

MEMORIA ANUAL 2022



**CÁTEDRA
DE INDUSTRIA
CONECTADA**





MEMORIA ANUAL 2022

CÁTEDRA
DE INDUSTRIA
CONECTADA



CARTA DE LOS DIRECTORES

Queridos amigos de la cátedra,

La Cátedra de Industria Conectada de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI) ha cumplido su segundo trienio en un ejercicio que ha estado marcado por la inestabilidad geopolítica y los altos precios de la energía.

El año 2022 arrancó con el lanzamiento del *Máster en Transformación Digital de la Industria (MTDi)* dirigido a profesionales en activo. El programa incluye formación técnica, nuevos modelos de negocio, financiación, legalidad y aspectos éticos, todo ello en formato semipresencial y con un método de aprendizaje innovador y flexible. Este programa junto con el *Máster en Industria Conectada (MIC)*, dirigido a ingenieros recién graduados, y al *Programa Avanzado en Industria Conectada*, con formato ejecutivo y dirigido a profesionales con varios años de experiencia, son buenos ejemplos del compromiso de la Cátedra de Industria Conectada con la formación de talento capaz de aprovechar las oportunidades de esta revolución industrial.

En este periodo, el CIC LAB, nuestro laboratorio de investigación e innovación, ha continuado con su actividad en una línea similar al año anterior. Cabe destacar su instalación en un espacio que ICAI concibe como el laboratorio de referencia en inteligencia artificial, y que se compartirá con el Grado en Ingeniería Matemática e Inteligencia Artificial (iMAT) en el futuro. Con su consolidación en el tiempo y en el espacio, vemos en el CIC LAB una importante palanca para avanzar en la consecución de uno de nuestros objetivos fundacionales: el acercamiento entre industria y universidad.

Este año también hemos podido atender algunos de los temas de más actualidad en las jornadas que hemos organizado: Ciberseguridad, Logística, Inteligencia artificial, ESG en la 4ª revolución industrial y Metaverso. También acogimos tres desayunos muy inspiradores con Javier Echenique, Director General de ID Logistics en España; Horacio Morell, Presidente de IBM España, Portugal, Grecia e Israel; y Meinrad Spenger, CEO del Grupo MásMóvil.

Por último, queremos destacar el nacimiento en noviembre de 2022 de la iniciativa NEXT GENERATION INDUSTRY de ICAI que pretende vertebrar todas las actividades de formación, investigación y transferencia que se desarrollan en el IIT y en las distintas cátedras de nuestra escuela que están relacionadas con la digitalización de la industria.

El año 2023 comienza con grandes incertidumbres resultado de las tensiones geopolíticas entre Estados Unidos y China, la invasión rusa de Ucrania y la emergencia de la Inteligencia Artificial que con herramientas como ChatGPT han acaparado titulares y conversaciones en todo el mundo. Si Internet fue la tecnología que impulsó la 4ª revolución industrial, la Inteligencia Artificial será la tecnología que revolucione la industria y la sociedad en los próximos años. En la Cátedra de Industria Conectada, pese a los riesgos y dificultades, vemos el panorama lleno de oportunidades que queremos seguir compartiendo con vosotros.

Mariano Ventosa

Vicerrector de Investigación y Profesorado, Codirector de la Cátedra

Bernardo Villazán

Miembro de Honor del Observatorio de la Industria 4.0, Codirector de la Cátedra

TABLA DE CONTENIDO

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

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



EVENTOS PÚBLICOS

1. CIBERSEGURIDAD – 18 de febrero	10
2. LOGÍSTICA – 18 de marzo	14
3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL – 22 de abril	18
4. LOS RETOS ESG EN LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL – 17 de junio	23
5. METAVERSO – 21 de octubre	25



EVENTOS PRIVADOS

1. CIBERSEGURIDAD – 24 de febrero	30
2. DEMAND DRIVEN SUPPLY CHAIN – 17 de marzo	32
3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL – 21 de abril	34



DESAYUNOS CON CEO

1. JAVIER ECHENIQUE, Director General de ID Logistics en España – 20 de abril	38
2. HORACIO MORELL, Presidente de IBM España, Portugal, Grecia e Israel – 15 de julio	40
3. MEINRAD SPENGER, CEO del Grupo MásMóvil – 22 de noviembre	42



VI HACKATHON FOR SMART INDUSTRY

INVESTIGACIÓN (CIC LAB)

1. La edición del CIC LAB de 2022	50
• ENAGÁS: Digitalización de auditoría interna	52
• ENDESA: Digitalización de auditoría interna	57
• GRUPO ANTOLIN: Clasificación de espumas	70
• GRUPO ANTOLIN: Compresión de imágenes con Deep Learning	77
• GRUPO ANTOLIN: Desarrollo de un sistema de oído artificial para un coche	92
• IBM-PLADUR: Trazabilidad unitaria de la huella de carbono mediante tecnología de Blockchain	104
• ID LOGISTIC: Optimización de los procesos y funcionamiento de los Cobots autónomos para una operación de Picking unitario de E-commerce	113
• PLADUR: Usabilidad de la planificación de cubicaje	125
• PROSEGUR: Proyecto de robótica en entornos virtuales	127
• SAARGUMMI: Preparación de una base de datos para la aplicación de Machine Learning a una línea de fabricación de componentes para automoción	135



FORMACIÓN

1. Doble Máster Universitario en Ingeniería Industrial e Industria Conectada (MII-MIC)	140
2. Programa Avanzado en Industria Conectada. Liderazgo y Transformación Digital	142
3. Máster en Transformación Digital en la Industria (MTDi)	147



EVENTOS PÚBLICOS

Uno de los objetivos principales de la cátedra es la realización de jornadas abiertas al público sobre los retos de la Industria Conectada y las tecnologías que están emergiendo y se están empezando a implementar en las organizaciones más pioneras. Estos encuentros ofrecen la oportunidad de intercambiar puntos de vista con los ponentes, y sirven como medio de difusión de los avances que están obteniendo en sus organizaciones las empresas que participan.

Las temáticas de este año han estado centradas en temas de plena actualidad como son **la ciberseguridad, la gestión de la cadena de suministro, la sostenibilidad, la inteligencia artificial, el metaverso y en todas aquellas tecnologías que están permitiendo acelerar la digitalización industrial.**

Una de las preocupaciones que más se ha repetido en cada uno de estos eventos ha sido cómo captar el talento necesario para resolver los retos actuales, qué capacidades y habilidades deben tener los profesionales, así como cuáles son las formas y las vías para retener y capacitar a los empleados actuales, de forma que las empresas puedan seguir liderando en sus sectores.

En definitiva, estos eventos suponen un punto de encuentro entre empresas industriales y tecnológicas, profesores e investigadores de la universidad, así como profesionales en activo interesados en entender cómo aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece la 4ª revolución industrial.



