primera fase de la formación de optimización trataba de familiarizarnos con la aplicación web que es un entorno de prueba que permite realizar simulaciones modificando los parámetros. Algunos de los parámetros de decisión que influían en los distintos escenarios eran: factoría, almacén, transportistas, clientes, producto lleno, producto vacío y la secuencia de días.

Nuestra formación incluía identificar la razón detrás de la rotura de stock en cada caso. Los escenarios particulares para cada parametrización mostraban las distintas razones de rotura de stock. Algunos de los escenarios mostraban parámetros en un ratio de avería del 100% o niveles de producción que por error se posicionaban en 0. Algunos de los almacenes también mostraban niveles de stock y de pedido que impedían el reabastecimiento.

2.4. Desarrollo Modelo de Optimización

La segunda fase de la parte de optimización del reto ha consistido en formular y desarrollar un modelo de optimización para llevar a cabo la planificación logística de envíos de productos desde los almacenes de Repsol hasta las tiendas de sus gasolineras.

En primer lugar, se analizaron y trasladaron las necesidades de negocio a una formulación matemática que incluye conjuntos, parámetros, variables, expresiones, restricciones y la función objetivo. Los pará-



metros son los datos de entrada del problema tales como la demanda o características de los productos. Las variables de decisión incluyen el número de productos a enviar, la demanda no satisfecha y una variable binaria para indicar si se ha hecho un envío entre un almacén y una tienda en un cierto día. Algunos ejemplos de expresiones y restricciones son la ecuación del balance de stock y el volumen máximo que se puede almacenar en cada tienda respectivamente.

En la fase de programación del proyecto, se empleó Python debido a su versatilidad y robustez en la manipulación de datos y desarrollo de algoritmos de optimización. El uso de librerías especializadas como Pyomo ha facilitado la traducción del modelo matemático en una implementación computacional.

El modelo desarrollado consiste en una estructura de múltiples archivos interconectados en los que se realiza el flujo de operaciones necesario para llegar desde unos datos de entrada hasta los valores óptimos de las variables de decisión. Esto incluye el traslado de datos de entrada a estructuras de datos de Python, la definición del modelo de optimización, su resolución y exportación de los resultados obtenidos. Durante el desarrollo del modelo, se priorizó la modularidad y escalabilidad de la solución para asegurar una implementación flexible y adaptable a futuras necesidades y expansiones. Además, se llevaron a cabo pruebas para identificar y corregir posibles errores.

Como objetivo adicional, desde Repsol se propuso la incorporación de nuevos requisitos de negocio al modelo desarrollado. Estos se centraron en la consideración de la existencia de una flota de camiones, siendo la disponibilidad de cada camión limitada y teniendo cada camión un volumen máximo de productos que pueden transportar. Esto supuso una modificación tanto en la formulación matemática original como en el modelo programado, lo cual permitió comprobar su escalabilidad frente a nuevas necesidades de negocio.

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

El informe destaca la importancia y los logros del proyecto en la optimización de la cadena de suministro de GLP. En primer lugar, la implementación de análisis predictivo ha permitido anticipar la demanda de bombonas de GLP de manera más precisa, utilizando datos históricos y actuales, lo que ha facilitado la toma de decisiones informadas. El uso de la librería *Repsens* y la gestión adecuada de los datos han sido cruciales para desarrollar modelos predictivos robustos, asegurando que las predicciones sean fiables y aplicables en la planificación operativa de Repsol.

En segundo lugar, la optimización matemática ha proporcionado soluciones efectivas para la gestión de inventarios y la distribución de productos. La formulación y desarrollo de modelos de optimización, incluyendo la incorporación de nuevas variables como la flota de camiones, ha demostrado la capacidad del equipo para adaptarse a nuevas necesidades de negocio y mejorar la eficiencia logística. La aplicación de estas técnicas ha permitido identificar y solucionar problemas específicos, como la rotura de stock, y ha facilitado la implementación de soluciones modulares y escalables.

Finalmente, el proyecto ha demostrado la importancia de la colaboración entre la academia y la industria en el desarrollo de soluciones innovadoras para problemas complejos. La participación de estudiantes en un reto real de la industria energética no solo ha proporcionado resultados valiosos para Repsol, sino que también ha permitido a los participantes adquirir habilidades prácticas y experiencia en el uso de técnicas avanzadas de análisis de datos y optimización.



Siguientes pasos:

- **Implementación y Escalabilidad:** Integrar los modelos desarrollados en los sistemas operativos de Repsol y evaluar su rendimiento en condiciones reales. Hay que asegurar que las soluciones sean escalables y puedan adaptarse a cambios futuros en la demanda y la estructura de la cadena de suministro.
- **Mejora Continua:** Establecer un proceso de revisión y mejora continua para los modelos predictivos y de optimización. Incorporar *feedback* de los usuarios y datos adicionales para refinar las predicciones y optimizaciones.
- **Ampliación del Alcance:** Explorar la aplicación de las técnicas y modelos desarrollados en otras áreas de la cadena de suministro de Repsol, así como en otros productos y mercados. Evaluar la posibilidad de implementar soluciones similares en diferentes contextos operativos dentro de la empresa.

9

CÁTEDRA DE INDUSTRIA CONECTADA

Fine-tuning Local de LLMs para Q&A sobre Documentos Privados

Alumnos: Sofía Amores Parra
Iván Júdez Ráfales
Mario Ripoll Domínguez



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del proyecto

Este proyecto consiste en obtener un modelo de lenguaje final que sea capaz de responder correctamente a preguntas realizadas por un usuario basándose en información de documentos privados. Con este trabajo se pretende dar solución a la necesidad de muchas empresas de realizar consultas rápidamente a información relevante y precisa contenida en documentos privados. Además, se trabaja con el modelo en local para garantizar la confidencialidad y seguridad de la información.

Para lograr este fin, el flujo de trabajo se ha dividido en dos partes diferenciadas: la generación del conjunto de datos para ajustar el modelo y el *fine-tuning* propio del modelo. Se optó por este enfoque porque, aunque se encontró suficiente documentación en repositorios como GitHub y HuggingFace sobre el ajuste fino de LLMs en entornos locales, no había nada disponible sobre la generación de preguntas y respuestas a partir de texto. Además, otras alternativas requieren de una gran capacidad tanto de almacenamiento como de ejecución y no resultaban técnicamente viables.

En la Ilustración 1 se explica en detalle el proceso de este, incluyendo los nombres de los archivos que engloban cada proceso, así como los modelos utilizados en cada uno.

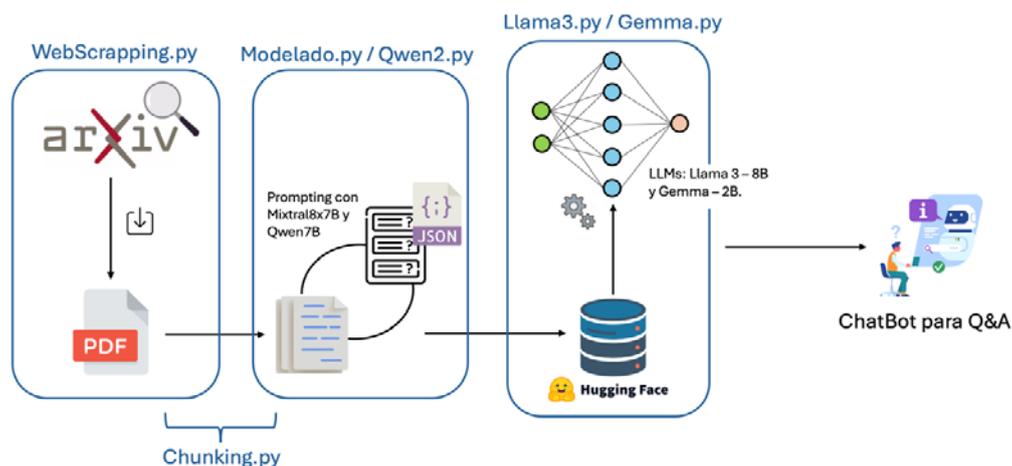


Ilustración 1: Flujo de trabajo



2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Selección del modelo para la generación del conjunto de datos

En primer lugar, se tuvo que escoger un modelo con el que poder realizar inferencia para obtener JSON de preguntas y respuestas, es decir, emplear un modelo ya entrenado para generar respuestas de acuerdo con el *prompt* proporcionado. La prioridad para la elección del modelo era poder encontrar código adaptado a GoogleColab y que descargase el modelo en local, para asegurar la confidencialidad de los documentos. La opción final fue Mixtral 8x7B-Instruct-v0.1 por diversas razones:

- Es un modelo relativamente novedoso (diciembre de 2023), lo que asegura que incorpora las últimas mejoras y avances en tecnología de procesamiento de lenguaje natural.
- Emplea la técnica de Mixture of Experts (MoE), que permite a diferentes partes del modelo especializarse en distintas tareas, mejorando la eficiencia y la precisión de las respuestas generadas.
- Requiere poca capacidad de GPU para hacer inferencia.
- Soporta una ventana de contexto de hasta 32k *tokens*, lo que permite manejar grandes volúmenes de texto y generar respuestas más contextualizadas y coherentes.
- Tiene 32 cabezas de atención, que mejora la capacidad del modelo para enfocarse en diferentes partes del texto simultáneamente, aumentando la precisión y relevancia de las respuestas generadas.
- La comunidad de usuarios y desarrolladores que respalda Mixtral 8x7B es activa, proporcionando documentación, soporte y actualizaciones constantes que facilitan su implementación y mejora continua.

Hubo un problema al realizar la primera compilación de este modelo en una unidad de computación de 24GB de GPU y, aunque se consiguió subsanar, como se explica posteriormente, se investigaron otros modelos para la generación de Q&A. Se tomaron como referencia los resultados de *LiveBench*, que es una plataforma que ofrece evaluaciones y comparaciones de modelos de inteligencia artificial según su desempeño en diferentes tareas. Investigando aquellos modelos con documentación en GoogleColab, se llegó a *Qwen2-7B-Instruct* como segunda alternativa.

Inicialmente también se consideraron otros modelos además de Mixtral 8x7B, como el Alpaca, Vicuna y Llama (posteriormente empleado en este proyecto), pero las métricas de evaluación junto con los requerimientos de GPU fueron los factores diferenciadores en la decisión final para no elegirlos.

2.2. Web Scraping

En primer lugar, se ha generado un *script* con una función que permite obtener documentos de Arxiv sobre un tema específico, ordenando los resultados de manera descendente por fecha hasta alcanzar un tamaño específico en GB. Esto ha permitido tener un control directo sobre la cantidad de gigas de información y el tipo de información con la que se va a ajustar el LLM.

2.3. Segmentación de la información

Continuando con el proceso, se generan *chunks* de información a partir de los documentos extraídos mediante *web scraping*. Estos fragmentos se introducen posteriormente en un bucle en el que se generan las preguntas y respuestas. Para proporcionar estos *chunks* al modelo, se ha decidido separar la información por párrafos y descartar aquellos párrafos con un reducido número de palabras (para filtrar así la información relevante de los documentos) y además se han eliminado las referencias empleadas en



los documentos, ya que carecen de contexto por sí solas. Este proceso queda reflejado en `Chunking.py`, un script de Python al que se ejecuta desde el `main`.

A pesar de que se valoró la opción de generar los *chunks* por medio de *prompts*, finalmente se descartó esta opción, ya que la información de cada documento queda completamente cubierta una vez se le especifica al modelo que “debe generar tantas preguntas como considere necesarias”.

2.4. Generación del Q&A con Mixtral

Para generar el JSON de preguntas y respuestas que posteriormente se emplearía para entrenar el modelo, primero se tuvo que ajustar ligeramente el modelo preentrenado Mixtral 8x7B. Aunque en este caso en concreto no se tiene acceso a los parámetros y sus correspondientes pesos, se tuvo que modificar la cuantización de estos para que cupiese en el entorno de ejecución de GoogleColab. Además, se tuvo que modificar los recursos de ejecución para que la GPU trabajase a máximo rendimiento ya que cuando se trabaja con LLMs se necesita operar en paralelo en lugar de secuencialmente.

Una vez ajustado el modelo, se pasó a la ingeniería del *prompt*. Este *prompt* se encuentra dentro del bucle en el que se procesan los *chunks* de los documentos, de manera que se generan preguntas y respuestas para cada párrafo. En esta etapa se probaron varias iteraciones, y finalmente se obtuvo el mejor resultado al proporcionar el formato de salida deseado en el propio *prompt*:

```
prompt = f"""
<s> [INST] You are a Q&A generation assistant.
Generate questions and their respective answers based on the information provided in the text until you've covered
all the information.
Ensure the questions are concise.
Do not numerate the questions.
If the answer is not in the text, say that there is not enough information to answer the question.
Ensure the answers are complete and clear. [/INST] </s>
[INST] Text: {chunk} [/INST]
"""
```

Ilustración 2: Prompt empleado en Mixtral8x7B

Para la generación y posterior separación de preguntas y respuestas se declararon varias funciones que permitían ajustar la temperatura y *tokens* máximos a emplear por el propio modelo. A pesar de parecer algo trivial, gran parte de las alucinaciones que se estaban obteniendo en las primeras iteraciones venían originadas por un valor de la temperatura excesivamente elevado, por lo que se optó por separar la generación de preguntas y respuestas en dos *prompts* diferenciados que permitiesen ajustar la temperatura para que las preguntas fuesen menos rígidas y las respuestas se ajustasen a la información proporcionada. Finalmente se optó por juntar la generación de preguntas y respuestas con una temperatura de 0.1 en ambos casos.

Por último, a medida que se generan las preguntas y respuestas, se van escribiendo en un archivo JSON. Durante la primera compilación del modelo Mixtral en una unidad de computación con 24GB de GPU, se encontró un problema de espacio en CUDA (memoria de la tarjeta gráfica). Esto ocurrió porque todas las preguntas y respuestas se almacenaban en un *array* de pares, y al finalizar el procesamiento de todos los fragmentos, se escribía este *array* en el archivo JSON, causando un agotamiento de la memoria. Como solución, se optó por escribir los pares de preguntas y respuestas en el JSON a medida que se iban generando, evitando así el colapso del *array* y, por tanto, de la GPU. Aun así, como se comentaba anteriormente, se decidió iterar también con otro modelo: Qwen2-7B-Instruct.

Por tanto, se emplearon dos LLMs distintos para generar un archivo JSON a partir de los mismos docu-



mentos. De esta manera, se cumplió un objetivo adicional: poder realizar una comparación objetiva del rendimiento obtenido con cada uno de los modelos y sus respectivos archivos JSON.

Estos archivos JSON se subieron en formato *Dataset* al repositorio de HuggingFace del proyecto, para poder trabajar con ellos más fácilmente sin tener que generarlos en cada compilación o guardarlos en local.

2.5. Fine-tuning de LLMs

Una vez finalizada la generación del conjunto de datos, se procedió con la segunda parte del proyecto: el *fine-tuning* de LLMs. La elección del modelo principal se basó en criterios similares a los usados anteriormente: documentación disponible para GoogleColab, métricas de evaluación y capacidad de ejecución en una GPU de 15GB de GoogleColab. Además, se buscó que el modelo fuera relativamente nuevo para asegurar que estuviera entrenado con datos recientes, permitiendo que el *fine-tuning* fuera efectivo al entrenarlo con datos específicos de un tema concreto. Por todo esto, se escogió el modelo de Meta Llama3-8B, lanzado en abril de 2024, que cuenta con 8000 tokens de contexto y ha sido entrenado hasta marzo de 2023.

Se partió de un Jupyter Notebook descargado de GitHub en el que se empleaba Llama 3 de manera local. Utilizando la biblioteca de Python *"unsloth"*, se optimizó el ajuste fino del modelo. Unsloth permite realizar el *fine-tuning* de manera más rápida y eficiente, utilizando hasta un 80% menos de memoria GPU. Además, la biblioteca ofrece soporte para cargar y ajustar modelos pre-cuantizados de cuatro bits, facilitando el manejo de grandes volúmenes de datos y mejorando el rendimiento del modelo durante la inferencia. Gracias a estas optimizaciones, fue posible ajustar Llama 3 de manera efectiva en un entorno con recursos limitados, como Google Colab.

El *fine-tuning* se realizó con una técnica conocida como Low-Rank Adaptation (LoRA), que consiste en modificar solo algunos parámetros del modelo mientras el resto de las capas permanecen "congeladas", asegurando así la retención de la información ya conocida por el modelo. Esto también permite que el modelo funcione con un rendimiento similar a pesar de consumir menos recursos computacionales. En este proceso, se ajustaron partes específicas del modelo que son clave para que entienda y procese la información correctamente. Además, se decidió no usar una técnica llamada dropout, que normalmente ayuda a evitar que el modelo se "sobreentrene", para asegurarse de que el rendimiento del modelo sea el mejor posible.

A continuación, se preparó el conjunto de datos a utilizar en el entrenamiento. La preparación de datos consistió en descargar el JSON de Q&A de HuggingFace y formatearlo con un *prompt* para que el modelo pueda diferenciar entre preguntas y respuestas:

```
alpaca_prompt = """Below is a question paired with an answer that provides further
context. Write a response that appropriately completes the request.

### Question:
{}

### Answer:
{}"""
```

Ilustración 3: Prompt para fine-tuning de Llama3.



Posteriormente, se entrenó el modelo obteniendo la siguiente función de pérdidas. Se observa cómo se estabiliza entre los valores de 1 y 1,5. Las curvas disminuyen rápidamente, lo que significa que el modelo aprende rápido de los datos que se le han proporcionado, y a pesar de que hay ciertas fluctuaciones una vez se estabiliza, estas no son muy grandes y pueden estar originadas por la naturaleza de los datos ya que en este caso particular son muy diversos y no han sido tratados con anterioridad.

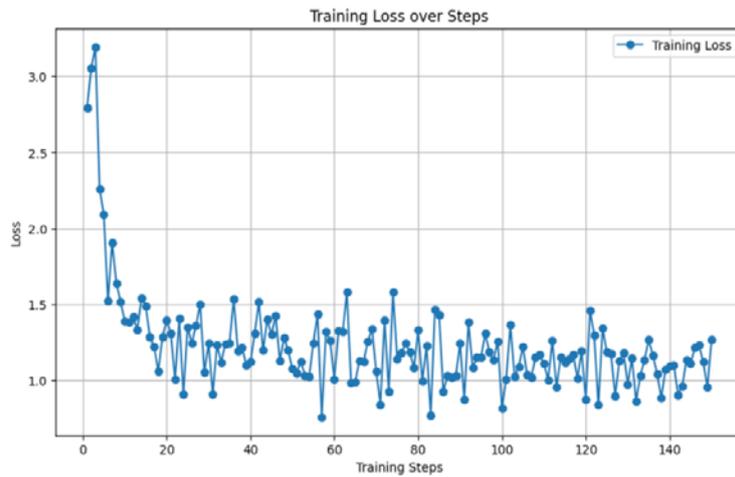


Ilustración 4: Evolución de la función de pérdidas del fine-tuning de Llama 3 con conjunto de datos de Mixtral

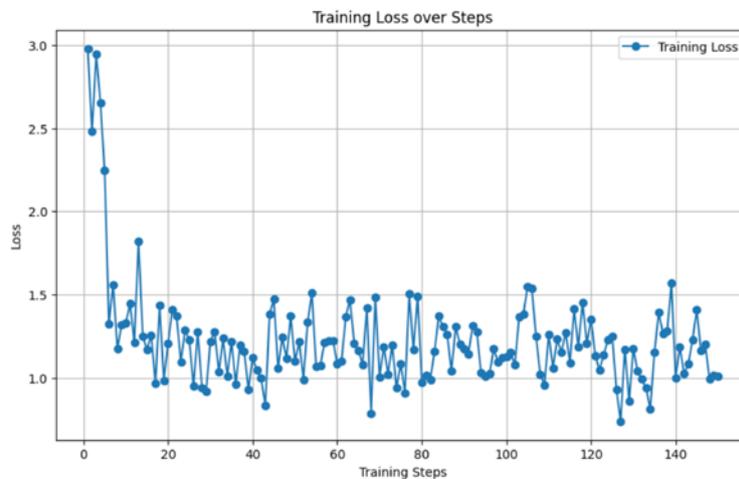


Ilustración 5: Evolución de la función de pérdidas del fine-tuning de Llama 3 con conjunto de datos de Qwen

Por último, para facilitar el uso del modelo ajustado, se ha implementado un ChatBot que permite una interacción sencilla y eficiente. El usuario ingresa su pregunta en el ChatBot, que la envía como *prompt* al modelo Llama, dejando la parte de la respuesta en blanco para que el modelo la complete automáticamente. Esto permite una comunicación fluida y natural entre el usuario y el modelo.



You: How do boundary conditions affect the local gauge/diffeomorphism transformations at the boundary?",
Bot: Boundary conditions can affect the local gauge/diffeomorphism transformations at the boundary by modifying the way in which they are applied or by introducing additional constraints. For example, Dirichlet boundary conditions can introduce additional constraints on the allowed transformations, while Neumann boundary conditions can modify the way in which the transformations are applied at the boundary.

You:

Ilustración 6: ChatBot

Finalmente, existe la posibilidad de guardar este modelo ajustado en el repositorio de HuggingFace para tener acceso a él rápidamente y de manera local.

Hubo un problema durante las primeras compilaciones del proceso de *fine-tuning* en una unidad de computación con 24GB de GPU. Se presentaron errores de dependencias entre librerías que no se pudieron resolver, ya que afectaban a otras partes del proceso. A pesar de varios días de intento, se lograron solucionar estos problemas. Aunque el modelo puede ejecutarse en Google Colab, se decidió buscar una alternativa más viable. Finalmente, se optó por el modelo Gemma 2B de Google, que ofrece una robusta arquitectura y compatibilidad con las librerías necesarias, permitiendo un ajuste fino eficiente sin los problemas de dependencia anteriores.

La configuración de parámetros de Gemma es muy similar a la de Llama3, ya que ambos modelos proceden de la librería de "unsloth" y emplean LoRa para el *fine-tuning*. Asimismo, la preparación del conjunto de datos, el correspondiente formateo, y el uso final del ChatBot se han implementado de la misma manera que en Llama3, ya que se había comprobado anteriormente su correcto funcionamiento. Al igual que en la primera parte del proyecto, al emplear dos LLMs diferentes para su ajuste *fine* se cumple un objetivo adicional: realizar una comparación objetiva del rendimiento y de sus respuestas. A continuación, se observa la función de pérdida de Gemma:

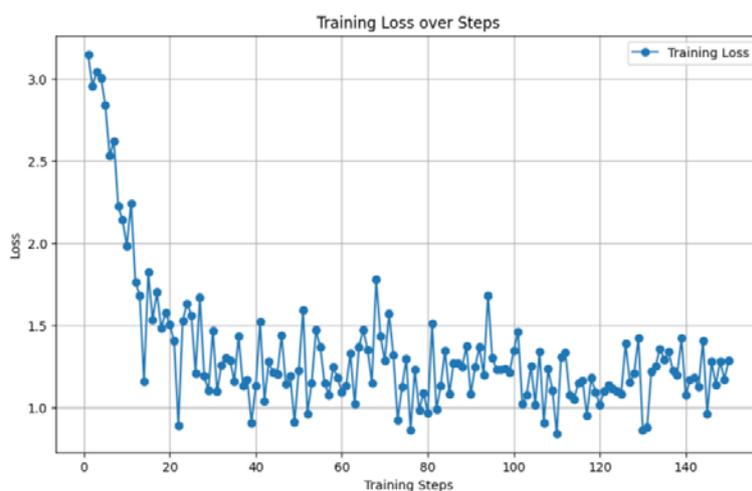


Ilustración 7: Evolución de la función de pérdidas del *fine-tuning* de Gemma con conjunto de datos de Mixtral

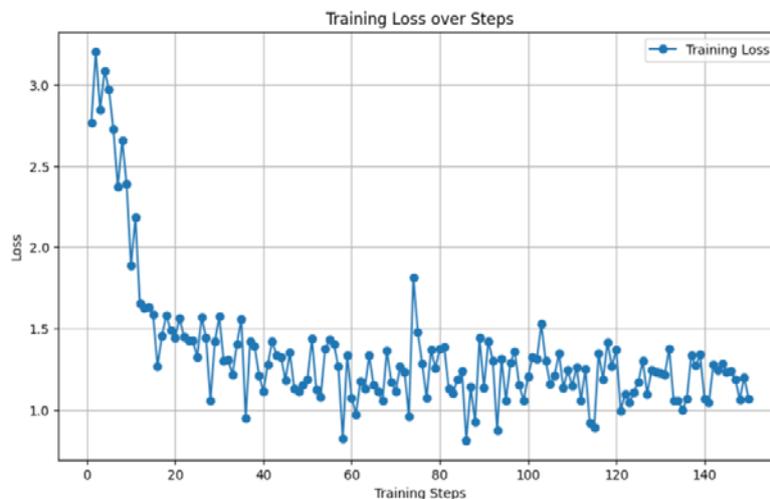


Ilustración 8: Evolución de la función de pérdidas del fine-tuning de Gemma con conjunto de datos de Qwen

Esta función de pérdidas se estabiliza en valores muy similares a los de Llama 3.

2.6. Integración de todo el código: proceso End-to-End

Por último, una vez se tuvo ambas partes del proyecto funcionando por separado, se han integrado en un solo Jupyter Notebook. Para una mejor limpieza y comprensión del código, se han empleado *scripts* de Python que realizan distintas funciones dentro del proceso global. Esta división se observa en la Ilustración 1.

Todos estos *scripts* son llamados desde un *main*, en el que se importan todas las librerías necesarias. En este archivo principal es donde se crea, se escribe y se sube (a nuestro repositorio de HuggingFace) el JSON de preguntas y respuestas. Asimismo, aunque el *script* de ajuste fino se ejecuta por separado, el ChatBot final aparece en el *notebook* principal, de manera que se consigue una interacción más sencilla e intuitiva con el usuario.

2.7. Técnicas de validación

Una vez completado el proceso *End-to-End*, se buscaron técnicas para evaluar la validez de las respuestas del modelo ajustado. Para ello, se utilizó un conjunto de *test* compuesto por 30 preguntas que estaban presentes de manera exacta en el conjunto de datos de entrenamiento y otras 30 preguntas sobre el mismo tema, pero que no habían sido utilizadas durante el entrenamiento del modelo. Las respuestas a estas 60 preguntas se guardaron en un archivo JSON, lo que permitió aplicar diversas métricas de validación para analizar la precisión y efectividad del modelo.

En primer lugar, se recurrió a la similitud del coseno, para evaluar la similitud entre dos vectores en un espacio vectorial. A la hora de hacer *fine-tuning* de LLMs resulta muy útil comparar el vector de respuestas del modelo una vez se le ha aplicado el conjunto de entrenamiento, con el vector de respuestas extraídas del propio JSON con el que se ha entrenado. De esta forma no solo se evalúa lo aprendido por el modelo, sino que también permite comprobar que no ha olvidado lo que ya sabía antes del *fine-tuning*.





Para este proyecto, la similitud del coseno se ha calculado como la media de 30 valores, correspondientes a los vectores respuesta de 30 preguntas obtenidas del JSON de entrenamiento. Al comparar los resultados se ha observado un incremento de aproximadamente un 9,51 % en el modelo Llama 3, es decir que se puede concluir que el proceso de *fine tuning* ha sido exitoso y que se ha aprendido sobre la temática de entrenamiento. Además, se puede empezar a descartar la idea de que haya *overfitting* ya que los valores no son muy próximos a uno y la curva de pérdidas vista con anterioridad no se ajusta a valores próximos a cero.

	Llama 3	Gemma
Antes del <i>Fine-Tuning</i>	0.5283	0.5178
Después del <i>Fine-Tuning</i>	0.6234	0.5954

Tabla 1 Similitud del coseno

Además, también se emplearon las métricas de BLEU, F1-Score, Recall y Accuracy, que permiten verificar que las predicciones del modelo son correctas, en este caso, hace referencia a las probabilidades de los tokens en ser generados en el momento de la respuesta. Estas probabilidades pueden ser modificadas en las funciones de generar texto que se han aplicado, para que el modelo sea más o menos rígido a la hora de generar la información.

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

3.1. Retos y problemas encontrados

La principal barrera encontrada desde el principio del proyecto, hace referencia a la capacidad computacional que requieren este tipo de tareas de *fine-tuning* de LLMs. Al ejecutar en local estos modelos, se deben almacenar no solo los parámetros (generalmente en el rango de 7B, 13B o 70B), sino que además se deben almacenar los pesos de estos. Generalmente los parámetros que se modifican son en torno al 1,5% en nuestro caso estos resultan ser más de 900.000 por lo que a pesar de aplicar técnicas de *quantización* y *LoRa* (técnica para reducir el número de parámetros necesarios para adaptar un modelo) la cantidad de recursos necesaria es muy grande. Encontrar *scripts* ejecutables en entornos de menos de 15GB de GPU y adaptarlos para que se pudieran compilar en un ordenador personal Linux de 24GB, ha sido un reto y la principal limitante del proyecto.

Otro de los principales inconvenientes encontrados ha sido la temática del proyecto. Ya que para hacer el *fine tuning* de un modelo 7B generalmente se recomienda emplear entorno a 10GB de información para entrenar al modelo, y en este caso no se disponía de un banco de documentos sobre el que entrenar. Como los modelos empleados son muy recientes y la información se obtiene de hacer un *web scraping*, era complicado encontrar una cantidad tan grande de información sobre un tema concreto en un espacio de tiempo tan reducido, y es por ello que se ha optado por hacer un *fine tuning* de las publicaciones más recientes sobre temáticas varias.

A pesar de ello, se debe tener presente que esta primera aproximación debe servir como base para futuras iteraciones y que, para futuros proyectos, la búsqueda de documentos dejará de ser un problema ya que los proporcionaría la propia empresa interesada en hacer un *fine-tuning* para implementar sus documentos privados en un LLM.

3.2. Líneas futuras

Algunas de las posibles líneas futuras a seguir en este proyecto, atienden principalmente a la necesidad de mayor capacidad de computación y una actividad más prolongada en el tiempo:

- En primer lugar, sería fructífero comparar los dos modelos con cada uno de los JSON generados y con una temática concreta para ver si la diferencia es o no apreciable, considerando que ambos modelos son de 7B. Otra alternativa sería poder realizar esta comparación incluyendo modelos que trabajen en rango superiores (13B o 70B) tanto para la generación del Q&A como en el posterior entrenamiento.
- También pueden aplicarse otras métricas de validación como RHLF (Reinforcement Learning from Human Feedback) o similares apoyadas en otros modelos de lenguaje más potentes que operen en el rango de los trillones de parámetros.
- Como se ha comentado con anterioridad, se deben hallar los valores óptimos que proporcionan una curva de pérdidas con la menor variabilidad una vez se ha estabilizado. Para ello se deben ajustar los valores de *learning rate* y *batch size* hasta encontrar los valores óptimos y ejecutables en un entorno de Google Colab
- En cuanto a la segmentación de la información, se pueden adoptar otras técnicas además de la separación por párrafos, como, por ejemplo: por temáticas, por *prompts* e incluso aplicar técnicas de superposición de *chunks* para asegurar que las preguntas y respuestas son generadas teniendo en cuenta todo el contexto de la información.
- Además de realizar *fine-tuning* a través de un banco de preguntas, se puede explorar la posibilidad de implementar RAG para la generación de respuestas. Esta técnica es muy empleada, por ejemplo, por Microsoft Azure, y puede servir para ayudar al modelo a generar respuestas recurriendo directamente a los chunks de información en el espacio multidimensional, generados directamente de los documentos, en lugar de recurrir al Q&A.
- Finalmente, debe considerarse la posibilidad de evaluar la claridad de las respuestas generadas por los modelos e inferencia. De esta forma se limitarían las posibles alucinaciones. Para ello deben aplicarse técnicas de evaluación que midan la veracidad de las respuestas y la no repetibilidad de las preguntas, ya que en caso de coexistir en el mismo documento de entrenamiento preguntas iguales y con respuestas diferentes se originan incoherencias y confusiones durante el entrenamiento.





10

CÁTEDRA DE INDUSTRIA CONECTADA

Asistente inteligente para la extracción de información de documentos científicos (RAP)

Alumnos: Diego López
Elena Sobrón

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en la creación de una interfaz que a través de un código de Python, desarrollado en este proyecto, permite emplear un asistente personalizado de OpenAI. Concretamente, este asistente se ha denominado RAP (*Researcher Asistente for Papers*), y está especializado en la lectura de documentos científicos en formato PDF. El objetivo final de éste es conseguir una interfaz sencilla para que cualquier usuario pueda hacer una consulta de uno o varios documentos PDF de forma simultánea. Especificando mediante instrucciones qué información desea extraer de los documentos, el usuario obtendrá una tabla en formato Excel con la respuesta del asistente. En el presente documento se irá explicando paso a paso cómo se ha obtenido el resultado final y cómo usar la herramienta.

1.1. Objetivos

Desde el inicio, había dos objetivos claramente marcados entorno al proyecto. El primero, era actualizar el código a la última versión disponible de OpenAI. Cuando se inició el reto, al equipo se le presentó un código con una versión de 2023 que no era compatible con la versión actual. Por lo tanto, el primer objetivo ha sido modificar el código para que éste fuera compatible con la nueva versión de OpenAI. El *script* actual trabaja con la última actualización que corresponde con la versión 1.35.7. El segundo objetivo, ha sido crear una interfaz sencilla e intuitiva para que cualquier usuario que disponga de una cuenta de OpenAI pueda utilizarlo desde su ordenador. Para ello, se han utilizado, principalmente, las librerías Tkinter y Pyinstaller. Con las modificaciones pertinentes, Pyinstaller convierte *scripts* de Python en un solo archivo ejecutable independiente. Este ejecutable incluye un cargador que configura el entorno de Python necesario, permitiendo que el *script* se ejecute sin requerir una instalación de Python en el sistema objetivo. Por su parte, Tkinter es la biblioteca estándar de Python para crear *interfaces* gráficas de usuario.