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





1 | Ciberseguridad

CÁTEDRA DE INDUSTRIA CONECTADA | **COMILLAS ICAI** | **ACERINDA** | **ANTOLIN** | **enagas** | **endesa** | **Gestamp** | **IBM** | **IB LOGISTICS** | **indra** | **PLADUR** | **PROSEGUR** | **REPSOL** | **SaarGummi Automotive**

Empresas colaboradoras: **Cipher** | **SIQ**

CIBERSEGURIDAD EN LA INDUSTRIA

#EventosCIC

18 de febrero

17:00 - 19:00 h / BIMODAL

Este primer evento bimodal de la cátedra ha estado centrado en la ciberseguridad en la industria, cuál es la frontera entre los sistemas de información y los sistemas de producción. El encuentro comenzó abordando desde lo más institucional hasta lo más operativo, pasando por la importante parte del talento.

El encuentro comenzó con **Luis Hidalgo**, Director de Relaciones Institucionales de INCIBE, Instituto Nacional de Ciberseguridad de España, licenciado en Derecho y Doctor por la Escuela de Ingeniería de la Universidad de León y ha ostentado puestos relacionados con ciberseguridad y tecnologías avanzadas.

Luis Hidalgo comenzó su intervención con una breve introducción de INCIBE, entidad pública y centro de referencia en ciberseguridad en nuestro país, ubicada en León, dependiente del ministerio de asuntos económicos y transformación digital. Presentó el marco estratégico de Seguridad Nacional, vigente desde 2017, y de la cual hay un Plan Estratégico 2021-2025 basada en los siguientes 3 pilares:

- Fortalecimiento de las capacidades de la ciberseguridad de ciudadanos, PYMES y profesionales.
- Impulso del ecosistema empresarial del Sector Ciberseguridad
- Impulso de España como nodo internacional en el ámbito de la ciberseguridad

El INCIBE tiene una aplicación "Cyber Security Situational Awareness", que vigila todo lo que está pasando en materia de ciberseguridad en España.

En los dos últimos años se han producido más de 200 hechos relevantes, en los que INCIBE ha gestionado más de 133.000 incidentes en 2020.



Se mencionó que durante la pandemia, los incidentes más habituales han estado relacionados con:

1. Fraudes y estafas utilizando ingeniería social, con el gancho de la COVID-19.
2. Capturar credenciales: phishing y smishing, suplantando entidades reconocidas.
3. Campañas de descarga de malware/ramsonware/keyloggers.
4. Aprovechamiento de la adopción masiva y precipitada de las tecnologías para el teletrabajo.

Las áreas de trabajo del INCIBE se dividen en:

- Apoyo al emprendimiento
- Apoyo a la internacionalización de la industria española de ciberseguridad
- Apoyo a la innovación

El siguiente ponente fue **Carlos Abad**, Cybersecurity Senior Manager en SIA, Grupo Indra. Es ingeniero de telecomunicaciones de la Universidad de Navarra, y tiene un Máster en Seguridad Informática, además de formación complementaria en ciberseguridad industrial, ciberdefensa y seguridad en estructuras críticas y estratégicas. Con más de 15 años de experiencia en las TICs. su trayectoria profesional ha estado vinculada a la digitalización de procesos operativos.

La transformación digital ha traído al centro del escenario el problema de la integración entre IT y OT respecto a la ciberseguridad, trascendiendo la frontera entre lo físico y lo digital.

Carlos presentó el objetivo de SIA, que es ofrecer una visión global del entorno de la ciberseguridad, protegiendo los activos digitales y habilitando negocios de forma segura. Los 4 retos principales son:

- Cumplimiento normativo
- Relación con el mundo digital
- Transformación
- Entornos conectados





El valor añadido de SIA es ayudar a emprender de forma segura en el medio digital. SIA tiene presencia en más de 140 países, ofreciendo una visión global.

Los factores que hay que considerar cuando nos enfrentamos a cualquier proyecto en materia de ciberseguridad son los siguientes:

- Grado de exposición
- Acceso a la red
- Incidente de seguridad (internos o externos)
- Directivas de seguridad por parte de las administraciones públicas
- Protección y actualización de sistemas
- Nuevos proyectos (incluir la ciberseguridad desde el principio es clave)
- Capacidad para gestionar riesgos
- Concienciación

Hay dos tipos de aproximaciones, desde el ámbito IT, hasta cuando se unen ambas fronteras (física y digital).

1. Basada en la gestión de la ciberseguridad
2. Basada en la infraestructura conectada

Estas dos aproximaciones no son contrarias, pero hay que conseguir que esos vasos comunicantes, de gestión y procesos estén conectados.

Para simplificar la complejidad de la ciberseguridad en los procesos hay que establecer un itinerario, que ayuda a estructurar y a gestionar eficientemente los proyectos necesarios para las organizaciones, e identificando las áreas de competencia, es decir, en qué ámbitos hay que llevarlo a la práctica.

Carlos Abad finalizó su intervención mencionando algunos ejemplos concretos actuales del valor añadido de la ciberseguridad, como la gestión del consumo eléctrico a través de los contadores inteligentes de suministro eléctrico que cada uno tenemos en casa. La criptografía y la capacidad de una gestión centralizada permite garantizar que la medición remota y centralizada se realice de forma segura y sin fraude.

El siguiente ponente, **Jorge Hurtado**, Global CTO en Cipher, la empresa especializada en ciberseguridad de Prosegur. Ingeniero de telecomunicación y con más de 25 años de experiencia en ciberseguridad en EEUU y España. Coordina el cluster de Cyber Madrid.

Jorge comenzó presentando el grupo Prosegur, creado hace más de 40 años, y presente en más de 27 países. Prosegur ha evolucionado para preservar la seguridad no solo de los activos físicos, si no de los activos digitales. Cipher es la división de seguridad del grupo Prosegur.

¿Por qué se consumen actualmente servicios de ciberseguridad?

1. Posibilitar la ciberseguridad
2. Cumplir con la regulación vigente
3. Minimizar la probabilidad e impacto de las brechas de seguridad



Cipher protege los activos de sus clientes mediante una estrategia de ciberseguridad, basados en:

- Personas
- Datos
- Reputación digital
- Infraestructuras

Se pusieron de manifiesto algunos de los principales datos actuales respecto a los ciberataques, entre los que existen:

- 5.8 billones de dólares entre las 10 mayores bandas de *ransomware*
- 450.000 muestras malware diarias
- 7 millones de páginas de *phising* que se han captado
- 4 millones de puestos a nivel mundial de ciberseguridad que no son cubiertos actualmente.

El riesgo de los ciberataques no solo afecta a los negocios, sino que puede ser una amenaza potencial de salud pública. Por ejemplo, un ataque en una planta de tratamiento de agua pública, que después beben miles o millones de ciudadanos. No son los datos los que están siendo atacados, sino personas que pueden ser envenenadas. El ponente dio a conocer cuál es el motivo por el que está sucediendo todo esto, introduciendo el concepto de **“la ecuación del cibercrimen”** que consiste en:

$$\text{MOTIVACIÓN CRIMINAL} = \text{GANANCIAS ESPERADAS} / (\text{COMPLEJIDAD} \times \text{INVERSIÓN NECESARIA} \times \text{RIESGO PERSONAL})$$

El problema es que actualmente las ganancias esperadas superan con creces muchas veces el riesgo que corren los cibercriminales.

Finalmente, comentó cómo afecta todo esto a la Industria 4.0., en el que se explicó por qué el uso de tecnología para hacer más eficientes los procesos industriales hace que la convergencia entre OT e IT sea cada vez más estrecha y que ahora exista una transferencia del riesgo. Tradicionalmente, el área de OT ha estado desvinculada de la gestión de las amenazas de la tecnología, sistemas conectados, etc., ya que antes podía funcionar sin conectividad. Sin embargo, **actualmente el mundo es híbrido y la conectividad es cada vez mayor y más compleja.**

El debate de la mesa redonda continuó con la importancia de contar con el talento y la formación necesaria en ciberseguridad, un ámbito con una altísima empleabilidad, que hace muy atractivo tanto para jóvenes como para profesionales con amplia trayectoria, que apuestan por una formación continua en ciberseguridad.



Si te perdiste el evento puedes acceder al contenido completo en [este enlace](#):



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





2 | Logística

CÁTEDRA DE INDUSTRIA CONECTADA

COMILLAS ICAI

ACERINOX

ANTOLIN

enagas

endesa

Gestamp

IBM

ID LOGISTICS

indra

PLADUR

PROSEGUR

REPSOL

SaarGummi Automotive

LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO POST COVID

18 de marzo

#EventosCIC 17:00 - 19:00 h / BIMODAL

El segundo evento bimodal de la cátedra estuvo centrado en la “Logística y cadena de suministro post COVID”.

El panel de expertos en logística que nos ayudaron a comprender en qué punto nos encontramos y dónde están los retos que tenemos que resolver en el futuro, fueron:

- **Alberto García de Castro**, Director Comercial y de Marketing, ID LOGISTICS
- **Rubén Pelegrí**, COC Logistics Europe & Supply Chain Manager, SAARGUMMI
- **Christian Andrés Puertas**, Senior Manager Supply Chain, MINSAIT

La introducción y moderación de la sesión estuvo a cargo de **Álvaro López López**.

La sesión comenzó con la intervención de Alberto García de Castro, Director Comercial y de Marketing, ID Logistics. Introdujo una breve presentación sobre el entorno actual, marcado por la pandemia, la invasión de Ucrania, etc., que hacen que el mercado en el que tienen que operar en los últimos años haya sido realmente convulso.

ID Logistics se fundó en 2001, presente en 17 países, con 350 localizaciones globales ya que sus clientes trabajan en varios o bastantes países, y han tenido un 10% de crecimiento medio anual hasta la actualidad. El 25% de su facturación es dentro del mercado de Iberia, con 64 almacenes y más de 4.200 empleados. Los sectores en los que más han crecido durante los últimos años ha sido en el sector ecommerce (retail) y pharma, especialmente impulsado por la pandemia.

“El mundo ha cambiado” y los comportamientos de la sociedad no han cambiado de forma temporal, sino que no hay una vuelta atrás. La Cadena de Suministro ha cambiado con él. La aceleración de las previsiones de cambio se ha adelantado 4 años aproximadamente, entre las cuales, podemos distinguir 2 tipos de cambios:



ESTRUCTURALES (Son los que han venido para quedarse):

- El desarrollo del e-commerce
- La automatización y robotización
- La gestión de la información – inmediatez
- El modelo de transporte convencional

COYUNTURALES (Son aquellos que cambiarán con el tiempo):

- La escasez de recursos y materiales
- El incremento de precios de materias primas y la inflación generalizada
- Los modelos de trabajo: El teletrabajo como factor social

El ponente trasladó a la audiencia qué es lo que más ha cambiado en la logística, que son los siguientes puntos:

1. Se ha puesto en valor la Logística – Ha dejado de ser el gran desconocido por la mayoría de la población.
2. Robotización frente a la mano de obra intensiva - Digitalización.
3. Tecnología como ventaja competitiva – implementa a través de los diferentes procesos de gestión de almacén y transporte de mercancías.
4. Exigencia en el comportamiento del consumidor (demanda inmediata) y omnicanalidad. Hay que prestar atención especialmente a las devoluciones, que suponen hasta un 20% de los pedidos, y que para las empresas la cadena de suministro asociada (Reverse Supply Chain) es mucho más costosa que la del envío.
5. Incremento en inversión logística – se ha producido una concentración de operadores.
6. Incremento de la inversión inmo-logística: Ha aparecido una gran necesidad de tener dos modelos de almacenes: el gran almacén entorno a las grandes ciudades y el almacén de proximidad en los centros de las ciudades.
7. Cambios en la legislación logística y laboral – En España existen hasta 50 convenios específicos dependiendo de la región/ciudad en las que se operen. Existe incluso una diferencia de un 25% de diferencia en salarios entre provincias de la misma CCAA, aparte del coste del suelo.
8. Incremento en inversión en formación.





Seguidamente **Christian Andrés Puertas**, Senior Manager Supply Chain, MINSAIT, cuya exposición estuvo centrada en la aplicación de tecnología en la cadena de suministro.

Las reflexiones de Minsait sobre el entorno actual están marcadas por la **gran volatilidad**, en la que cada vez tenemos que enfrentarnos a un entorno con mayor incertidumbre, mientras que los **clientes** son cada vez **más exigentes** y están mejor informados.

Enfrentarnos a estos retos no serían posibles sin la Cadena de Suministro que es la que garantiza la entrega de la propuesta de valor al cliente.

Esto hace que trabajemos en dos frentes: **PLANIFICACIÓN y EJECUCIÓN**. Tenemos que anticiparnos (mediante la planificación), pero también tenemos que ser ágiles (ejecutando).

La digitalización puede ayudar en ambas partes, solucionando los PAIN POINTS del cliente:

Los retos del lado de la planificación son:

- Integración horizontal: E2E (End 2 End)
- Integración vertical: del largo al corto plazo
- Extendida: Planificación compartida con partners
- Segmentación del servicio según cliente/canal

Esto hace que las empresas puedan tener una PLANIFICACIÓN INTEGRADA 360°.

Los retos del lado de la ejecución:

- Integración con proveedores y clientes clave
- Visibilidad E2E
- Reacción rápida ante alarmas
- Control para ajustar en lugar y cantidad correctas

Esta parte ayuda a controlar la Demand Driven Supply Chain

Si juntamos ambas partes, tenemos lo que MINSAIT denomina **“MODELO 360° DDSC”**. A **nivel estratégico**, la Cadena de Suministro debe cumplir con cada segmento de clientes, con una infraestructura ágil, e integrar a la empresa extendida. Desde el **nivel de la planificación**, lo más novedoso es cómo poder atender la planificación dentro del nivel de ejecución.

El último ponente fue **Rubén Pelegrí**, COC Logistics Europe & Supply Chain Manager, Saargummi, que ofreció una visión operativa de la situación actual.