1.2. Descripción del proyecto

1.2.1. Definición de un asistente

Un asistente es un sistema basado en inteligencia artificial que se integra en aplicaciones para proporcionar respuestas a las consultas de los usuarios. A través del Assistants API soportado por OpenAI, el equipo ha creado un asistente personalizado que opera según unas instrucciones específicas que el usuario podrá modificar a través de la interfaz. Los asistentes de OpenAI soportan tres tipos de herramientas: el "*Code Interpreter*", que permite ejecutar y analizar código; "*File Search*", que facilita la localización de documentos dentro de un sistema y "*Functions*", que ejecuta operaciones definidas previamente para dar respuestas precisas y útiles. Concretamente, RAP se estaría ejecutando mediante la herramienta de "*File Search*".



La creación y funcionamiento de un asistente es sencilla. Los pasos básicos para crear un asistente son los que se muestran en la figura de abajo. Como se puede observar, el procedimiento consta de 3 pasos principales. El primero, se basa en crear el asistente indicando atributos como nombre, modelo de GPT, instrucciones o herramientas, entre otras. Después se debe crear el *thread* o hilo. Este *thread* es una sesión de conversación entre el asistente y un usuario. Almacena los mensajes intercambiados entre asistente y usuario en forma de lista, permitiendo mantener un contexto continuo a lo largo de la interacción. Por último, se realiza un *run*. El asistente utiliza la configuración predefinida y el historial de mensajes en el *thread* para generar una respuesta adecuada. Esta respuesta se añade al *thread*.

Cabe destacar el papel de la selección del modelo GPT. Elegir entre diferentes modelos de GPT, como GPT-3 y GPT-4, impacta en costes, calidad y precisión de las respuestas del asistente. GPT-3 es más económico (aprox. \$0.06 por 1,000 *tokens*) y adecuado para tareas generales, mientras que GPT-4, aunque más caro (aprox. \$0.12 por 1,000 *tokens*), ofrece mejor comprensión y precisión para contextos complejos. Versiones optimizadas como GPT-4-turbo presentan un equilibrio entre coste y desempeño (aprox. \$0.10 por 1,000 *tokens*). La decisión depende del presupuesto y las necesidades específicas de la aplicación.

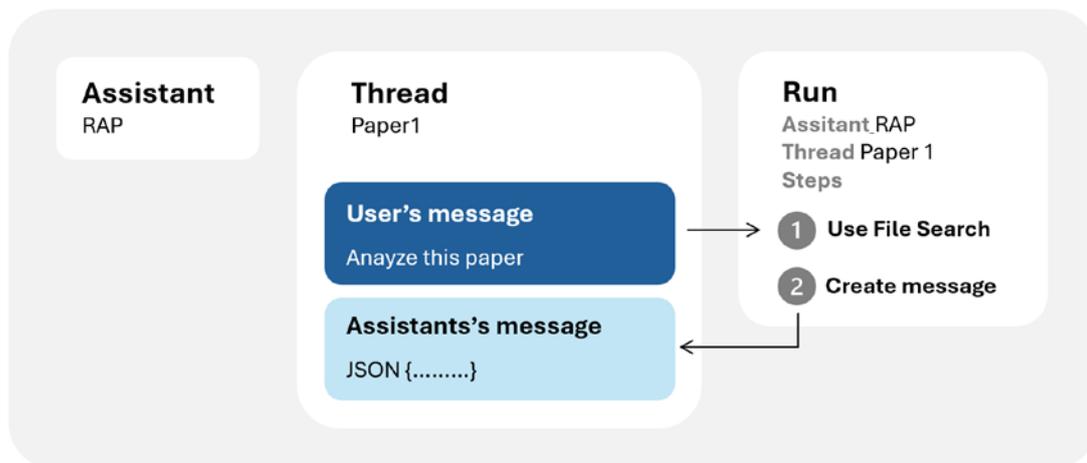


Figura 1. Proceso de ejecución del Asistente

1.2.2.

1.2.3. Funcionamiento de la APP

Toda aplicación se compone por una parte interna o cuerpo del programa, que no es visible para el usuario, y una parte externa que es la que está visible para el usuario. En el siguiente apartado, se describirá brevemente ambas partes. El funcionamiento interno es la cara oculta del programa con la que se ejecutan internamente las acciones necesarias. El funcionamiento externo se refiere a la interfaz gráfica con la que el usuario puede interactuar con el programa.

El resultado final de la interfaz se muestra en la figura 2. Como se puede observar la interfaz es sencilla. La imagen de arriba es la primera ventana en aparecer al arrancar el programa. Se trata de una pantalla de bienvenida que explica los requisitos iniciales para iniciar el programa.



Por su parte, la imagen de abajo es la pantalla principal. En ésta, el usuario deberá completar 3 pasos para obtener una respuesta del asistente:

- El primero, cargar los documentos.
- Después, deberá escoger el modelo de GPT que desee
- Por último, escribir las instrucciones al asistente.

Ventana de Bienvenida

Descripción para iniciar la aplicación

Inicio de la aplicación

VENTANA DE PRINCIPAL

Carga de documentos

Selección del modelo GPT

Editor de instrucciones del asistente

Carga del programa

Actualización estado del proceso

Figura 2. Descripción versión final de la interfaz (Arriba: Ventana de bienvenida, Abajo: Ventana Principal)



A continuación, se describirá por orden la secuencia de acciones que experimentará el usuario:

1) Arranque del programa

Al iniciar el programa, automáticamente aparece una ventana emergente en la que el usuario tendrá dos opciones: 1) iniciar la aplicación o 2) ingresar la *API key* de OpenAI. La *API key* funciona como una contraseña que permite a las aplicaciones comunicarse con servicios externos, garantizando que solo usuarios y aplicaciones autorizadas puedan utilizar las funcionalidades y datos de la API. Si es la primera vez que el usuario utiliza el programa deberá ingresar primero la *API key* para que el asistente funcione. La *API key* se guardará en variables de entorno del sistema. Esta opción también puede realizarse manualmente accediendo a configuración en el ordenador. Se debe tener en consideración que puede dar error si el usuario tiene permisos de administrador o si intenta iniciar la APP en un ordenador de empresa. Una vez guardada la *API key*, el usuario ya puede comenzar a utilizar el programa. De nuevo, si es la primera vez que éste inicia la APP, el programa se encargará de crear un asistente con el modelo gpt-4o y las instrucciones por defecto que son las que se muestran en la figura 3. En caso contrario, el programa detectará que el usuario ya ha ejecutado el programa con anterioridad y utilizará el mismo asistente que creó por primera vez, pero con las instrucciones que el usuario redactó por última vez.

1. Extract the year of publication and present it as a string under the key "year".
2. Extract the title of the paper and list it under the key "title" as a string.
3. List authors and their affiliations under the key "authors" as a single string.
4. Generate a 30-word summary of the abstract and include it under "abs_summary" as a string.
5. Identify and list key contributions as claimed by the authors under "contributions" as a string.
6. Analyze the "related work" section (and "introduction" if required) and generate an overview of the previous works in the field of the paper, including how the work in the paper fits this previous work.
7. For all papers, summarize the methodology under "methodology" as a string. For empirical papers, summarize the experimental design under "exp_design" as a string. For non-empirical papers, when they present one or several models, include here a description of the model or models presented. Otherwise, respond 'N/A' under this last key. Note that when results include performance of models against benchmarks, this is necessarily performed by conducting experiments.
8. Summarize key results under "results" as a string.
9. List the main conclusions under "conclusions" as a string.
10. Note any future works suggested by the authors under "future_work" as a string. This content is usually in the Conclusions section of the paper, so check this section out before stating authors do not suggest future work.

Figura 3. Instrucciones por defecto del asistente

2) Carga de documentos

Cuando el usuario carga los documentos que desea emplear se pueden dar dos situaciones. En primer lugar, si el programa detecta que no existe la carpeta *"input"*, lugar donde se van a almacenar los documentos para la carga, crea esta carpeta y los guarda. Por el contrario, si el programa detecta que ya existe dicha carpeta, primero se asegura que no haya ningún otro documento en la carpeta *"input"*. Si localiza algún documento, crea una subcarpeta denominada *"documentos_antiguos"*, los copia en ésta y copia los nuevos en la carpeta *"input"*. El objetivo es que durante la ejecución solo se suban a la nube los documentos que se hayan subido en esa carga.



3) Selección de modelo

En este caso, la funcionalidad es sencilla. Se trata de un desplegable donde el usuario debe escoger el modelo GPT más adecuado en función de sus necesidades y presupuesto como se ha explicado anteriormente. Las opciones propuestas son: gpt-4o, gpt-4o-turbo y gtp-3.5-turbo.

4) Instrucciones del asistente

Una vez seleccionados los documentos y el modelo de GPT, el último paso antes de la carga consiste en redactar las instrucciones sobre qué debe devolver el asistente a cerca de los documentos. Cuanto mayor precisión haya en la descripción, más precisa será la respuesta de éste.

5) Run del asistente

Teniendo todos los parámetros de entrada listos, el usuario deberá pulsar el botón "cargar programa" para comenzar a ejecutar el asistente. A partir de este punto, el programa se encarga de manera interna de realizar los procesos necesarios. Estos pasos se muestran en la siguiente imagen. De manera abreviada se puede resumir en: carga de documentos a la nube, actualización del asistente, *run*, respuesta en formato JSON y exportación del resultado en tabla en formato Excel. Como se puede observar, hay una casilla marcada con otro color. Esta casilla se trata de un paso adicional, que no era necesario, pero se ha añadido para intentar mantener una alta privacidad del usuario. Este paso se encarga de borrar los documentos de la nube una vez obtenida la respuesta del asistente para que solo permanezcan a nivel local en el ordenador del usuario.

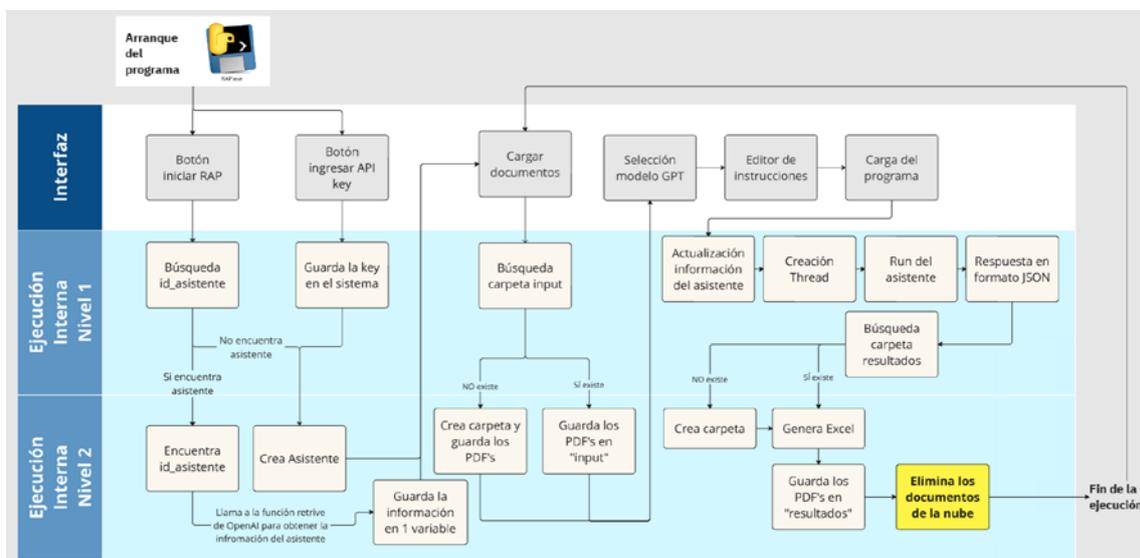


Figura 4. Esquema funcionamiento programa

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

Como se puede intuir a partir los objetivos, el proyecto ha tenido dos fases bien diferenciadas. Una primera, la actualización del código, y a continuación, la creación de la interfaz gráfica. El equipo partía de una experiencia escasa en el manejo de Python, el entorno de desarrollo de Visual Studio y la Inteligencia Artificial. Por este motivo, durante las primeras semanas del reto, el equipo estuvo sumergido en varios cursos de la cátedra y *online*. Ha sido a partir de la cuarta semana cuando se ha empezado a desarrollar el proyecto. En el siguiente cronograma se muestra cómo se ha ido desarrollando el proyecto.

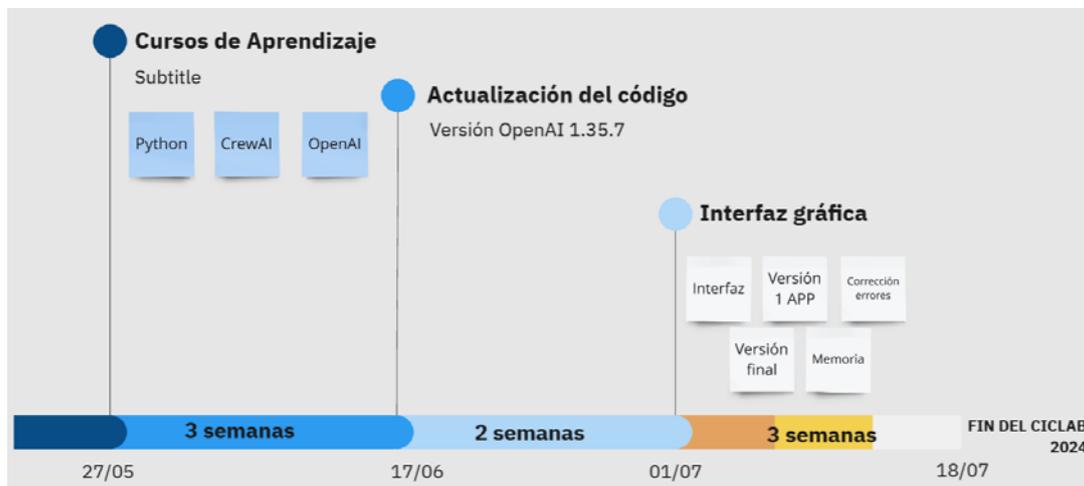


Figura 5. Cronograma desarrollo de proyecto

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

Los objetivos del proyecto se han completado con éxito. El asistente creado demuestra la capacidad de los sistemas de inteligencia artificial para procesar y extraer información relevante de documentos científicos. Por su parte, la funcionalidad de eliminación de documentos de la nube tras la consulta refuerza la privacidad y seguridad de los datos del usuario.

La actualización del código a la versión 1.35.7 de OpenAI no solo mejoró la compatibilidad del código con la versión actual, sino que también abrió la puerta a nuevas funcionalidades y mejoras en la precisión y eficiencia del asistente. La interfaz desarrollada con Tkinter y Pyinstaller proporciona una experiencia de usuario sencilla y directa, permitiendo a los usuarios cargar documentos, seleccionar el modelo de GPT adecuado y definir las instrucciones de búsqueda sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados. Se subraya de nuevo la importancia de la elección del modelo GPT para equilibrar costes y calidad. Esta flexibilidad permite a los usuarios seleccionar el modelo más adecuado según sus necesidades específicas y presupuesto.

De cara a futuros pasos, se plantea continuar optimizando el código para mejorar el rendimiento y reducir el tiempo de respuesta del asistente, especialmente cuando se manejan grandes volúmenes de documentos. Se busca también ampliar las funcionalidades, integrando nuevas herramientas y capacidades, en la interfaz que permita mayor flexibilidad en la creación y manejo del asistente.

En resumen, el proyecto RAP ha demostrado ser una herramienta valiosa para la comunidad académica, facilitando la extracción de información de documentos científicos de manera eficiente y precisa. Las futuras mejoras se centrarán en optimizar su rendimiento, ampliar sus capacidades y asegurar que sigue siendo una herramienta útil y relevante para los investigadores.



11

CÁTEDRA DE INDUSTRIA CONECTADA

Reconocimiento por imagen de expedientes académicos e introducción en base de datos

Alumnos: Carlos Avramoff Aguilar
Jaime Duarte Carrillo
Mateo Liz Soto

1. INTRODUCCIÓN / DESCRIPCIÓN / OBJETIVOS DEL RETO

En el marco del constante esfuerzo por mejorar la eficiencia administrativa y reducir la carga de trabajo manual, durante este período se ha desarrollado un innovador proyecto de lectura automatizada de expedientes académicos. Este proyecto nace de una necesidad identificada por la secretaría técnica el año pasado: la introducción manual de más de 3500 expedientes académicos anuales, una tarea que puede dar lugar a errores por la naturaleza rutinaria de la misma. Encontrando sinergias con las tecnologías emergentes, como el reconocimiento de caracteres por imagen (OCR) o modelos de lenguaje grandes (LLM) que mejoran de manera exponencial, se va a abordar el siguiente problema

Este proyecto es una continuación de otro proyecto realizado el año pasado por alumnos en el mismo contexto de trabajo, llamado SIDEQUEST II – Herramienta Secretaría. Se puede encontrar en la Memoria 2023 de la Cátedra de Industria Conectada, en el siguiente link: <https://files.griddo.comillas.edu/memoria-2023-catedra-de-industria-conectada.pdf>

El principal objetivo del proyecto es automatizar la lectura y el ingreso de los expedientes académicos en la base de datos institucional, garantizando la máxima precisión y eficiencia, partiendo de la base de la interfaz realizada el año pasado por otro equipo del CICLAB (ver el **enlace** anterior).