Desde Saargummi, empezaron a comprobar que desde el año pasado, el porcentaje de fiabilidad de las previsiones en el transporte marítimo bajó drásticamente desde el 85-60% al 30-40%. Las demoras antes de la pandemia podrían ser 3-4 días y actualmente están entre 6-10 días, lo que supone un cambio relevante. Además, los precios del transporte internacional se han multiplicado por 4 en tan solo 4 años, prácticamente en todos los mercados. Se empieza a ver cierta estabilización, pero están en unos niveles muy altos.



Debido a esta situación actual, Saargummi ha intentado mitigar estos factores externos a través de 2 tipos de estrategias:

A corto plazo:

- Optimizar tenders
- Rutas alternativas
- Uso de pruebas piloto en transporte intermodal (por ejemplo: camiones y trenes)
- Paliar parte del incremento en los costes a través de logística interna 4.0

A medio/largo plazo:

- Relocalización de la industria y rutas asociadas
- Uso de logística interna 4.0

El ponente finalizó su intervención poniendo ejemplos de prácticas concretas que habían desarrollado respecto a logística interna, que les ha permitido reducir costes a la par que incrementar la seguridad de sus plantas, pudiendo cubrir la mitad del efecto negativo del mercado.

El debate de la mesa redonda continuó con la importancia de contar con el talento y la formación necesaria en logística, qué nuevos perfiles se necesita incorporar en las empresas, cada vez más técnicos y con grandes habilidades de análisis de datos, así como el cambio de tendencia en la intentar conseguir proveedores más cercanos a la cadena de suministro y los nuevos tipos de transporte, que necesitan ser cada vez menos contaminantes y menos ruidosos para generar un menor impacto en las grandes áreas urbanas.



Si te perdiste el evento puedes acceder al contenido completo en [este enlace](#):



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





3 | Inteligencia artificial

CÁTEDRA
DE INDUSTRIA
CONECTADA



Este tercer evento bimodal de la cátedra, celebrado el viernes 22 de abril, ha estado centrado en "INTELIGENCIA ARTIFICIAL".

La mesa redonda estuvo formada por:

- **José Daniel García Espinel**, Global Security Product Development & Innovation Director, Prosegur
- **René González Castro**, Director of Advanced Manufacturing & Equipment Standardization, Gestamp
- **Álvaro López López**, Investigador del Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) y Coordinador de la Cátedra de Industria Conectada, ICAI
- **Daniel Navas-Parejo Alonso**, Industrial and Travel & Transportation Sector Leader, IBM

La introducción y moderación de la sesión estuvo a cargo de **Bernardo Villazán Gil**, co-director de la Cátedra de Industria Conectada, CIC Comillas ICAI. Se comenzó haciendo una reflexión sobre lo que la Inteligencia Artificial está significando en el día a día de las personas y las diferentes instituciones. En el caso de ICAI, los primeros estudios e investigaciones sobre Inteligencia Artificial se remontan a los años 70, y durante todos estos años se han ido desarrollando proyectos de investigación en la escuela, en búsqueda de dar respuesta a múltiples retos.

Tras la presentación de la trayectoria de los ponentes, la sesión comenzó con la intervención de José Daniel García Espinel, Global Security Product Development & Innovation Director, Prosegur

Daniel comenzó presentando a Prosegur, ya que tiene un negocio muy diversificado, que ha ido aumentando su ámbito de actuación durante los últimos años. Entre ellos, destacan:

- Prosegur Cash
- Prosegur Security
- Prosegur Alarmas (Home security)



Prosegur comenzó su carrera de la innovación en el año 2019, puesto que la innovación estaba centrada en desarrollar incrementando separadamente cada negocio. En el año 2019 nació el equipo de Prosegur Innovación Corporativa, en 2020 comenzaron los grandes retos en los que la empresa comenzó a explorar diferentes tecnologías. En 2021 se pudo llegar a la fase de creación de nuevos productos, basados en IA y en IoT.

La estrategia de innovación de producto de Prosegur ha estado centrada en 3 pilares principales:

- Desirability
- Feasibility
- Scalability

El siguiente ponente fue René González Castro, Director of Advanced Manufacturing & Equipment Standardization, Gestamp. Gestamp es proveedor de las principales marcas de automóviles, principalmente con las marcas alemanas, francesas, americanas y asiáticas. El sector automovilístico está inmerso en una profunda transformación, que además ha sido muy afectado por la pandemia, como la crisis de semiconductores, los problemas en la cadena de suministro, etc.

El auge de los vehículos eléctricos, así como el potencial de los coches autónomos, que se prevé que cambie incluso la fisonomía del vehículo, está produciendo cambios estructurales que obligan a desarrollar proyectos muy ambiciosos de digitalización e Industria 4.0.

En Gestamp se ha trabajado mucho durante los últimos años en desarrollar no solo fábricas digitales, sino "Smart Factories". Las fábricas digitales tienen un nivel de digitalización interesante, cuyo atributo más importante es la transparencia, consistente en poder ofrecer la información apropiada a los trabajadores apropiados y en el momento más relevante. Las fábricas inteligentes añaden dos atributos que es la autonomía en la automatización de la toma de decisiones (compras, planificación, logística, mantenimiento, etc.) y la flexibilidad de esas plantas.

Gestamp ha dedicado muchos recursos a innovar buscando soluciones flexibles, porque si el mercado tiene cada vez más incertidumbre, las fábricas necesitan ser lo más flexibles posibles.





René comentó que **la Inteligencia Artificial puede ayudar a controlar y a automatizar todas las funciones transversales de las plantas: la calidad, el mantenimiento, las compras, la planificación, etc.**

La **gestión de datos es clave** puesto que se maneja mucho software y muchas fuentes de datos. Si no somos capaces de hacer esos datos disponibles y hacer que se integren de forma ágil en el sistema, no sirven las inversiones que se hayan realizado. La ciberseguridad es también un factor que hay que tener en cuenta desde el principio en cualquier proyecto de desarrollo de IA. Las tecnologías de telecomunicaciones también son claves para que todos los dispositivos móviles IoT funcionen adecuadamente. El siguiente paso es pasar de hablar de "Smart Factories" a "Smart Industry", es decir, pasar de tener fábricas inteligentes a toda una industria integrada y una cadena de suministro optimizada con los clientes.

El siguiente en presentar fue Daniel Navas-Parejo Alonso, Industrial and Travel & Transportation Sector Leader, IBM. Comenzó comentando que IBM nació hace más de 100 años como una empresa industrial de máquinas tabuladoras, entre otras, alejada de la empresa tecnológica en la que se ha convertido.

IBM está centrado hoy en día en:

1. Hacer tecnología
2. Hacer consultoría

Actualmente el foco está en el desarrollo de tecnologías habilitadoras, que son la nube y la IA. **La IA ha cambiado radicalmente cómo entendemos las industrias y los sectores. La mayor parte de los conceptos en los que están basados las herramientas actuales de la IA son del siglo pasado. El motivo por el que se están utilizando ahora y no antes es precisamente porque la tecnología es accesible: es más barata hay más conocimiento, y es más fácil de usar.** El truco de todo esto es aprovechar lo que ya hay, y seguir construyendo por encima.

La madurez de la tecnología actual es la que está permitiendo que la IA se utilice en procesos productivos, de forma que los ciudadanos están utilizando IA en nuestro día a día, incluso sin darnos cuenta de ello. **La IA no ha llegado para sustituir a nadie, sino para aumentar nuestras capacidades y poder tomar mejores decisiones.**

En IA asociada a la industria se pueden realizar 4 cosas:

1. Asistir
2. Analizar
3. Predecir
4. Gestionar y Optimizar

Finalmente, Álvaro López López, Investigador del Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) y Coordinador de la Cátedra de Industria Conectada, ICAI, centró su aportación en la importancia de conocer y comprender cómo se articula la inteligencia del cerebro humano, ya que es muy importante partir de la cognición avanzada humana para poder desarrollar sistemas con inteligencia artificial.

Para ello, lo primero que explicó Álvaro fue cómo funciona la inteligencia en el cerebro humano, para después entender sobre qué principios se ha construido la Inteligencia Artificial (IA) que aplicamos en máquinas. Es decir, cómo entender la IA partiendo de la Inteligencia Natural.

En el cerebro hay entre 80 mil y 100 mil millones de neuronas, con centenares de conexiones entre ellas. Álvaro explicó cómo está estructurado el cerebro, resaltando que el cerebelo, tiene el 50% de las neuronas que hay en el cerebro humano.



El primer procesamiento de la información, y por lo tanto las primeras computaciones que realiza nuestro cerebro, se realiza en la parte occipital, y esa información se procesa y llega a otros dos lóbulos, el parietal y el temporal. La información estructurada va llegando a la parte frontal, en el que se procesa el lenguaje.

Para comenzar a hacer los paralelismos con la Inteligencia Artificial, se menciona el Modelo de Daniel Kahneman, neuropsicólogo, que distingue entre dos sistemas:

- Sistema 1: Inconsciente y procesamiento rápido (percepción)
- Sistema 2: Consciente, sofisticado y procesamiento lento.

El cerebro aprende a través de dos mecanismos:

- **Auto organización:** Cuando a las neuronas les van llegando estímulos que se parecen entre sí una y otra vez, se potencian unas conexiones y se dejan de potenciar otras.
- **Guiado por el error:** Este aprendizaje se da más en el neocórtex, que se guía por el error de predicción por recompensa. Esto está muy interconexión con el sistema límbico, que va enviando impulsos eléctricos y estos se modulan desde un área muy interna del cerebro que se llama el área tegmental ventral (ATV) y que posee una gran cantidad de neuronas dopaminérgicas que la conectan con otras partes del refuerzo. Esta zona del cerebro es fundamental para que podamos sentir refuerzo, placer o emociones.

¿Qué elementos se necesitan para poder construir un modelo de IA?

- Datos y ejemplos: Es decir, una arquitectura que pueda transformar las entradas en salidas
- Una función de error
- Un método de optimización, para hacer que todo converja.

¿Cómo se obtienen esas entradas? Hay que transformar los datos de entrada en una "representación ventajosa", para que el modelo pueda aprender más eficientemente, lo que se conoce como "ingeniería de variables".

Seguidamente, se comentaron los grandes avances en las arquitecturas con potencial, inspiradas en las arquitecturas biológicas.

- Redes Convolucionales (CNNs), son las que tienen que ver con la visión, y desde el 2010 ha sido el boom del *Deep Learning*.
- Redes Recurrentes (RNNs), en las que el mismo modelo se aplica una y otra vez.

Los grandes avances respecto los mecanismos de atención, han obtenido toda la capa de la red recurrente, les han asignado unas variables escalares que compiten entre ellas para que el modelo vea en qué se tiene que fijar. Es decir, enseñar a las redes neuronales en dónde tienen que mirar en cada momento. Esto ha supuesto que la optimización del rendimiento de los sistemas NLP (Procesamiento del Lenguaje Natural). Este avance dio pie a que desde Google desarrollaran "TRANSFORMER", que es un mecanismo de autoatención.

Respecto a los modelos generativos, son dos los que más relevancia tienen:

- **Redes Regenerativas Adversarias.** Se contraponen dos sistemas diferentes que se enfrentan entre ellos. Uno de los sistemas genera imágenes que trata de que el otro sistema, que clasifica esas imágenes, no se entere de si son verdad o son mentira. Es decir, intenta engañar al clasificador.



Estos dos sistemas se enfrentan hasta que llegan a un equilibrio en el que no pueden mejorar, el cual hace a ambos más fuertes.

- **Sistemas Generativos Pre-entrenados (GPT-X).** Estos sistemas son capaces de generar códigos.

También se ha avanzado en los Agentes Artificiales, en los que hay ya una intersección entre DL (*Deep Learning*) y RL (*Reinforcement Learning*), lo que se conoce como DRL. Inicialmente se utilizaron en el ámbito de los juegos, pero actualmente se utilizan en investigación más aplicada como la ciencia y la industria.

Posteriormente se comentaron cuáles son los principales problemas:

- **Eficiencia muestral:** Para que estos modelos funcionen, se necesita una cantidad ingente de datos etiquetados. Esto se intenta mitigar a través del "Transfer Learning" y con la generación controlada de ejemplos.
- **Generalización OOD:** Las dificultades se incrementan cuando hay nuevas situaciones muy diferentes a las procesadas anteriormente, así como cuando se añade ruido para testar el modelo, lo que se conoce como "ataques adversarios"
- **Agentes, Causalidad:** Aquí es donde más hay que trabajar todavía.

Se finalizó comentando cuáles son las líneas actuales de trabajo que se están trabajando en la universidad, centradas en la experiencia sintética, conocida como *Sim-To-Real*. Se utilizan modelos en entornos virtuales, que aprenden políticas óptimas con experiencia sintética. Esa experiencia sintética se utiliza en la realidad para afinar la política de actuación con la experiencia real. Finalmente se transforma el problema de la eficiencia muestral en un problema de transferencia sintética a la realidad. Una de las líneas de trabajo de la cátedra es un estudio para identificar arquitecturas o estrategias óptimas para combinar experiencias sintéticas y reales. Se están utilizando modelos "ensemble", inspirados en arquitectura de redes progresivas.

Finalmente se comentó algo muy importante, y es que muchos modelos y arquitecturas están siendo desarrollados en la actualidad sin un propósito concreto (ciencia básica) que actualmente se está desarrollando. Esto significa que pueden aplicarse para crear una sociedad mejor y más justa, o por el contrario, utilizarse para acentuar o perpetuar las desigualdades. Es importantísimo promover una reflexión sobre los límites éticos y la orientación que se debe dar a una tecnología con tanto potencial para cambiar la sociedad.