Para alcanzar estos objetivos, se ha desarrollado una solución tecnológica basada en el uso de herramientas avanzadas de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) y procesamiento de lenguaje natural (NLP). El proyecto se estructura en las siguientes fases y componentes:

De cara a las herramientas utilizadas, se ha empleado la API de ChatGPT-4 para el procesamiento de lenguaje natural y la tecnología de OCR de Microsoft Azure para la lectura de los expedientes académicos en formato de imagen.

Por otro lado, el *software* se ha desarrollado en Python, donde los datos extraídos en formato de cadena de caracteres por ChatGPT son procesados y convertidos a diferentes formatos. El flujo de datos pasa por una serie de conversiones: desde una tupla, a un archivo JSON, y finalmente a un archivo Excel, que es el formato (a priori) utilizado para la integración con la base de datos.

En cuanto a los resultados esperados, al ser una tarea que posee una importancia elevada, se busca que la eficiencia del proceso sea del 100%, es decir, que cada nota devuelta por el modelo de lenguaje usado se corresponda con la leída del expediente académico y con las asignaturas de nuestra base de datos.

La dificultad del proyecto reside en la disparidad de los expedientes académicos entre sí, así como en las asignaturas que cursan y su manera de referirse a ellas.



2. EVOLUCIÓN / DESARROLLO DEL PROYECTO

Para abordar el problema se propusieron varios planteamientos, y una vez obtuviésemos los resultados de cada uno, se escogería el método a mejorar.

El método principal era el de recibir los expedientes académicos, que varían entre sí de una manera significativa, leer sus notas, y rellenar una plantilla con las asignaturas que la base de datos de la Universidad considera. Hay expedientes sin dibujo técnico o física en primero de bachillerato, y otros sin historia del arte o cultura clásica. Para ello, incluimos en la plantilla 3 o 4 asignaturas con el nombre de genérica X para designar las que no son comunes entre sí.

La métrica que utilizamos para medir los resultados fueron las notas acertadas que obteníamos en el Excel o el .json, dividida entre el número de notas que había que acertar. Por ejemplo, si en nuestro expediente de origen venía la asignatura de inglés definida como *Primera Lengua Extranjera 9*, y en nuestra base de datos se había rellenado la fila inglés con un 9, se daba como correcta.

2.1. Primer Planteamiento

El **primer planteamiento** consistía en un proceso largo, pero aparentemente con más control sobre el dato.

Este consistía en tomar el archivo .pdf en el que viene dado el expediente, realizarle una conversión a imagen a través de ciertas bibliotecas, aplicarle el OCR y pasar la cadena de texto a un archivo .txt. Este se guarda y se le aplica por primera vez el modelo LLM, cuya función era sacar las notas explícitamente, sin el formato de la BBDD (base de datos) de la Universidad. Estas notas se almacenan y se utiliza de nuevo el modelo LLM como pasarela entre formatos, para ya finalmente almacenarlo en la BBDD de la Universidad.

Entre las opciones para realizar las transformaciones utilizamos las siguientes bibliotecas:

- pdf2image. Para pasar de pdf a imagen
- openpyxl. Para crear un archivo Excel donde guardaremos los outputs.
- azureOCR. Para realizar el sistema de reconocimiento por imagen (OCR).

En este último, aunque hay varios modelos para realizar el OCR, se eligió modelo *LayoutLMv2*. Las otras opciones disponibles son *LayoutLMv3*, *LayoutXLM*, *Donut...*

La razón por la cual se ha escogido el modelo *LayoutLMv2* es porque es de los pocos modelos que soportaba la biblioteca azureOCR. Además, es uno de los modelos más extendidos y usados debido a su baja complejidad y longevidad, que lo hace estar más pulido que otros.

Alguna de las estrategias que se usaron para mejorar los resultados, estaba la de utilizar una función de inferencia en el *prompt* para que el propio LLM aprendiese más rápido.

Aun así, los resultados no son del todo buenos, con una media de 52,92% de notas acertadas.

Gran parte de los errores cometidos era que el modelo LLM intentaba rellenar las asignaturas de la BBDD de la Universidad. Por ejemplo, si en el expediente no había alemán, pero en la BBDD si que se consideraba, la rellenaba, frecuentemente con una nota inventada.

Otro de los problemas se encontraba en las asignaturas que contenían alguna palabra en común. Otro ejemplo, si en el expediente académico aparecía Matemáticas y Refuerzo de Matemáticas, ésta última no la incluía en genérica, si no que sobrescribía la asignatura de Matemáticas.



2.2. Segundo Planteamiento

En el **segundo planteamiento** se aplicaron las herramientas que ofrece la API de OpenAI de *Assistant*, *Thread*, *Run*... Se hizo con el objetivo de acortar los pasos intermedios entre la introducción y lectura de expedientes hasta la devolución de las notas en el formato de la universidad. Así, aprovechando la nueva tecnología de ChatGPT-4o, eliminaríamos el OCR de Microsoft Azure, y la pasarela de un formato a otro.



Ilustración 1. Esquema de Funcionamiento del Asistente de OpenAI.

Esta alternativa, sin embargo, no mejoró los resultados anteriores. Y se optó por crear nosotros el asistente, en vez de usar esa herramienta.

El problema principal fue la lectura de distintos expedientes mediante la herramienta *vector_stores*. Desafortunadamente, no se supo resolver el problema, y la respuesta que se recibía era de un expediente antiguo con el que se había intentado entrenar al modelo.

2.3. Tercer Planteamiento

Como ya se ha comentado, el tercer planteamiento consiste en introducir de manera "manual" el archivo, ya que pudo ser el punto más problemático del planteamiento anterior, el no manejar de manera correcta los *vector_stores*.

Con este planteamiento recuperamos uno de los elementos del primer planteamiento que era el OCR. Entonces, el proceso queda de la siguiente manera: introducir el pdf en el OCR de Azure, obtener una cadena de texto de ello, hacerlo pasar por un LLM como ChatGPT-4o, y el propio modelo sacar un .json en formato de la BBDD de la Universidad.

Los resultados en este punto fueron más prometedores, aunque el principal problema seguía existiendo. Con un 87,62% de notas acertadas, en los expedientes más comunes erraba en una o en dos como máximo. Sin embargo, aquellos expedientes que difieren mucho en las asignaturas seguían sin hacerlas del todo bien. Por ejemplo, algunos colegios británicos, donde aparecían física en una asignatura distinta de química; o literatura inglesa y lengua inglesa; o el número de genéricas superaba lo que contemplaba nuestra base de datos, pues erraba más y reducía el porcentaje de aciertos significativamente.

Aunque la mayoría de los archivos tenía un porcentaje de aciertos del 100% o, en el peor de los casos, 93,33%, en una tarea como ésta, no se debería asumir ningún error.

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

De cara a mejorar este porcentaje de aciertos, e intentar conseguir una efectividad del 100% se podrían estudiar maneras de incluir, en el propio *prompt*, las particularidades que un colegio pueda tener. Sin embargo, esto podría acarrear ciertos problemas como sobreinformación que haga alucinar al modelo como tal.

También se plantea la posibilidad de introducir varios modelos de lenguaje con tareas específicas como verificar la información que se extrae del primer LLM, con la cadena de texto que extrae el OCR, aunque esto aumentaría la complejidad del código e incluso la trazabilidad del dato.

En definitiva, se puede afirmar que, aunque se ha avanzado en el modelo para automatizar la lectura de los expedientes, debido a la criticidad de la tarea, aún no es suficiente con los resultados conseguidos.





12

CÁTEDRA DE INDUSTRIA CONECTADA

Monitorización y previsión de mercado para cursos de postgrado LifeLong Learning

Alumnos: Javier Asensio Blázquez
Rodrigo López de Uralde Lozano
Pablo Villanueva Carvajal

1. INTRODUCCIÓN: DESCRIPCIÓN DEL RETO Y OBJETIVOS

El proyecto de monitorización y previsión de mercado para cursos de postgrado LifeLong Learning (Universidad Pontificia Comillas) empezó como una herramienta de monitorización de novedades y actualizaciones que han ido surgiendo y surgirán en el mundo de los Cursos de Postgrado para mantener a la Universidad a la vanguardia en este aspecto. El principal objetivo del proyecto ha sido crear una herramienta dinámica y funcional que permita a los profesionales de la universidad encontrar las demandas del sector empresarial en lo relativo al LifeLong Learning o educación continua.

Para este proyecto hemos contado con un objetivo claro desde el inicio: Mantener a la cabeza del sector educativo a la Universidad mediante herramientas que permitan a los expertos conocer las tendencias y novedades que demanda el mundo empresarial para el cuál se dirigen directamente estos cursos.

El principal problema al que nos hemos enfrentado desde el inicio del proyecto ha sido la utilización de Claves API tanto de Google como de OpenAI para la mejora del rendimiento y el dinamismo de este nuevo instrumento de búsqueda avanzado, así como la puesta en marcha de esta herramienta para que pudiese ser plenamente funcional y de gran utilidad para la Universidad y el departamento de Postgrado de la misma.

Por último, también es importante mencionar el gran valor de esta herramienta para diversos usos y el propuesto como principal, pues puede resultar muy útil y valioso para distintos sectores tanto del sector educativo como del empresarial.

2. EVOLUCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO

DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA

Para abordar el proyecto propuesto por la cátedra, hemos desarrollado una estrategia de trabajo en dos fases, utilizando dos códigos distintos:

1. Recolección de Datos: Código de Recolección de Datos con la API de Google:

- Hemos creado un código que utiliza la API de Google y un motor de búsqueda personalizado con acceso libre a Google.
- Este código recaba texto de las webs que encuentra Google basándose en las siguientes palabras clave (*keywords*) proporcionadas:
 - o "Lifelong Learning"
 - o "Executive education"



- "Continuing education"
 - "Upskilling & reskilling"
 - "Microcredentials"
 - "Stackable education"
 - "Postgraduate forums"
 - "Continuing education forums"
 - "Lifelong learning forums"
 - "Foro postgrado"
 - "Foro formación continua"
- El código está preparado para incluir nuevas palabras clave si se requiere.
 - Las palabras clave fueron proporcionadas por el departamento de Life Long Learning y ampliadas a través de OpenAI dándole las pautas oportunas para que creara nuevas.
 - El resultado de este proceso es un archivo de texto (txt) que contiene el texto extraído de todas las webs que Google ha encontrado con las *keywords*.

2. Análisis de Datos: Código de Análisis de Datos con la API de OpenAI:

- El segundo código se conecta a la API de OpenAI y procesa el archivo de texto generado en la primera fase.
- Este código lee los textos de cada una de las webs y extrae la información solicitada a través de unos *prompts* específicos.
- Además de crear un resumen con las ideas extraídas de cada web, el código también recaba los puntos clave en conjunto de todas las webs en un solo resumen.
- Para asegurar la calidad del análisis, hemos configurado los siguientes *prompts*:
 - **Prompt de Sistema:**
 - Eres un profesional de la consultoría cuyo proyecto trata de mejorar el departamento de Life Long Learning de una universidad a través de investigar nuevas tendencias y prácticas innovadoras en universidades y centros reputados alrededor del mundo.
 - **Prompt de Usuario:**
 - Estudio de tendencias. Analizar lo que están haciendo las instituciones con las que rivalizamos. Prospección de mercado.
 - Importante: no queremos meternos en sectores junior. Trabajamos con sectores senior; 7 años de experiencia por lo menos.
 - Objetivo: Búsqueda de oportunidades de formación.
 - Quédate con la información que digan los profesionales y las empresas. También con aquella que aporten centros de prestigio.
 - Descarta todas las URLs que no aporten información relevante.



3. RESULTADOS OBTENIDOS

Análisis Global:

Análisis de Tendencias y Prácticas Innovadoras en Life Long Learning.

1. Categoría: Universidades

Harvard University

- Programas para Líderes Senior: Harvard ofrece programas específicos para líderes senior de diversos sectores, con el objetivo de optimizar su efectividad y hacer una diferencia en sus organizaciones.
- Certificados Profesionales y Educación Continua: Se destacan los certificados profesionales y la educación continua como herramientas clave para el desarrollo profesional, con un enfoque en la aplicabilidad inmediata de las habilidades adquiridas.
- Programas Blended (Combinados): Los programas que combinan aprendizaje *online* y presencial son una tendencia creciente, ofreciendo lo mejor de ambos mundos.
- Redes Globales y Colaboración: Los programas están diseñados para ayudar a los líderes a fortalecer sus redes globales y colaborar en la construcción de soluciones más inteligentes y sostenibles.

Stanford University

- Flexibilidad y Accesibilidad: Stanford ofrece una amplia gama de programas, clases e incluso un instituto de secundaria en línea, lo que permite a los estudiantes de todas las edades y ubicaciones acceder a la educación.
- Interdisciplinariedad: Programas disponibles en diversas escuelas como negocios, educación, ingeniería, humanidades y ciencias, derecho, medicina y sostenibilidad.
- Desarrollo Profesional y Personal: Los programas están diseñados para apoyar tanto el avance en la carrera actual como la preparación para un cambio de carrera.
- Uso de Tecnología y Educación Digital: Fuerte enfoque en la educación digital, con un Viceprovost dedicado a la educación digital, lo que indica una infraestructura robusta para el aprendizaje en línea.

University of Washington (OLLI)

- Flexibilidad y Variedad de Cursos: Ofrecen cursos no acreditados sin exámenes ni calificaciones, lo que puede atraer a profesionales que buscan aprender por interés personal o desarrollo profesional sin la presión de evaluaciones formales.
- Formato Híbrido: La combinación de clases en línea y presenciales, así como la opción de unirse a grupos de discusión tanto en persona como por Zoom, refleja una tendencia hacia la flexibilidad en los formatos de enseñanza.
- Participación Comunitaria y Voluntariado: La estructura de OLLI se basa en la participación activa de sus miembros, quienes pueden proponer y liderar cursos de manera voluntaria.



2. Categoría: Empresas

PwC

- Upskilling y Reskilling: PwC ha implementado el programa “New world. New skills.” que ha alcanzado a más de 10 millones de personas, enfocándose en mejorar las habilidades digitales.
- Colaboración y Comunidad: PwC trabaja con diversas organizaciones para mejorar las habilidades digitales en comunidades con mayores necesidades.
- *Transformación Digital: Las instituciones educativas necesitan transformarse digitalmente para ofrecer servicios adecuados para el futuro.
- Colaboración Multinivel: Las soluciones para el desafío de la capacitación deben desarrollarse a nivel local, regional y nacional.

Verizon

- Programas de Formación Técnica y Profesional: Verizon y edX ofrecen programas de formación técnica y profesional sin costo en áreas como IA, negocios, codificación, comunicación, finanzas e IT.
- Acceso a Certificaciones Profesionales: Los participantes pueden acceder a más de 250 cursos y 84 programas de certificación profesional.
- Herramientas de Desarrollo y Exploración: Verizon proporciona acceso a herramientas adicionales como consejos de carrera, recursos, una bolsa de trabajo y eventos relacionados con la industria.

Amazon

- Reskilling y Upskilling: Amazon ha implementado programas de *reskilling* para convertir a trabajadores de almacén en técnicos de IT y científicos de datos.
- Programas de Formación Estructurados: Amazon ofrece programas de formación que incluyen tanto capacitación en vivo (virtual) como videos y cursos de *e-learning*.

3. Categoría: Foros

World Economic Forum

- Reskilling y Upskilling: La mitad de los empleados necesitarán *reskilling* para 2025 debido a la adopción de nuevas tecnologías.
- Habilidades del Futuro: Habilidades tecnológicas como inteligencia artificial, ciberseguridad, computación en la nube, y desarrollo de software.
- Enfoque en Habilidades Críticas: Habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la autogestión son cada vez más importantes.

Association for Talent Development (ATD)

- Desarrollo de Talento: ATD se enfoca en empoderar a los profesionales para desarrollar talento en el lugar de trabajo, lo que puede incluir programas de formación continua, mentorías, y desarrollo de liderazgo.



- **Reputación y Prestigio:** Considerar las prácticas de centros de prestigio, lo que puede incluir la adopción de metodologías de enseñanza innovadoras, uso de tecnología avanzada en la educación, y programas de colaboración con la industria.