El debate de la mesa redonda continuó con la importancia de contar con el talento y la formación necesaria, tanto en los perfiles más jóvenes como en los más seniors, así como desde los puestos más operativos a los más estratégicos de las empresas, en la que sin duda, universidad y empresa deben de estar más unidas que nunca.



Si te perdiste el evento puedes acceder al contenido completo en [este enlace](#):



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



4 | Los retos ESG en la 4ª Revolución Industrial



El objetivo de esta jornada era abordar la sostenibilidad en la industria 4.0. y conocer empresas que ya hayan implementado con éxito estrategias y la aplicación de nuevos procesos en los que tecnología y sostenibilidad vayan de la mano.

Aunque parezca que la sostenibilidad es algo que actualmente está de moda, lleva inherente en la estrategia empresarial desde hace décadas para la mayoría de las empresas, como las de los profesionales que nos acompañaron en esta mesa redonda:

- **Valentín Alfaya**, Director de Sostenibilidad, Ferrovial
- **Javier Blanco Lobejón**, Director de Sostenibilidad, Grupo Antolin
- **María Malaxechevarría**, Directora General de Sostenibilidad, Endesa

La mesa redonda fue presentada por **Álvaro López López**, investigador en el Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) perteneciente a ICAI y coordinador de la Cátedra de Industria Conectada. A su vez, fue moderada por **Elisa Aracil**, profesora e investigadora en la Universidad Pontificia Comillas ICAI-ICADE y en el Instituto de Investigación Tecnológica (IIT), en el que lidera el área de gestión inteligente para la sostenibilidad.

El primer ponente fue Valentín Alfaya, Director de Sostenibilidad, Ferrovial, quien resaltó que la importancia de la sostenibilidad es una tendencia sino que es algo estructural desde hace muchos años y que lo seguirá siendo, con alto impacto en los mercados financieros. Sobre todo, en los 3 últimos años, todo está cambiando muy rápido y de forma radical. Lo que ha cambiado es que anteriormente se veían las actuaciones sobre sostenibilidad como silos independientes en las organizaciones. Ahora se están reubicando los flujos financieros hacia activos con menor impacto en la huella de carbono, algo que anteriormente no se tenía en cuenta. Actualmente el fondo de inversión más rentable es uno que solo



invierte en proyectos de impacto medioambientales verdes. Es decir, **ahora son los inversores los que están presionando a las empresas a que reduzcan su impacto energético**. Se está produciendo una deslocalización de sectores productivos muy intensivos en carbono, a sectores poco intensivos en carbono. **Ahora se buscan activos verdes más que nunca por los grandes grupos inversores**. En el entorno geopolítico sucede lo mismo, la competitividad europea pasa por su adaptación de generación de una economía verde.

La verdadera clave del éxito es que la sostenibilidad debe permear toda la empresa. Las empresas deben convertir su modelo de negocio en las soluciones que necesitamos para abordar los retos de la sostenibilidad.

En sostenibilidad, la tendencia es a la generación de una economía baja en carbono, porque detrás del carbono y del problema del cambio climático, **lo que está en juego es el modelo energético que se utiliza**. No hay actividad económica que no tenga detrás energía.

Entre los ponentes se generó un debate sobre la parte más social de la sostenibilidad, ya que no sólo es la presión de los mercados financieros, si no que los propios clientes de las empresas están empezando a demandar la aplicación de criterios éticos y transparencia en las prácticas empresariales, tal y como argumentó Javier Blanco Lobejón. **La sostenibilidad ha evolucionado hacia un concepto de Cadena de Suministro responsable**.



De izquierda a derecha: María Malaxechevarría, Directora General de Sostenibilidad, Endesa; Javier Blanco Lobejón, Director de Sostenibilidad, Grupo Antolin; Valentín Alfaya, Director de Sostenibilidad, Ferrovial; Elisa Aracil, profesora e investigadora en la Universidad Pontificia Comillas ICAI-CADE y el IIT; Álvaro López López, investigador del (IIT) y coordinador de la Cátedra de Industria Conectada.



Si te perdiste el evento puedes acceder al contenido completo en [este enlace](#):



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



5 | Metaverso

CÁTEDRA
DE INDUSTRIA
CONECTADA



EVENTOS PÚBLICOS

El último evento de la cátedra, celebrado en el Aula Magna de ICAI, estuvo dedicado al significado e implicaciones del metaverso tanto en el ámbito industrial como en el de la vida diaria de las personas. Para ello se contó con la colaboración de:

- **Niurka Cordero**, Technology Strategist, Microsoft.
- **Joanra Mallart**, Experience Design, Mobile & XR Director, IBM.
- **Diego Mallada Conte**, IT Digital Director, Gestamp.
- **Daniel García Espinel**, Chief Innovation Officer, Prosegur.

Dichos ponentes comenzaron con una pequeña introducción sobre su perspectiva profesional y personal del metaverso y de cómo sus respectivas empresas están realizando grandes esfuerzos para estar a la vanguardia de esta nueva tecnología.

Niurka Cordero comenzó resaltando el cambio que actualmente se está llevando a cabo en el metaverso ya que ha pasado de tener como único ámbito de uso los videojuegos, a que cada vez más se esté empleando en el día a día como una vía de asegurar la colaboración remota y presencial que actualmente ha sido amplificada por la pandemia. Al mismo tiempo, se está democratizando cada vez más el acceso al metaverso lo cual está proporcionando el auge de los *digital twins*, que permiten crear una copia virtual de un elemento real con la ventaja añadida de presentar una capacidad de entrenamiento y una información mayor sobre todos los elementos de una empresa. Por ejemplo, sobre los operarios o sobre la intralogística en general de una industria.

Además, hay que tener en cuenta que las nuevas generaciones tendrán nuevas capacidades y supondrán una nueva demanda de estas tecnologías, a la vez que habrá una mayor disponibilidad de datos y una mayor capacidad de acceso a esta forma de negocio.



Para resaltar la importancia de estas tecnologías, se habló sobre *Microsoft Mesh*, una colaboración con Meta, que proporciona un entorno colaborativo e inmersivo con un enfoque más dirigido hacia el usuario final que a un negocio. También se habló sobre el entorno *Altspace VR* que permite crear espacios personalizados y colaborativos para empresas con diferentes geolocalizaciones

Joanra Mallart nos enseñó como el metaverso es el siguiente paso de Internet con un enfoque mayor hacia el usuario final y que se difuminará con la realidad, puesto que **el metaverso se podría definir como el conjunto formado por la interpretación de la realidad y por una capa que se sitúa por encima de esta y dónde se utiliza la ciencia de datos**. Sus principales ventajas son tanto para la parte más industrial de sus receptores, como para el trabajo y la forma de socializar de cada uno de sus usuarios. En concreto, esto fue ejemplificado con la labor que hace IBM al experimentar con *Imaging* (una oficina virtual), trabajar sobre un producto remotamente y al proporcionar un espacio virtual para eventos. También nos indicó cómo actualmente es utilizado durante el proceso de selección de personal.