PROPUESTAS DE MEJORA

Para mejorar y expandir los Programas de Life Long Learning hemos establecido las siguientes propuestas:

- 1. Implementar Programas de Reskilling y Upskilling:** Desarrollar programas específicos para el desarrollo de habilidades avanzadas y la reubicación de empleados en nuevos roles. Colaborar con empresas y centros educativos de prestigio para diseñar estos programas.
- 2. Adoptar Tecnologías Avanzadas:** Integrar tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y la realidad virtual en los programas de formación para personalizar y mejorar la experiencia de aprendizaje.
- 3. Fomentar la Colaboración y Comunidad:** Crear plataformas y oportunidades para el aprendizaje entre pares y la colaboración en tiempo real. Establecer alianzas estratégicas con empresas y organizaciones para ofrecer programas de formación que respondan a las necesidades del mercado.
- 4. Desarrollar Programas de Certificación y Micro-Credenciales:** Ofrecer microcredenciales y certificaciones que permitan a los profesionales adquirir habilidades específicas de manera rápida y efectiva. Utilizar credenciales digitales para validar y mostrar habilidades adquiridas.
- 5. Promover la Inclusión y Diversidad:** Implementar iniciativas de inclusión y diversidad en los programas de formación para asegurar que todos los individuos tengan acceso a las oportunidades educativas sin discriminación.
- 6. Evaluar y Ajustar Continuamente los Programas:** Establecer mecanismos para la evaluación continua y el ajuste de los programas de formación para maximizar su efectividad y alineación con las demandas del mercado laboral.

Implementar estas propuestas puede ayudar a mejorar significativamente el departamento de Life Long Learning, asegurando que los programas ofrecidos sean relevantes, actualizados y atractivos para profesionales senior.

7. CONCLUSIÓN Y FUTUROS PASOS

El proyecto de monitorización y previsión de mercado para los cursos de postgrado LifeLong Learning en la Universidad Pontificia Comillas ha resultado en la creación de una herramienta dinámica y funcional que sitúa a la institución a la vanguardia del sector educativo. Desde el inicio, el objetivo fue claro: mantener a la universidad a la cabeza mediante el uso de tecnologías avanzadas para identificar y analizar las demandas del sector empresarial en lo relativo a la educación continua.

La implementación del proyecto implicó superar retos técnicos significativos, como la utilización de Claves API de Google y OpenAI. Estos desafíos fueron abordados con éxito, desarrollando un sistema de recolección de datos a través de la API de Google y un análisis detallado mediante la API de OpenAI. Este sistema permitió extraer y sintetizar información valiosa de diversas fuentes web, proporcionando *insights* cruciales sobre tendencias y prácticas innovadoras en la educación continua.



El análisis global arrojó resultados reveladores sobre las estrategias de universidades de prestigio y grandes empresas. Por ejemplo, Harvard y Stanford destacan por sus programas para líderes senior, flexibilidad en la oferta educativa y el uso de tecnologías avanzadas en sus modelos de enseñanza. Asimismo, empresas como PwC, Verizon y Amazon están implementando programas de *upskilling* y *reskilling*, subrayando la importancia de la transformación digital y la colaboración comunitaria.

Además, foros influyentes como el World Economic Forum y la Association for Talent Development (ATD) enfatizan la necesidad de habilidades críticas y el desarrollo del talento en el lugar de trabajo, ofreciendo un marco de referencia valioso para mejorar los programas de LifeLong Learning.

Las propuestas para mejorar y expandir los programas de formación continua incluyen la implementación de programas de *reskilling* y *upskilling*, la adopción de tecnologías avanzadas, la promoción de la colaboración y la comunidad, el desarrollo de certificaciones y microcredenciales, la inclusión y diversidad, y la evaluación continua de los programas. Estas recomendaciones aseguran que la universidad no solo se mantenga relevante y competitiva, sino que también responda de manera efectiva a las necesidades cambiantes del mercado laboral.

En conclusión, este proyecto creó una herramienta invaluable para la Universidad Pontificia Comillas y estableció un modelo replicable para otras instituciones educativas que buscan mantenerse a la vanguardia en la educación continua. La combinación de tecnologías avanzadas y un enfoque estratégico garantiza que los programas de LifeLong Learning sean pertinentes, innovadores y alineados con las demandas del mercado empresarial actual.

Por último, también nos gustaría agradecer a la Cátedra de Industria Conectada de la Universidad Pontificia Comillas por esta gran oportunidad de aprendizaje en la resolución de problemas complejos mediante las nuevas tecnologías y las aplicaciones industriales, así como a las empresas patrono de la Cátedra: Acerinox, Antolin, Enagás, Endesa, Gestamp, IBM, Indra, PackBenefit, Pladur, Prosegur y Repsol. Gracias a todas ellas hemos logrado un acercamiento al mundo laboral y a la resolución de problemas de diversa índole y naturaleza, sin duda un gran aprendizaje útil en el resto de nuestra vida estudiantil y en la futura laboral.



13

CÁTEDRA DE INDUSTRIA CONECTADA

IA Generativa

Alumno: Rodrigo Vecino de Haro

1. INTRODUCCIÓN

¿Cuáles son las trayectorias de crecimiento, las tendencias y las lagunas de las publicaciones científicas sobre inteligencia artificial generativa en industrias y empresas?

1.1. Descripción del proyecto

La inteligencia artificial generativa (IA generativa) es una rama avanzada de la inteligencia artificial que se centra en la creación de contenido nuevo y original, ya sea texto, imágenes, música u otros tipos de datos. A diferencia de otros tipos de IA que analizan datos existentes y proporcionan respuestas basadas en patrones previos, la IA generativa tiene la capacidad de generar datos completamente nuevos que imitan o se inspiran en el conjunto de datos de entrenamiento. La IA generativa ha supuesto un cambio en la industria y no pretende ralentizarse. Desde su gran aparición en noviembre de 2022, la IA generativa ha avanzado significativamente, influenciada por desarrollos en redes neuronales, aprendizaje profundo y procesamiento del lenguaje natural.

La importancia de la IA generativa se extiende a diversas industrias y empresas, proporcionando desde la automatización de procesos hasta el desarrollo de soluciones específicas para sus clientes. Modelos avanzados como ChatGPT, Copilot o Llama 3, entre noviembre de 2022 y abril de 2024, ya forman parte esencial de las herramientas utilizadas por múltiples sectores. A continuación, se detallan algunos de los beneficios de la IA generativa, mostrados en la Figura 1.

- **Soluciones Personalizadas**

La IA generativa permite la creación de soluciones personalizadas adaptadas a las necesidades específicas de cada negocio o individuo. Utilizando algoritmos avanzados y datos personalizados, es posible desarrollar productos y servicios que se ajusten perfectamente a los requisitos únicos de los clientes, mejorando así la satisfacción y la lealtad.

- **Automatización**

Uno de los beneficios más significativos de la IA generativa es su capacidad para automatizar tareas repetitivas y mundanas. Esto no solo reduce el tiempo y los costos asociados con estas tareas, sino que también permite a los empleados centrarse en actividades más estratégicas y creativas, incrementando así la eficiencia operativa de las empresas.

- **Innovación acelerada**

La IA generativa impulsa la innovación al permitir el desarrollo rápido de nuevas ideas y productos. Gracias a su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos y generar soluciones creativas, las empresas pueden experimentar y prototipar más rápidamente, llevando productos innovadores al mercado en menor tiempo.



• **Aumento de Datos**

El aumento de datos se refiere a la capacidad de la IA generativa para crear nuevos datos basados en conjuntos de datos existentes. Esto es especialmente útil en campos como la investigación científica y el desarrollo de productos, donde los datos adicionales pueden mejorar la precisión de los modelos predictivos y las decisiones basadas en datos.

• **Mejora de la productividad**

Al automatizar procesos y proporcionar herramientas avanzadas para el análisis y la toma de decisiones, la IA generativa contribuye significativamente a la mejora de la productividad. Los empleados pueden trabajar de manera más eficiente y con mayor precisión, lo que se traduce en un mejor rendimiento y resultados empresariales superiores

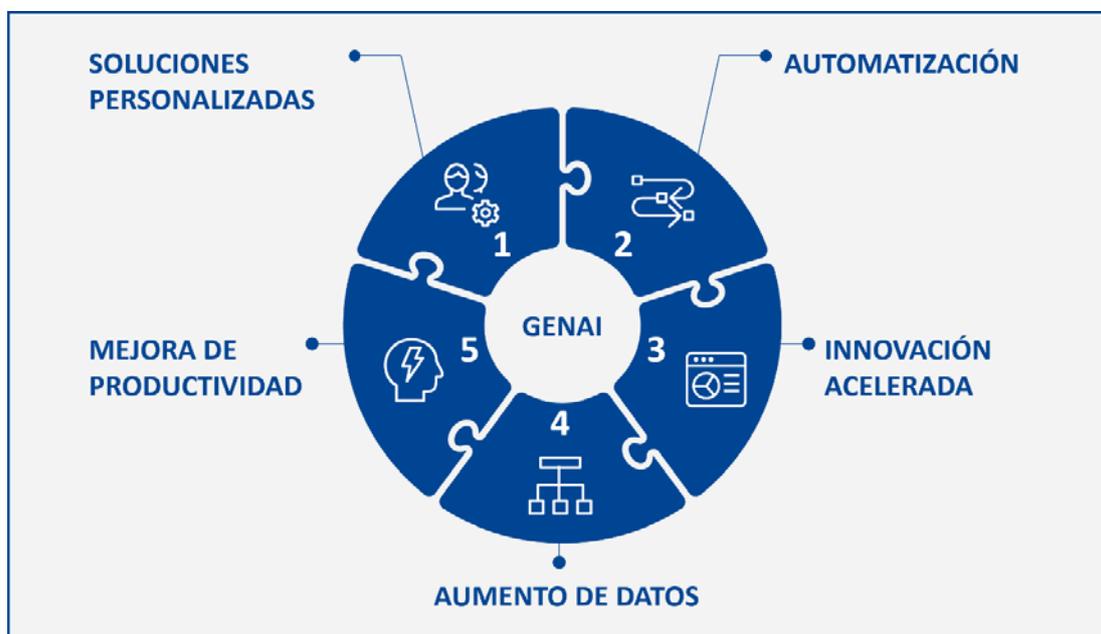


Figura 1: Beneficios de la Inteligencia Artificial Generativa.

1.2. Objetivos

El principal objetivo de este proyecto es investigar y mapear las trayectorias de crecimiento, tendencias y lagunas en las publicaciones científicas sobre la IA generativa en el contexto de aplicaciones industriales y empresariales. Estos objetivos se desglosan en las siguientes metas específicas:

- Identificar las áreas de crecimiento y los temas emergentes en la investigación de la IA generativa.
- Detectar tendencias clave en la aplicación de la IA generativa en distintos sectores industriales.
- Descubrir lagunas en la literatura existente que puedan representar oportunidades para futuras investigaciones y aplicaciones.
- Proporcionar una base de datos consolidada y preprocesada de artículos científicos relevantes y recientes para futuros estudios.
- Evaluar las colaboraciones entre países.



2. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para desarrollar el artículo de investigación sobre las trayectorias de crecimiento, tendencias y brechas de las publicaciones relacionadas con la inteligencia artificial generativa en las industrias y empresas, hemos seguido un proceso meticuloso y sistemático.

Para ello, hemos implementado un proceso de seis etapas, cada una diseñada para optimizar la calidad y relevancia de los datos recopilados y analizados. Estas etapas incluyen la búsqueda de información, la limpieza de publicaciones, la verificación de la elegibilidad, el manejo de datos faltantes, la inclusión de información adicional y el análisis final. Este proceso ha sido detallado en la Figura 2.

Este proceso estructurado y detallado asegura que nuestra investigación no solo es rigurosa y exhaustiva, sino también relevante y valiosa para entender las dinámicas actuales de la IA generativa en las industrias y empresas.

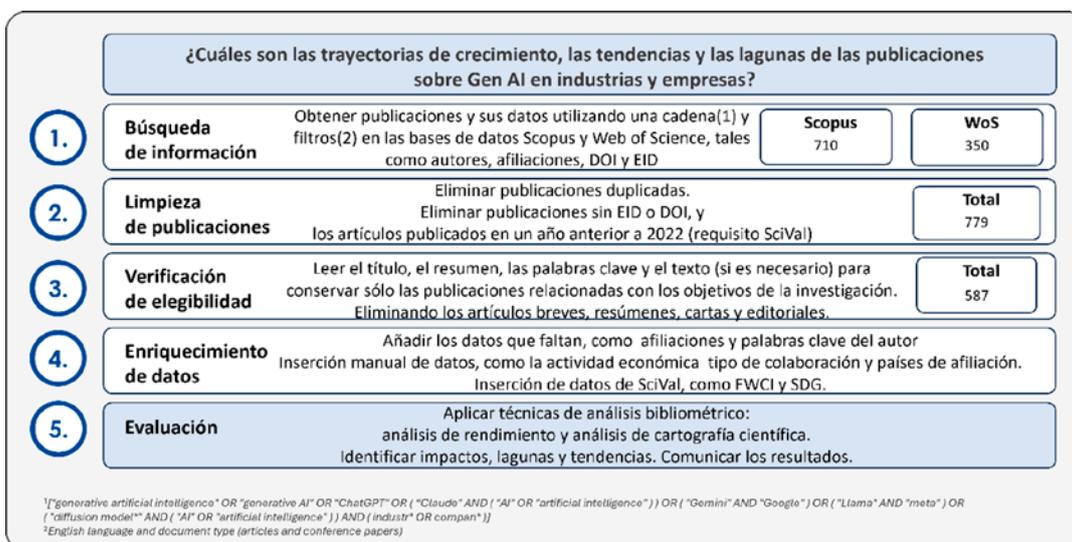


Figura 2: Proceso del proyecto.

2.1. Búsqueda de información

La búsqueda de información se inició el 7 de junio de 2024, identificando dos fuentes principales: Scopus y Web of Science. Estas bases de datos son reconocidas mundialmente por su amplia cobertura de artículos científicos y académicos. La estrategia de búsqueda se realizó buscando en el título, resumen y palabras clave, palabras relacionadas con "generative artificial intelligence" y "generative AI", junto con términos como "industry*" o "compan*", y palabras clave relacionadas con las herramientas como "Chatgpt" o "Claude".

Los datos obtenidos fueron filtrados para incluir solo artículos o conferencias en inglés, garantizando una colección exhaustiva y pertinente de publicaciones. El string de búsqueda se muestra en la Figura 3.



```
[“generative artificial intelligence” OR “generative AI” OR “ChatGPT” OR
(“Claude” AND (“AI” OR “artificial intelligence”) OR (“Gemini” AND “Google”) OR
(“Llama” AND “meta”) OR (“diffusion model*” AND (“AI” OR “artificial intelligence”))
AND (industr* OR compan*)]
```

Figura 3: String de búsqueda.

2.2. Limpieza de publicaciones

De las 1.060 publicaciones buscadas, se lleva a cabo una limpieza de estas. En primer lugar, se unificaron las dos fuentes de las bases de datos, reestructurando sus formatos para posteriormente facilitar su análisis. Una vez formateados, se eliminaron los artículos repetidos, asegurando que fueran únicos en la base de datos. También se eliminaron aquellos artículos que carecen de DOI y EID, ya que sin esta referencia el análisis no se llevaría a cabo.

Tras esta limpieza en las publicaciones, redujimos la base de datos de 1.060 publicaciones a 779.

2.3. Verificación de elegibilidad

La búsqueda de publicaciones realizada puede llevar a publicaciones no relevantes para los objetivos del proyecto. Por ello, se creyó conveniente hacer una revisión manual de nuestra base de datos, asegurando la precisión y relevancia de la base de datos con los objetivos del proyecto: estudiar en cómo y en qué campos de la industria o compañías se está adoptando o investigando el uso del GenAI.

Para la validación de las publicaciones, se ha recopilado y leído el título, resumen, palabras clave y el texto de la publicación (solo si era necesario), eliminando aquellos que no cumplieran con el criterio y las publicaciones muy cortas, cartas, encuestas o publicaciones para editoriales.

Finalmente, se redujo la base de datos a 587 artículos.

2.4. Falta de información

A pesar de la búsqueda realizada en las fuentes de datos, Scopus y Web of Science, muchos de las publicaciones carecían de mucha información muy relevante para extraer conclusiones de estos. Por ello, se comprobó y se añadió más información de las publicaciones, completando los campos de países de origen del artículo, el mes de publicación y las instituciones afiliadas con las que se llevó a cabo esta publicación.

2.5. Inserción de información adicional

Sabiendo ya las publicaciones con las que se va a realizar el estudio, completamos la base de datos de forma manual para que el estudio sea significativo. Con esta búsqueda se consiguió completar los atributos “tipo de colaboración” y “actividad económica” (sector/compañía industrial). Cabe destacar que la actividad económica de cada publicación ha sido completada en base a “Nomenclature of Economic Activities” – NACE, una clasificación de las actividades de compañías desarrollada por la Unión Europea. La clasificación se muestra en la Tabla 1.



Código	Encabezado
A	Agricultura, silvicultura y pesca
B	Explotación de minas y canteras
C	Fabricación
D	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado
E	Suministro de agua; alcantarillado, gestión de residuos y actividades de descontaminación
F	Construcción
G	Comercio mayorista y minorista
H	Transporte y almacenamiento
I	Actividades de alojamiento y servicios de comida
J	Actividades de edición, radiodifusión y producción y distribución de contenidos
K	Telecomunicaciones, programación informática, consultoría, infraestructura informática y otras actividades de servicios de información
L	Actividades financieras y de seguros
M	Actividades inmobiliarias
N	Actividades profesionales, científicas y técnicas
O	Actividades administrativas y de servicios de apoyo
P	Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria

Tabla 1: Clasificación NACE.