Además, nos indicó como la idea de IBM es formar un entorno abierto e interoperable en el que se satisfacen las necesidades, se tiene la tecnología necesaria y que es fácil de usar y accesible. Por ejemplo, IBM ha desarrollado *IBM Immernity*, una serie de metaversos privados para empresas que quieren colaborar o formar a nuevos empleados.

Diego Mallada definió el metaverso como una serie de capas que forman un ecosistema. Este a su vez puede unirse a otros metaversos para formar un multiverso. Sus aspectos clave son su interoperabilidad, identidad, descentralización por el uso de la Web 3.0, la cual se separa de la web semántica, y sus estándares. En concreto, Gestamp está usando esta tecnología para entrenar, realizar simulaciones y para que los empleados puedan asistir remotamente lo cual permite crear equipos distribuidos que trabajen sobre un mismo *digital twin*.



Daniel García Espiner comparó la situación actual de Prosegur con la que se pretende tener en el futuro. En la actualidad Prosegur Security está formado por CRA (Central de Recepción de las Alarmas), SOC (vigilancia remota mediante cámaras) y CGO (conexión en tiempo real). En el futuro se pretende tener sensores y actuadores (como robots o drones) para tener una seguridad autónoma. Se quiere tener el actual despliegue de elementos del mundo físico conectados al mundo virtual (cloud, IoT, AI...). Con esto se podrá interactuar entre clientes y vigilantes, sincronizar el mundo físico y el digital, modelar y monitorizar, analizar el pasado, predecir y simular. Se tendrá una serie de *digital twins* que se retroalimentarán con los dispositivos IoT para así simular el mundo real y permitir ya no solo una visión perimetral sino una volumétrica, mediante la cual se puede llevar a cabo un seguimiento interno de cualquier objeto.

Finalmente se llevó a cabo una ronda de preguntas y respuestas dónde se resaltó la evolución a pasos agigantados de la parte de software, y cómo por el contrario no está siendo acompañado de una masificación y democratización del acceso al hardware necesario para poder acceder a este software. No obstante, esto mejorará a medida que salgan al mercado nuevos tipos de tecnologías.

También se subrayó que el metaverso es de propósito general y que está teniendo un efecto llamada por las grandes tecnológicas como Meta. Dicho efecto, hará que haya más competencia y sea más accesible, aunque cada aplicación necesitará de una serie de hardware diferente.

Un grave problema de esta tecnología, además del riesgo de brecha entre los que podrán acceder a ella y los que no, es la falta de ciberseguridad en el metaverso por una falta de seguridad de la identidad, de la privacidad y de la propiedad intelectual. También existen problemas de regulación debido a que las grandes empresas quieren construir monopolios. Por el contrario, un catalizador de la evolución de esta tecnología son las comunidades open-source dónde un gran número de programadores presentan diferentes códigos como soluciones a problemas actuales.



Si te perdiste el evento puedes acceder al contenido completo en [este enlace](#):





EVENTOS PRIVADOS

Con el objetivo de generar espacios de debate comunes entre los diferentes especialistas de las empresas patrono, y así fomentar el networking y las oportunidades de colaboración entre los profesionales vinculados con la cátedra, se han generado sesiones específicas en aquellos temas en los que había una especial relevancia o mayor interés.

En estos encuentros, se comparten experiencias, se ponen en común preocupaciones o dificultades, e incluso se encuentran formas de colaborar entre unas y otras organizaciones, lo que hace que estas sesiones sean una oportunidad única para que las empresas patrono encuentren nuevas vías de innovación.

La dinámica que se sigue es que un ponente invitado lidera la sesión, aportando su visión y explicando cómo ha respondido su organización ante los retos de la digitalización, qué procesos, procedimientos, formas de trabajo, etc., han tenido que adaptar, con el objetivo de servir como ejemplo de lo que otras empresas podrían lograr.



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





1 | Ciberseguridad



Hablar de ciberseguridad industrial es siempre un reto puesto que es un campo muy amplio que se puede enfocar desde distintos ámbitos, y que además es transversal a los distintos tipos de organizaciones y perfiles. Por ello, el enfoque que aquí se va a comentar es proveer de información y contexto que permitan luego iniciar un debate y una reflexión guiada por una serie de preguntas.

En esta ocasión, **Carlos Abad**, Cybersecurity Senior Manager en SIA Group, la empresa especializada en ciberseguridad del grupo Indra, y **Javier Jarauta Sánchez**, Director del Máster en Ciberseguridad en ICAI fueron los encargados en liderar esta sesión.

¿Por qué es tan importante hablar de ciberseguridad industrial?

Porque ahora ya es más que necesario conectar infraestructuras que previamente no estaban conectadas, puesto que dentro de cada infraestructura se están añadiendo componentes digitales nativos que nos llevan a interactuar entre los dos mundos. Hablar de ciberseguridad industrial no es un tema específico de infraestructuras críticas puesto que éste con el paso de los años se ha democratizado mucho más.

Según el **Informe Ascendant 2020-2021** en el que se realizó un cuestionario a distintas organizaciones relativo a la gestión de sus activos digitales, el 28% de las empresas tenía una gestión automatizada de inventarios de activos digitales, mientras que el 45% aspira a poder automatizar estos inventarios en un medio plazo. A nivel de servicios gestionados, en la parte de monitorización, 1 de cada 10 empresas no tenían herramientas, 3 de cada 10 tenían herramientas básicas y 3 de cada 10 poseían servicios SOC externalizados.

En mitad de la pandemia, es decir, el segundo semestre de 2020, se publicaron una serie de datos relevantes acerca del incremento de los ataques ICS, como por ejemplo, el hecho de que el malware destinado a equipos ICS estaba variando y había crecido un 30%. Por otro lado, los ataques relacionados con activos digitales ICS en distintos entornos industriales como Ingeniería, Oil&Gas y Building Automation estaban entorno al 40% - 45% cada uno de ellos. Como resultado de un estudio interno de SIA se concluyó que el 50% de las alertas se ignoran, el tiempo medio que se tarda en identificar a un atacante en la red es de 56 días, y son 73 días la estimación para contener una infracción de ciberseguridad.