Por otro lado, decidimos ampliar la base de datos con nuevos atributos desde la fuente de búsqueda de SciVal, en la fecha del 2 de julio de 2024, completando la información de nuestra base de datos.

- Citaciones: Se refiere al número de veces que un artículo académico ha sido citado por otros artículos. Es una medida del impacto y relevancia de un trabajo en la comunidad académica.
- SGD (*Sustainable Development Goals*): Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son un conjunto de 17 objetivos globales establecidos por las Naciones Unidas en 2015, que buscan abordar problemas mundiales como la pobreza, la desigualdad, el cambio climático, la degradación ambiental, la paz y la justicia. Cada artículo puede estar relacionado con uno o más de estos objetivos.
- FWCI (*Field-Weighted Citation Impact*): El Impacto de Citación Ponderado por Campo es una métrica que compara el número de citaciones que ha recibido un artículo con el promedio de citaciones esperadas en su campo. Un FWCI de 1 indica un rendimiento promedio, más de 1 indica un rendimiento superior al promedio, y menos de 1 indica un rendimiento inferior al promedio.

Además, para comprobar que toda la información tratada fuese correcta, se realizó una comprobación comparando los resultados de nuestra base de datos con la información extraída de SciVal. Gracias a esta comparación se pudo comprobar que hay autores con mismo apellido e inicial del nombre. Por ejemplo, las abreviaciones de autores como "Li, Y" podrían referirse a Li, Yu o a Li, Yong. Por ello, decidimos usar el número de citaciones de cada autor proporcionado por SciVal.

Por otro lado, comprobando los países de cada publicación, identificamos algunos errores que se cometieron durante el proceso de completar la información manualmente. Estos errores incluyen tanto errores ortográficos como que la lista de países era incompleta.



2.6. Base de datos

Toda la información de la base de datos es recogida en la Tabla 2, que nos proporciona una visión detallada del impacto y alcance de nuestras investigaciones. La tabla incluye información sobre el total de publicaciones (TP) que asciende a 587, desglosadas en publicaciones en revistas (JP) y conferencias (CP) con 312 y 275 respectivamente. Asimismo, se mencionan métricas de citas como el total de citas (TC) que es de 2,332, el número de publicaciones citadas (NCP) con un valor de 247, y la fracción de publicaciones citadas (PCP) que es 0.42. Además, se presentan indicadores de impacto como el índice h (h-index) de 24, el índice g (g-index) de 41 y el índice i-10 (i-10 index) de 54, junto con detalles sobre el acceso abierto y cerrado de las publicaciones. Esta tabla es fundamental para comprender el rendimiento académico y la colaboración internacional en nuestras investigaciones, con un total de 2,114 autores colaboradores y contribuciones desde 77 países diferentes.

Información Principal	Abreviación	Descripción	Valor
Métricas de publicación y fuente			
Total de Publicaciones	TP	Total de Publicaciones	587
Publicaciones en Revistas	JP	Número total de publicaciones en revistas	312
Publicaciones en Conferencias	CP	Número total de publicaciones en conferencias	275
Métricas de citas en Publicaciones			
Total de Citaciones	TC	Suma total de citas en todas las publicaciones	2,332
Numero de Publicaciones citadas	NCP	Número total de publicaciones con citas	247
Porción de publicaciones citadas	PCP	Fracción de publicaciones citadas, es decir, NCP/TP	0.42
FWCI	-	Número promedio de FWCI	4.39
Publicaciones con FWCI < 1	-	Número total de publicaciones con FWCI menor a 1	371
Publicaciones con FWCI > 1	-	Número total de publicaciones con FWCI mayor a 1	216
h-index	h	Número h de publicaciones citadas al menos h veces (métrica de influencia)	24
g-index	g	Número g de publicaciones citadas al menos g ² veces (métrica de impacto)	41
i-10 index	i-10	Número de publicaciones citadas al menos 10 veces	54
Publicaciones con acceso abierto	-	Número de publicaciones de acceso abierto	254
Publicaciones con acceso cerrado	-	Número de publicaciones de acceso cerrado	333
Métricas de autores, afiliaciones y países			
Número de autores colaboradores	NCA	Número total de autores contribuyentes	2,113
Publicaciones con autoría única	SA	Número total de publicaciones de autor único	88
Publicaciones con coautoría	CA	Número total de publicaciones en coautoría	499
Autores por publicación	-	Promedio de autores por publicación, es decir, NCA/TP	3.6
Países	-	Número total de países	77
Afiliaciones	-	Número total de afiliaciones	889

Tabla 2: Información principal extraída.



2.7. Evaluación

Para el análisis de las publicaciones se utilizaron diversas técnicas, entre las que se incluyen:

Análisis de desempeño:

Para identificar patrones en las publicaciones, como las tendencias mensuales de conferencias y artículos, y los sectores más investigados y estudiados para aplicar la IA generativa en sus negocios.

Publicaciones por país con su PIB: Este análisis presenta una comparación visual entre el número de publicaciones científicas y el Producto Interno Bruto (PIB) de los países con más publicaciones y de la Unión Europea. El eje izquierdo y las barras azules representan el número de publicaciones, mientras que el eje derecho y la línea naranja indican el PIB en trillones de dólares estadounidenses.

En el análisis se puede observar cómo los países con economías más grandes tienden a producir más publicaciones científicas en el ámbito de la IA generativa. Sin embargo, también destaca que no siempre hay una correlación directa y que algunos países con economías más pequeñas están haciendo contribuciones significativas a la investigación, posiblemente debido a políticas específicas de apoyo a la ciencia y la tecnología. Esta combinación de datos económicos y académicos proporciona una visión integral de cómo los recursos económicos pueden influir en la producción científica global.

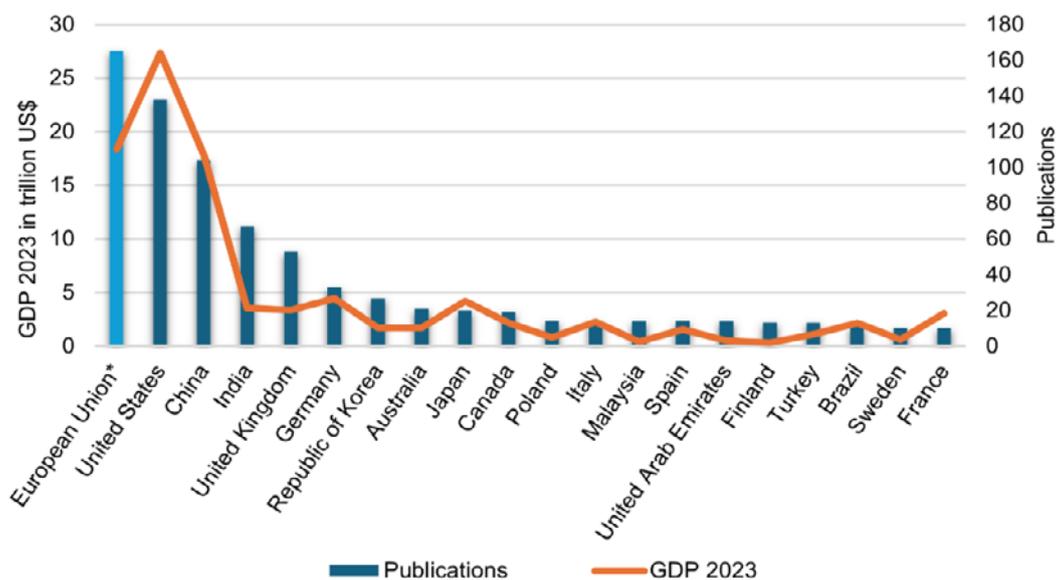


Figura 4: Publicaciones por países de la Unión Europea con su PIB.

Análisis de tendencias por mes: Observando los análisis extraídos se pueden comprobar cómo tras el despliegue a nivel global de la herramienta de ChatGPT, el interés global fue mayúsculo, como se muestra en la Figura 5. No solo para emplear esta tecnología, sino para investigar el uso de la IA generativa en otras aplicaciones industriales. Este hecho provocó que muchos autores interesados en el tema quisieran publicar lo antes posible, escribiendo más publicaciones de conferencias. Este hecho se puede comprobar viendo las tendencias de publicaciones al mes por conferencia y artículo, ver Figura 6.

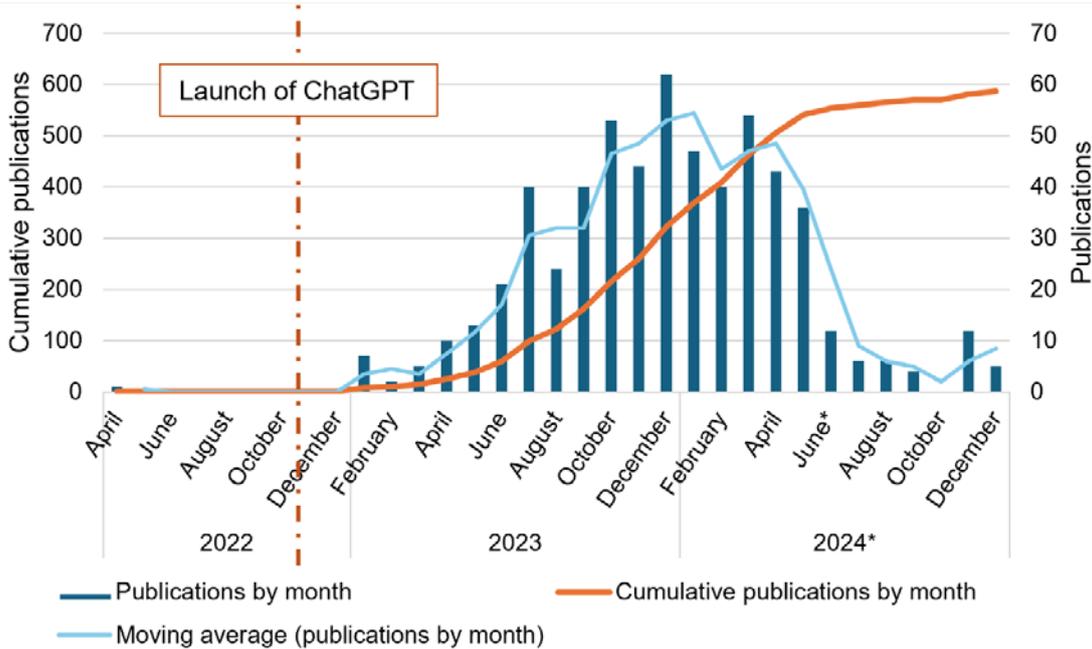


Figura 5: Publicaciones al mes.

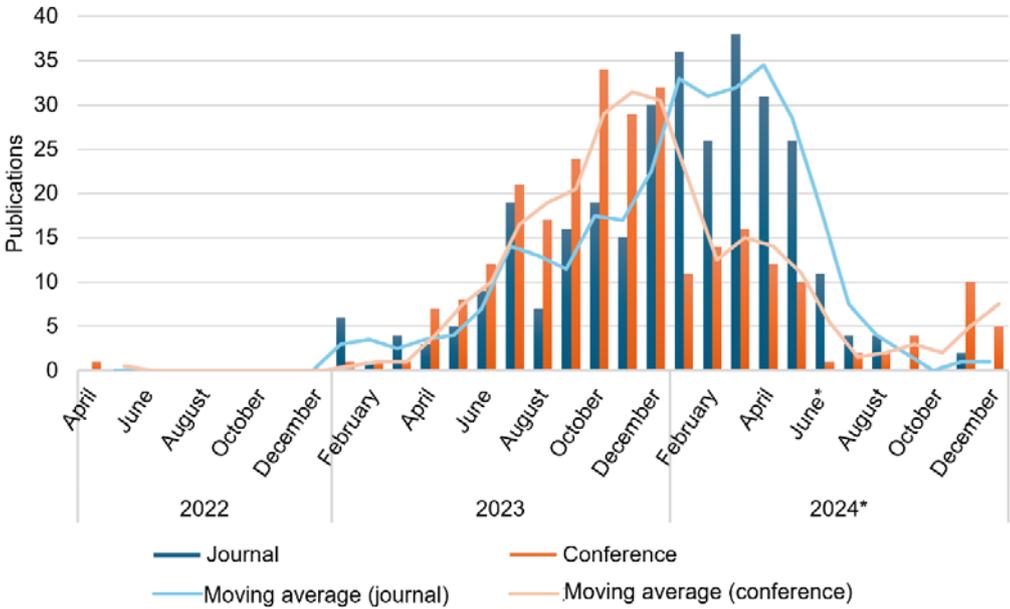


Figura 6: Publicaciones al mes, según artículo o conferencia.

Sectores más estudiados: El análisis de los artículos por sectores permite saber el grado de interés que hay según la industria. El estudio muestra un gran interés en sectores de educación, telecomunicaciones y en fabricación, al contrario que en sectores como el arte, agricultura o transporte, donde la participación en la investigación no es significativa.



INVESTIGACIÓN (CIC-LAB)

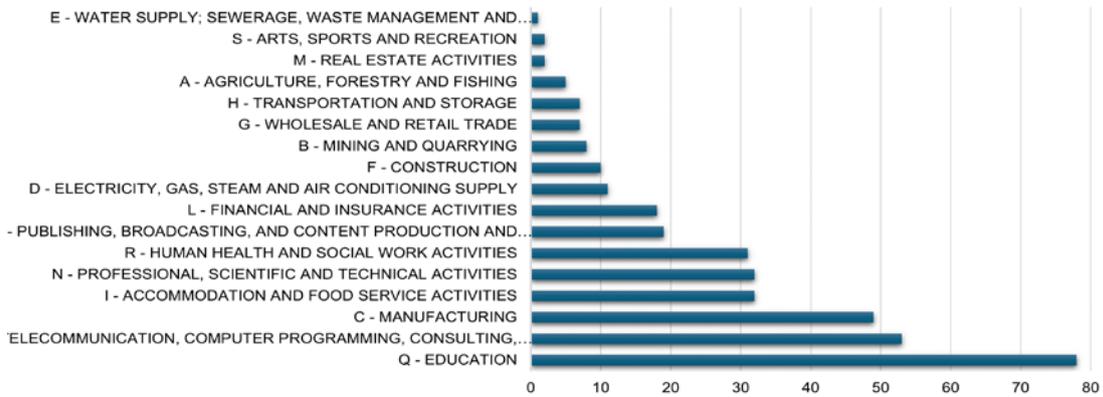


Figura 7: Sectores más estudiados.

Mapa científico:

Para entender la interconexión entre los estudios y cómo se construyen las bases teóricas de la investigación en la IA generativa, evaluando las conexiones entre autores, palabras clave y países afiliados.

Colaboraciones Internacionales: Se observaron colaboraciones significativas entre países, destacándose Estados Unidos y varios países de Asia como líderes en la investigación y publicación sobre la IA generativa.

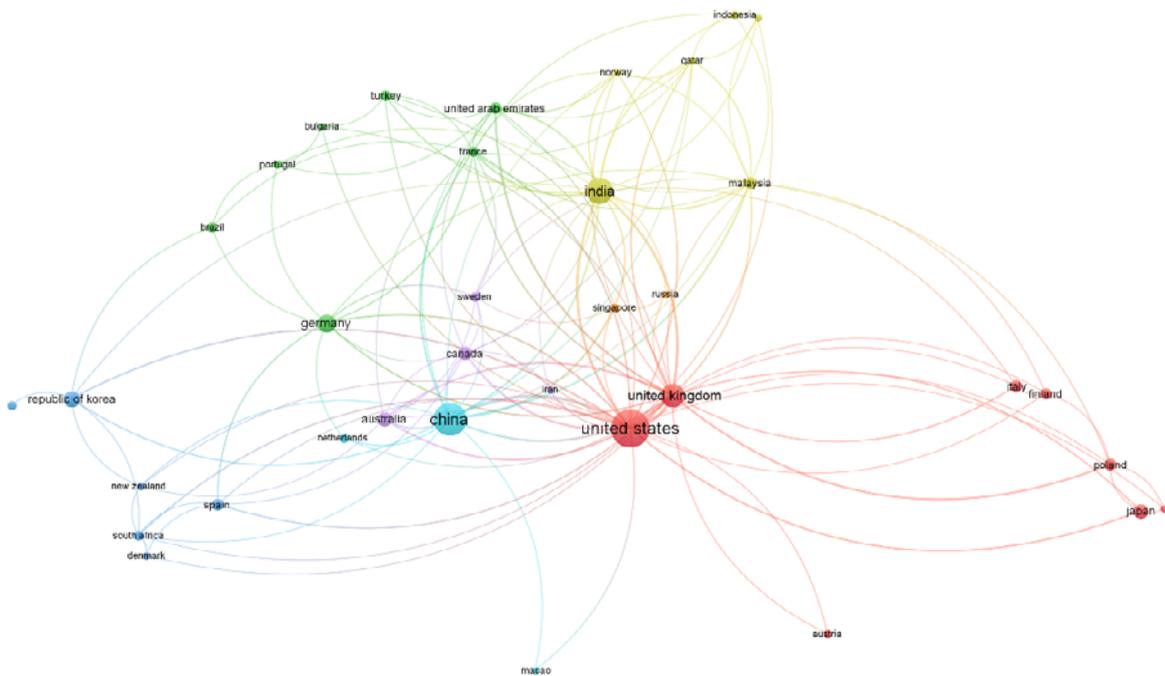


Figura 8: Colaboraciones entre países.



mejoran la eficiencia y la personalización de los servicios. En el sector salud, las aplicaciones de la IA generativa están revolucionando el diagnóstico, el tratamiento y la administración de servicios médicos, proporcionando herramientas avanzadas para la toma de decisiones clínicas.

Lagunas en el Estudio

A pesar del amplio interés y las numerosas investigaciones, existen áreas críticas que aún están subexploradas. La implementación de la IA generativa en entornos como el arte, deporte o el transporte, son aspectos que requieren una mayor atención. Estas lagunas representan oportunidades valiosas para futuras investigaciones.

Interés colectivo

El interés en la IA generativa no se limita a las economías más desarrolladas. A pesar de tener un producto interior bruto (PIB) bajo o estar en un estado emergente, la aportación colectiva de todos los países es notable, contando con 77 participaciones. Este fenómeno demuestra un interés global en el desarrollo y la aplicación de la IA generativa, independientemente de la situación económica de cada país.

Correlación con el PIB

Se ha determinado que la participación en el estudio de la IA generativa está altamente correlacionada con el PIB del país. Los países con mayores recursos económicos tienden a tener una mayor representación en las investigaciones y publicaciones sobre la IA generativa, lo que sugiere una relación directa entre la capacidad de inversión en investigación y el desarrollo de tecnologías avanzadas.

España

Cabe destacar la importancia que está teniendo la IA generativa en nuestro país. Aun siendo el cuarto país de la Unión Europea en número de artículos, tan solo hemos realizado cuatro artículos de investigación de la IA generativa para la industria, habiendo sido citados una suma de 15 veces, con una media de impacto de 1,67. Por otro lado, los artículos realizados son mayoritariamente de carácter general para la industria. Sin embargo, los artículos enfocados en actividades de edición, radiodifusión y producción y difusión de contenidos, también cobra suma importancia.

Principales fuentes de interés

Estados Unidos se destaca por su gran volumen de artículos de investigación publicados, evidenciando un alto interés y un fuerte compromiso con el avance de la IA generativa. Sin embargo, el papel de Asia no se queda atrás. Asia es el continente que más contribuye a esta investigación, con países como China, India y Japón liderando en términos de número de publicaciones y colaboraciones internacionales. Los autores asiáticos también tienen un alto número de publicaciones, lo que subraya la importancia de esta región en el panorama global de la IA generativa.

Como próximos pasos, se recomienda:

- **Ampliar la Base de Datos:** Incluir artículos en idiomas distintos al inglés y de bases de datos adicionales para una visión más global.
- **Análisis Específicos:** Profundizar en el análisis de aplicaciones específicas de la IA generativa en sectores menos estudiados, como agricultura y real state.
- **Colaboraciones Interdisciplinarias:** Fomentar colaboraciones interdisciplinarias para

abordar las lagunas identificadas en la literatura, combinando perspectivas de diferentes campos para enriquecer la investigación.

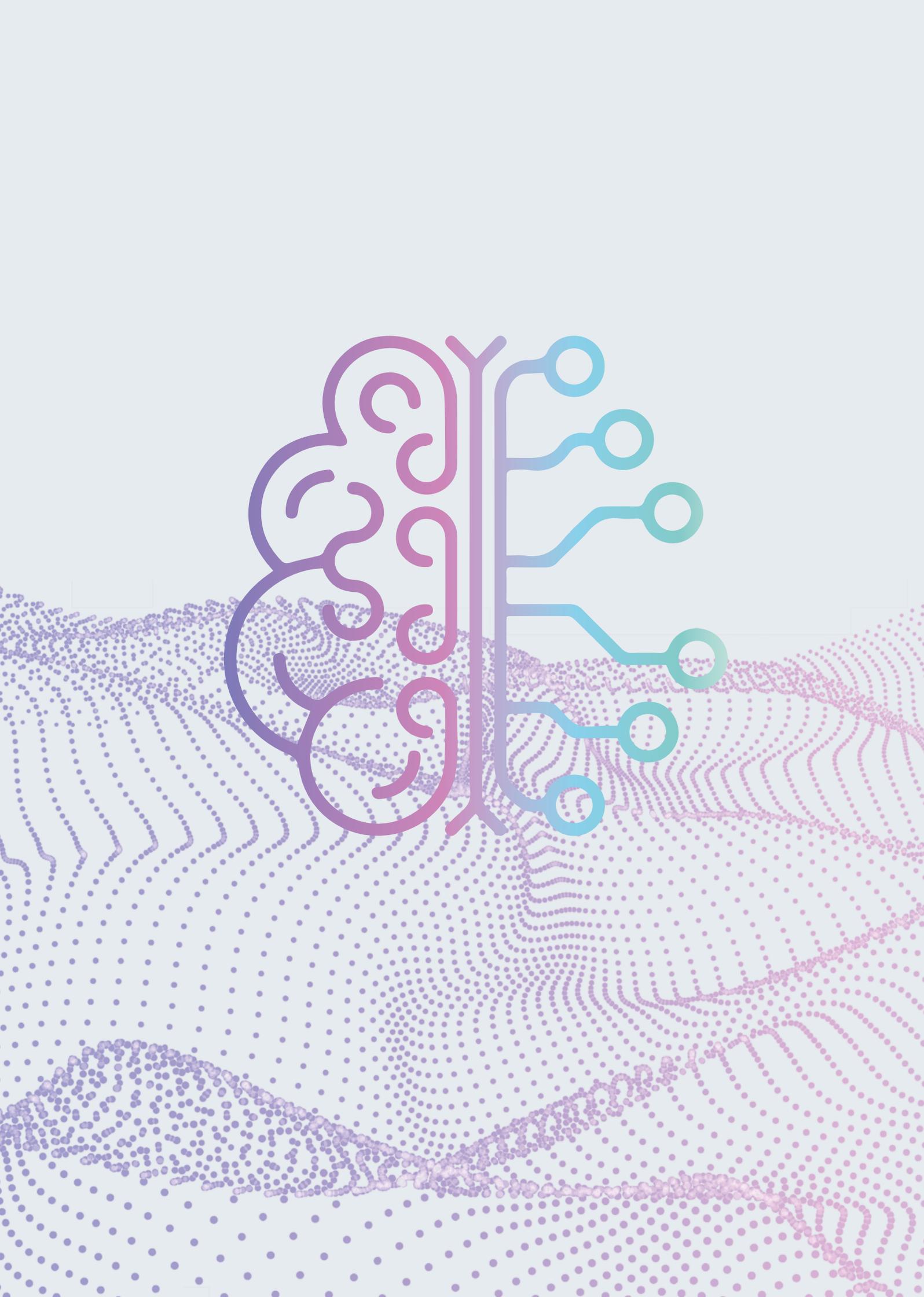
- **Evaluación de Impacto:** Desarrollar estudios de caso y evaluaciones de impacto para comprender mejor los beneficios y desafíos de implementar la IA generativa en entornos reales.

Este proyecto no solo ilustra el estado actual de la investigación en la IA generativa, sino que también traza un camino claro para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas, beneficiando tanto a la academia como a la industria.

4. REFERENCIAS

- [1] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press
- [2] Wang, F., & Luo, G. (2022). Generative adversarial networks (GANs): Opportunities and challenges. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 55(3), 1-42. doi:10.1145/3494711
- [3] Ransbotham, S., Kiron, D., Gerbert, P., & Reeves, M. (2017). Reshaping Business with Artificial Intelligence. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved from <https://sloanreview.mit.edu/projects/reshaping-business-with-artificial-intelligence/>
- [4] United Nations. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Retrieved from <https://sdg.un.org/2030agenda>
- [5] Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>
- [6] Elsevier. (2020). Field-Weighted Citation Impact. Retrieved from <https://www.elsevier.com/solutions/scival/features/overview>
- [7] QS Quacquarelli Symonds. (2023). QS World University Rankings 2023. Retrieved from <https://www.topuniversities.com/qs-world-university-rankings>







FORMACIÓN

Nuestro objetivo es respaldar la educación continua a lo largo de la vida profesional, algo cada vez más crucial debido a la rapidez con la que se producen los cambios en el entorno laboral. Estos cambios están mostrándonos, cada vez más, el valor trascendental del reciclaje en el ámbito profesional, y así nos lo han transmitido los diversos ponentes que han acudido a nuestras jornadas formativas.

Hemos conseguido crear vínculos entre los miembros de la **Red Alumni CIC (#AlumniCIC)**, que sirve como punto de encuentro entre todos los profesionales que se han formado en ICAI en ámbitos de Industria Conectada. Esta Red #AlumniCIC, sirve como un foro de puesta en contacto de talento de distintas generaciones, y que está resultando en un mayor fomento de la comunicación de nuestros egresados, donde están generando vínculos, compartiendo experiencias e incluso está sirviendo como foro de debate. Este acercamiento entre profesionales sin duda fomenta que se puedan compartir *Best Practices*, y que el vínculo con la escuela y la cátedra se mantengan a lo largo del tiempo, puesto que nuestros egresados nos confirman que les resulta muy útil estar en contacto con otros profesionales para sus trayectorias en el ámbito laboral.

Esta red además supone una fuente de información para conocer el interés de los profesionales en los temas a abordar en los próximos meses, para seguir acercando intereses y generar sinergias con alto valor añadido entre universidad y empresa.



Visita el **Canal de Youtube**
de la Cátedra de Industria Conectada:





FORMACIÓN

1

Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial e Industria Inteligente (MII-MIC)

 **Facultad**
Ingeniería (Comillas ICAI)

 **Certificación**
Máster Oficial + Máster Propio

 **Modalidad**
Presencial

 **Duración**
2 años (153 ECTS)

 **Fecha de inicio**
01/09/2025

 **Plazas**
30

Este programa de máster combinado formado por el **Máster Universitario en Ingeniería Industrial (MII)** y el **Máster en Industria Inteligente (MIINT)** permite obtener las capacidades generalistas del ingeniero industrial, a la vez que se adquiere una formación específica sobre el nuevo contexto industrial resultante de la digitalización de la industria. La combinación de rigor académico y prácticas en proyectos reales hará posible responder con solvencia a los nuevos retos de las empresas (*machine learning, deep learning, IoT, cloud communications, digital autonomous mobile robots, cyber-security...*).

El programa de doble **Máster en Ingeniería Industrial e Industria Inteligente** se ha diseñado para desarrollar las habilidades y capacidades de ambas titulaciones durante dos años. El incremento de la carga lectiva, requiere alta capacidad de organización, de estudio y de trabajo, un esfuerzo que está permanentemente guiado por los profesores y tutores de la ETSI-ICAI.

Diseñado para desarrollar las habilidades de ambas titulaciones, los estudiantes que obtengan esta doble titulación, además de poder colegiarse en el Colegio Nacional de Ingenieros del ICAI y ejercer la profesión regulada por ley de ingeniero industrial, serán líderes naturales del proceso de transformación digital de la industria.

En el **Máster en Industria Inteligente (MIINT)** se dedica atención personalizada a cada alumno para la asignación de sus prácticas remuneradas en empresas, tanto nacionales como internacionales, lo que convierte a este programa en una excelente opción para acercarse al mundo laboral.

CONOCE A SU JEFE DE ESTUDIOS:



Nombre: Dr. Damián Laloux Dallemagne

Ficha de profesor: www.iit.comillas.edu/personas/dlaloux

En el diseño del **Máster en Industria Inteligente** de **Universidad Pontificia Comillas** partimos de una comprensión profunda de los desafíos empresariales actuales, definiendo en consecuencia los objetivos formativos y las habilidades profesionales que los ingenier@s necesitan para abordarlos con confianza y determinación, prestando especial foco en las oportunidades y retos la **Inteligencia Artificial** aplicada y gobernada en las Industrias.



FORMACIÓN

CONOCE SUS SALIDAS PROFESIONALES:

Responsable de proyecto industriales	Responsable de grandes instalaciones industriales	Dirección de transformación digital	Director de equipos multidisciplinares o internacionales
Dir. de planificación, calidad, producción o gestión medioambiental	I+D+i	Consultor y asesor	Director de equipos multidisciplinares o internacionales

CONOCE ALGUNOS TESTIMONIOS DE LOS ALUMNOS:



Nombre: Gabriela Martín Carballo

LinkedIn: www.linkedin.com/in/gabrielamartincarballo/

Puesto: CPO Office en Revolut

DOBLE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL E INDUSTRIA INTELIGENTE (MII-MIC)



“Gracias a la sólida formación adquirida en el Máster, hoy en día formo parte de Amazon, una de las “Big Five Tech Companies” a nivel mundial, con una gran proyección laboral. Destaco en liderar iniciativas y análisis de datos en un entorno multidisciplinario, multicultural y altamente competitivo, contribuyendo así al éxito continuo de la empresa”.



FORMACIÓN

DOBLE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
E INDUSTRIA INTELIGENTE (MII-MIC)



Nombre: Estefanía Zulaica

in **LinkedIn:** www.linkedin.com/in/ezulaica/

Puesto: Data & Artificial Intelligence Sales Specialist en Microsoft

“Cursar el Doble Máster en Industria Conectada e Ingeniería Industrial me permitió empezar en el mundo profesional con conocimientos sólidos en Cloud Computing, Big Data, Machine Learning y ciberseguridad; áreas específicas de conocimientos, que unida a las habilidades transversales que he adquirido en ICAI, han sido fundamentales para mi desarrollo en Microsoft España”.

DOBLE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
E INDUSTRIA INTELIGENTE (MII-MIC)



Nombre: Luis Cabot

in **LinkedIn:** www.linkedin.com/in/lcabotsancho/

Puesto: Business Analyst en Kearney

“El MIC ha sido un impulsor clave en mi carrera profesional al proporcionarme una comprensión profunda de los desafíos empresariales actuales y las habilidades indispensables, como el análisis de datos y el manejo de softwares especializados, siendo capaz de abordarlos con confianza”.

DOBLE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
E INDUSTRIA INTELIGENTE (MII-MIC)



Nombre: Laura Orts

in **LinkedIn:** www.linkedin.com/in/laura-orts-torregrosa/

Puesto: Business Analysts, en McKinsey & Company

“El MIC ha sido para mí el catalizador que potenció mi carrera profesional hacia una de las empresas líderes en el ámbito digital, y me ofreció la oportunidad de realizar prácticas en el extranjero, dotándome no sólo de conocimientos prácticos, sino de experiencias inolvidables. El MIC fue además una herramienta para especializarme en un mundo altamente competitivo y digitalizado, adquiriendo un toolkit de habilidades altamente valoradas en el ámbito laboral”.

Puedes **ver aquí** más información del Master en Industria Inteligente:



Puedes **ver aquí** más información del Master en Industria Inteligente + Master Universitario en Ingeniería Industrial:



2 Programa Ejecutivo en Industria Conectada. Liderazgo y Transformación Digital (PELTi)



FORMACIÓN

Facultad Onexed	Duración 6 meses (15 ECTS)
Certificación Títulos Propios	Idiomas Español
Modalidad Presencial	Plazas 25

Las tecnologías tienen una implicación directa en nuestros desempeños económico, medioambiental, y social. Todos tenemos la responsabilidad de minimizar los impactos negativos y reforzar los positivos en su implementación y gestión, contribuyendo a un mayor bienestar global, equitativo y sostenible. Y para conseguirlo, no debemos dejar nunca de aprender, de dedicar tiempo de calidad a seguir actualizándonos y formándonos, a lo largo de toda nuestra vida profesional.

A través del **Programa Ejecutivo en Liderazgo y Transformación Digital de la Industria (PELTi)** de la nueva Escuela de Postgrado **ONEXED, School of Executive & Continuing Education** de la **Universidad Pontificia Comillas** forma y actualiza a profesionales con experiencia, en las más vanguardistas aptitudes de liderazgo de servicio, tan necesario para afrontar con garantías de éxito la nueva realidad ampliada que nos rodea, en la que las tecnologías, al servicio de las personas, siguen construyendo el futuro.

El Programa Ejecutivo en Liderazgo y Transformación Digital de la Industria ha sido concebido para profesionales que desean actualizarse y prepararse para liderar la transformación digital de empresas, a través de un programa formativo innovador y orientado a resultados, en el que podrán compartir experiencias y competir en un proyecto de transformación basado en un caso práctico completo.

CONOCE SUS SALIDAS PROFESIONALES:

Dirección de transformación digital	Dirección general, técnica, estratégica o tecnológica de organizaciones	Dirección de planificación, calidad, producción o gestión medioambiental
Investigación, desarrollo e innovación	Dirección de equipos multidisciplinares o internacionales	Consultor y asesor



FORMACIÓN

CONOCE AL DIRECTOR Y COORDINADOR DE ESTUDIOS:



Nombre: Bernardo Villazán Gil, Director
in **Linkedin:** www.linkedin.com/in/bernardovillazan/



Nombre: José Antonio Rodríguez Mondejar, Coordinador de Estudios
in **Linkedin:** www.linkedin.com/in/mondejar1/

CONOCE ALGUNOS TESTIMONIOS DE LOS ALUMNOS:

PROGRAMA EJECUTIVO EN INDUSTRIA CONECTADA.
LIDERAZGO Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL (PELT)



Nombre: Jaime López-Quiles
in **Linkedin:** www.linkedin.com/in/jaimelopezquiles/
Puesto: Key Account Manager en Energy-efficient solutions

“La transformación digital de la industria no solo es un hecho, sino también una gran oportunidad para los profesionales del sector de aprender y contribuir significativamente. Formarse de la mano de relevantes y experimentados profesionales de cada materia, junto a brillantes compañeros de diferentes sectores, hizo del Programa Ejecutivo unas de las experiencias más enriquecedoras de mi carrera”.

PROGRAMA EJECUTIVO EN INDUSTRIA CONECTADA.
LIDERAZGO Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL (PELT)



Nombre: Nuria Parrado Marquez
in **Linkedin:** www.linkedin.com/in/nuria-parrado-marquez-54b71490/
Puesto: Ingeniera Industrial en Transformación Digital en Acerinox

“Me siento muy afortunada de haber podido adquirir conocimientos y experiencia de grandes profesionales dedicados a la mejora continua en la industria 4.0 rodeada de compañeros magníficos que hicieron la experiencia inolvidable”.

```
Nmap scan report for scanme.nxjip.org (74.207.244.221)
Host is up (0.0000000s latency)
rDNS record for 74.207.244.221: 1186-229.EeUbers.11Yode.com
Nmap scan report for scanme.nxjip.org (74.207.244.221)
PORT      STATE      SERVICE      VERSION
```



PROGRAMA EJECUTIVO EN INDUSTRIA CONECTADA.
LIDERAZGO Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL (PELTi)



Nombre: Antonio Marco Alonso
in **LinkedIn:** www.linkedin.com/in/antonio-marco-alonso/
Puesto: Digitalization & AI Solutions Business Head en SENER

“El programa me ha permitido crecer profesionalmente, aportándome una visión global y estratégica para implementar con éxito la transformación digital de una empresa industrial. Una transformación basada en los avances tecnológicos, pero, sobre todo, en las personas. Además, me he llevado relaciones profesionales y personales realmente enriquecedoras”.

PROGRAMA EJECUTIVO EN INDUSTRIA CONECTADA.
LIDERAZGO Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL (PELTi)



Nombre: Gonzalo Civeira Leal
in **LinkedIn:** www.linkedin.com/in/gonzalo-civeira-leal/
Puesto: Industry 4.0 Digital Transformation Projects en Gestamp

“Mi experiencia en el programa ejecutivo fue excepcional. El contenido del programa fue completo y desafiante, lo que me permitió adquirir nuevas habilidades y conocimientos valiosos para mi desarrollo profesional. Sin duda, lo más enriquecedor fue la oportunidad de interactuar con mis compañeros y profesores. La diversidad de perspectivas y experiencias dentro del grupo generó un ambiente de aprendizaje colaborativo y enriquecedor”.

Puedes **ver aquí** más información del Programa Ejecutivo en Liderazgo y Transformación Digital de la Industria:





FORMACIÓN

3

Máster Ejecutivo en Transformación Digital de la Industria (METDi)



 Facultad Onexed	 Duración 2 años (60 ECTS)
 Certificación Másteres Propios	 Idiomas Español
 Modalidad Semi-presencial	 Plazas 25

Máster Ejecutivo en Transformación Digital de la Industria:
"Si crees en la digitalización, éste es tu Máster"

La transformación digital contribuye al crecimiento sostenible de la industria y mejora su eficacia y competitividad. La formación y actualización de los profesionales industriales es clave para capturar las oportunidades que ofrece la industria 4.0. La llegada de los fondos europeos para la recuperación post Covid-19 (Nextgen), constituye, además una oportunidad histórica, que requiere capacitación, conocimiento y una actualización de los profesionales en activo.

El **Máster en Transformación Digital de la Industria (METDi)** ofrecido por la nueva Escuela de Postgrado **ONEXED, School of Executive & Continuing Education** de la **Universidad Pontificia Comillas** es un programa único, dirigido a personas con formación técnica y una experiencia mínima de 2 años trabajando en el sector. El máster incorpora todos los aspectos técnicos, incluyendo prácticas en laboratorio, nuevos modelos de negocio, financiación, legalidad y cuestiones éticas en el proceso de toma de decisiones, para liderar la transformación digital de las empresas.

Se trata de un programa basado en la metodología *'learning-by-doing'* y que se imparte de manera bimodal, combinando la presencialidad con sesiones virtuales síncronas, lo cual permite que sea plenamente compatible con la actividad profesional. Todo ello impartido por un claustro de profesores de reconocido prestigio y con el apoyo de la Cátedra de Industria Conectada de Comillas ICAI, una institución plenamente conectada con las necesidades reales de las industrias.

Te invitamos a explorar nuestro **Máster en Transformación Digital de la Industria (METDi)**, un programa diseñado para ofrecer formación continua, fomentar la innovación sin límites y cultivar un liderazgo activo. Comienza tu travesía hacia la transformación digital y conviértete en el líder digital que tu sector requiere. Este programa está especialmente dirigido a profesionales en activo, líderes visionarios y entusiasta de la innovación. Los participantes tendrán los conocimientos y habilidades necesarias para estar en la vanguardia digital y liderar esta revolución digital que no ha hecho más que empezar.



FORMACIÓN



“La transformación digital contribuye al crecimiento sostenible de la industria y mejora su eficacia y competitividad”

CONOCE SUS SALIDAS PROFESIONALES:

Dirección de transformación digital	Dirección general, técnica, estratégica o tecnológica de organizaciones	Dirección de planificación, calidad, producción o gestión medioambiental
Investigación, desarrollo e innovación	Dirección de equipos multidisciplinares o internacionales	Consultor y asesor

CONOCE AL DIRECTOR Y COORDINADOR DE ESTUDIOS:



Nombre: Bernardo Villazán Gil, Director
in **Linkedin:** www.linkedin.com/in/bernardovillazan/



Nombre: José Antonio Rodríguez Mondejar, Coordinador de Estudios
in **Linkedin:** www.linkedin.com/in/mondejar1/



FORMACIÓN

CONOCE ALGUNOS TESTIMONIOS DE LOS ALUMNOS:



**MÁSTER EJECUTIVO EN TRANSFORMACIÓN
DIGITAL EN LA INDUSTRIA (METDi)**



Nombre: Hugo Vázquez García
in **Linkedin:** <https://www.linkedin.com/in/hugovazquezgarcia/>
Puesto: Transformación Digital Project Manager en Indra



Puedes **ver aquí** el testimonio en video:
 

“Yo estaba buscando un máster que no fuera el típico máster de gestión que hace todo el mundo, quería algo un poco más diferencial. Me gusta mucho la tecnología y creo que en el futuro, e incluso ya en el presente, la digitalización y la Industria tienen que ir de la mano. Buscando en Internet encontré este máster. Conocía ya Comillas y el ICAI y reunía todo lo que buscaba: formación técnica y formación humana en una Universidad que me gustaba. Casi todos los alumnos somos profesionales que llevamos tiempo trabajando y tenemos puestos que requieren cierta responsabilidad. Muchos tenemos que viajar entre semana, es difícil pero se puede hacer. Las clases se imparten de una forma sencilla y sin embargo están consiguiendo que aprendamos mucho, con ejercicios asequibles y lecturas amenas. Recomendaría este Máster primero por los compañeros, creo que los perfiles están muy bien elegidos. Somos gente con mucha experiencia laboral que aportamos mucho en las clases. También por el Claustro, que es realmente bueno y por la calidad del contenido. Si eres una persona que te gusta la industria, si te gusta la tecnología y crees en la digitalización, el Máster en Transformación digital de la Industria es una buena opción para ti”.



**MÁSTER EJECUTIVO EN TRANSFORMACIÓN
DIGITAL EN LA INDUSTRIA (METDi)**



Nombre: Eugenio Infante
in **Linkedin:** www.linkedin.com/in/e-infante/
Puesto: Apps & Digital Project Manager en Saint Gobain



Puedes **ver aquí** el testimonio en video:
 

“Principalmente estaba buscando crecer profesionalmente. Quería un máster que me permitiera llevar proyectos de Industria 4.0 como Consultor y como Ingeniero Industrial. El programa de este Máster, que combina lo teórico con lo práctico me permitiría llevar este tipo de proyectos y qué me mejor que hacerlo con una institución como ICAI. Puedo confiar en la opinión de los expertos así ganar conocimiento”.



MÁSTER EJECUTIVO EN TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA INDUSTRIA (METDi)



Nombre: Francisco José Torres Alcaide

LinkedIn: www.linkedin.com/in/ftorresal/

Puesto: Global Technical QA Manager en The Absolut Group

“Mi principal objetivo al cursar el MTDi era ponerme al día a través de una formación académica de reconocido prestigio en los pilares de la transformación digital, como son la IA, IoT, ciberseguridad, Cloud Computing, Blockchain, Realidad Virtual, fabricación aditiva, etc., y aprender cómo afrontar los retos y oportunidades de la digitalización en mi empresa. El MTDi ha cumplido sin lugar a dudas este objetivo incluso superando mis expectativas académicas.

Pero si algo lo ha convertido en EXCELENTE, ha sido el equipo humano, los profesores y compañeros con los que he podido aprender y establecer nuevos contactos, que mantenemos después del curso, lo que ha aumentado mi networking profesional”.

MÁSTER EJECUTIVO EN TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA INDUSTRIA (METDi)



Nombre: Judith Morales

LinkedIn: www.linkedin.com/in/judith-morales-reyes64872279/

Puesto: Ingeniera de Proyectos en PackBenefit



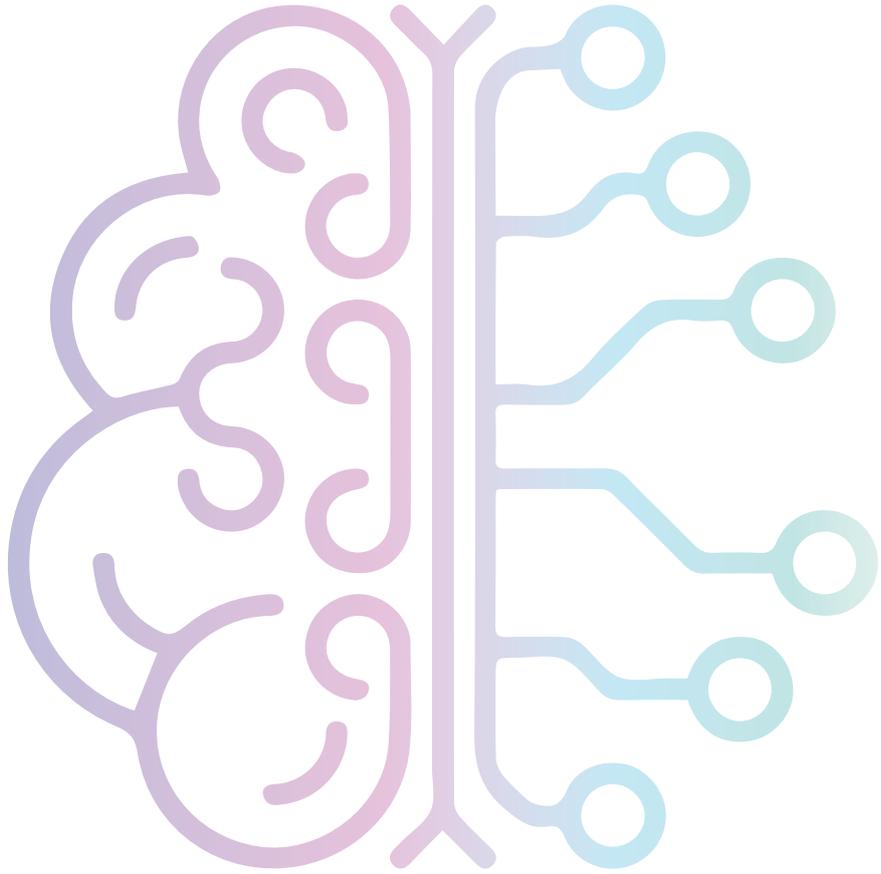
Puedes **ver aquí** el testimonio en video:



“El responsable de mi empresa me recomendó este Máster porque estaba enfocado para perfiles profesionales y me podía resultar útil tanto para ampliar mis conocimientos técnicos en el área de digitalización, como para poder seguir desarrollando mi perfil profesional dentro de la empresa. La opinión de todos los que hemos hecho este Máster ha sido muy grata. Si te gusta lo que estás aprendiendo y lo que te está aportando el Máster, lo haces con gusto, invirtiendo tu tiempo personal fuera de la jornada laboral. Recomendaría el MTDi porque es evidente que el mundo evoluciona cada día más rápido y es importante estar actualizado, sobre todo en las carreras más técnicas”.

Puedes **ver aquí** más información del Máster Ejecutivo en Transformación Digital de la Industria (METDI):







COMILLAS

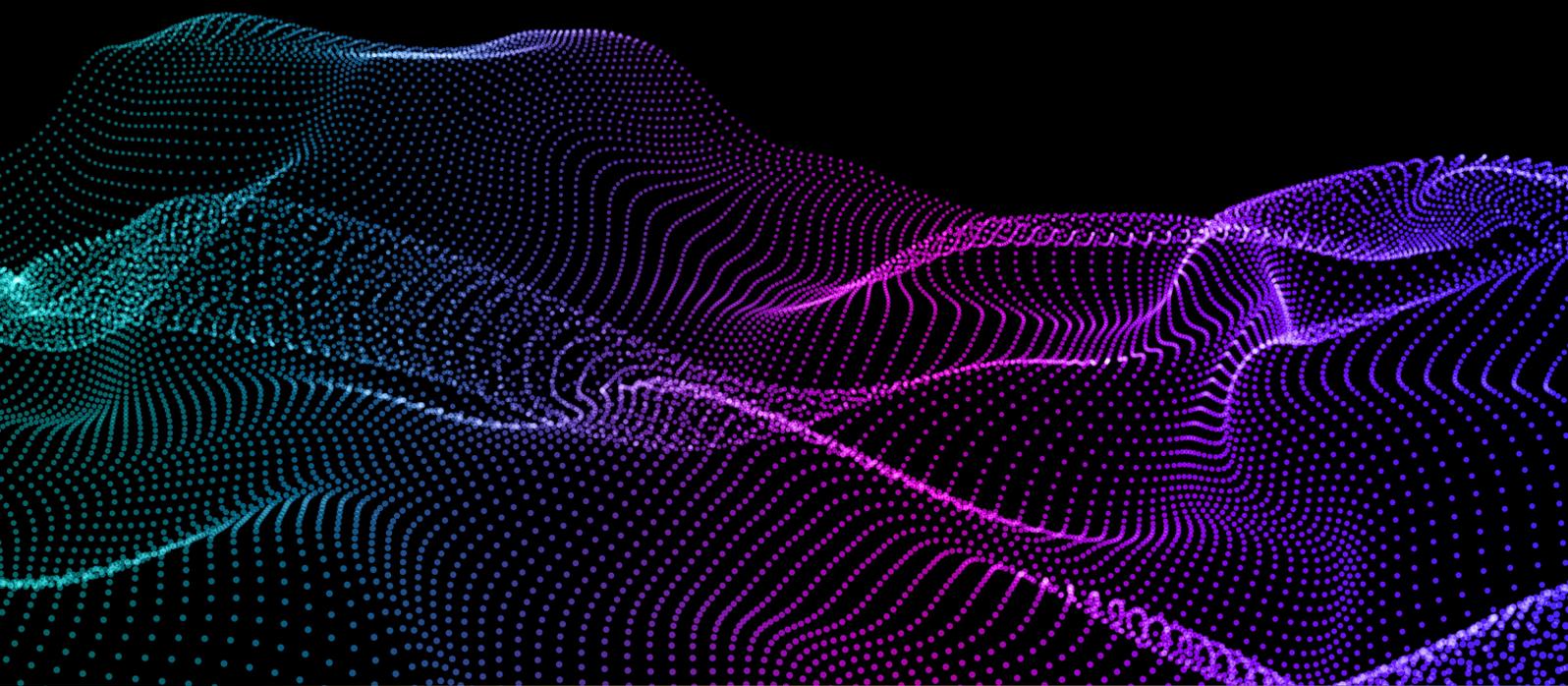
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICA1 ICADE CIHS

© Universidad Pontificia Comillas

EDITA:
Cátedra de Industria Conectada

DISEÑO Y REALIZACIÓN:
Alcuadrado, Diseño y Comunicación, S.L.



comillas.edu