En relación con la importancia de los activos industriales y su relación con la cultura de ciberseguridad que se quiera obtener, se destaca que **solo el 78% de las organizaciones tienen solo visibilidad parcial y centralizada de la ciberseguridad de sus entornos OT. Además, casi dos tercios de los líderes de OT mencionan que mantener el ritmo del cambio es el mayor desafío al que se enfrentan.** En las empresas industriales donde el foco se sitúa en el proceso, su optimización y la reducción de costes, otro de los retos es destinar o encontrar recursos especializados para la ciberseguridad industrial. En este sentido, el 45% de las empresas se ven limitadas por la escasez de mano de obra cualificada. Con todo ello **se puede concluir que uno de los grandes retos es ser conscientes y capaces de monitorizar todo lo que se tiene y ver si es posible que eso sea automatizado.**

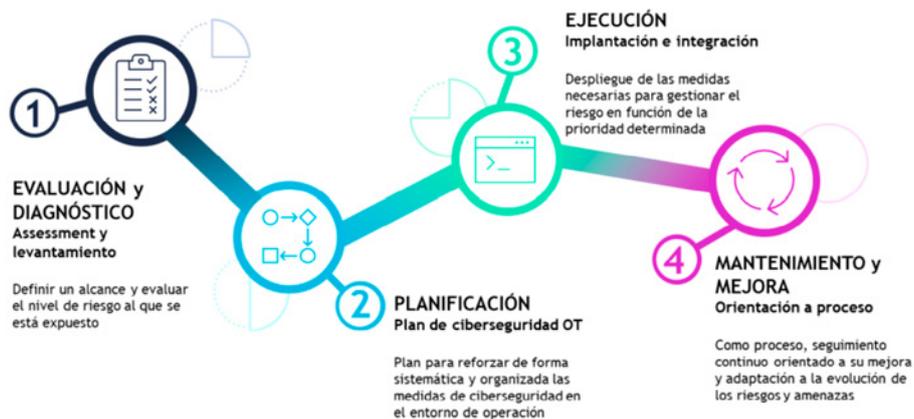
¿Cómo abordar de forma exitosa la ciberseguridad industrial?

Dependiendo del tipo de organización hay dos aproximaciones:

- Una basada en la gestión de la ciberseguridad o al gobierno,
- otra basada en la infraestructura “conectada” o a la estrategia.

Ante esta disyuntiva en la que parece que los modelos son incompatibles, desde SIA consideran que ambas pueden ser complementarias y una compañía puede crecer y mejorar en ambos aspectos.

Para simplificar la complejidad del problema al que se enfrenta una empresa que no tiene una maduración alta en ciberseguridad, SIA propone establecer en primer lugar un itinerario en el que se pretende posicionar a la empresa según la fase en la que se encuentra.



Para finalizar, se habló de la importancia de contar con el talento que sea capaz de afrontar estos nuevos retos de ciberseguridad aplicados a entornos industriales, ya que es necesario actualizar y formar a los perfiles más senior de las empresas, pero también incorporar talento joven. **El reto actual para cualquier empresa es cómo gestionar el reciclaje de sus profesionales en las nuevas técnicas y tecnologías de la ciberseguridad.** Javier Jarauta comentó que **la solución pasa por una formación continua de los profesionales porque las técnicas y tácticas de ciberataques están en continua evolución y cada vez a una velocidad mayor.**



El encuentro fue moderado por **Álvaro López López**, coordinador de la Cátedra de Industria Conectada. El ponente fue **Sergio Almar Garayoa**, socio de **MINSAIT**, empresa del Grupo Indra, quien es responsable del área de Supply Chain, que abarca todas las operaciones. La ponencia estuvo centrada sobre todo en la parte de planificación de la cadena de suministro.

Sergio Almar introdujo el concepto de **Demand Driven Supply Chain**, que iba a explicar durante su charla. Comenzó por introducir el entorno actual, en el que las empresas se enfrentan a un escenario competitivo cada vez más imprevisible y exigente, tanto en B2C como en B2B.

Por un lado, nos encontramos con la VOLATILIDAD, que es un entorno con mayor incertidumbre y por otro, la EXIGENCIA, clientes cada vez más exigentes y mejor informados.

Para poder ofrecer un buen servicio ante estos dos factores, es clave la cadena de suministro, que garantiza la entrega de la propuesta de valor a los clientes. Esto hace que trabajemos en dos frentes: **PLANIFICACIÓN y EJECUCIÓN**. Tenemos que anticiparnos (mediante la planificación), pero también tenemos que ser ágiles (ejecutando).

La digitalización puede ayudar en ambas partes, solucionando los PAIN POINTS del cliente, que deben de tenerse en cuenta desde el punto de vista de la planificación, y desde el punto de vista de la ejecución:

PAIN POINTS DEL LADO DE LA PLANIFICACIÓN:

- Integración horizontal: E2E (End 2 End)
- Integración vertical: del largo al corto plazo
- Extendida: Planificación compartida con partners
- Simulaciones "what if", según escenarios de demanda
- Optimización variable

Esto hace que las empresas puedan tener una **PLANIFICACIÓN INTEGRADA 360°**.

PAIN POINTS DEL LADO DE LA EJECUCIÓN:

- Segmentación del servicio según cliente/canal
- Integración con proveedores y clientes clave
- Visibilidad E2E
- Reacción rápida ante alarmas
- No stocks – buffers intermedios



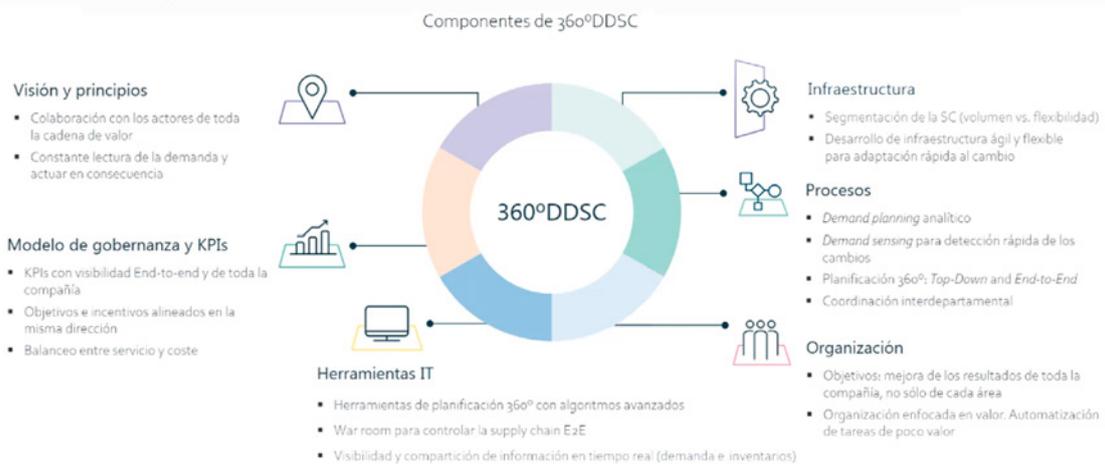
Esta parte ayuda a controlar la **DEMAND DRIVEN SUPPLY CHAIN**.

Si juntamos ambas partes, tenemos lo que MINSAIT denomina “MODELO 360° DDSC”. Esta planificación 360° incluye 6 macro-procesos con el objetivo de reaccionar a la demanda de manera coordinada, y son los siguientes:

- Demanda
- Materias primas
- Producción
- Filiales
- Distribución
- Finanzas

En definitiva, “Demand Driven Supply Chain” es un método de gestión de la cadena de suministro centrado en desarrollar capacidades para responder a una demanda cambiante.

La implantación del modelo 360°DDSC no sólo abarca el ámbito IT



Las herramientas digitales desarrolladas por Minsait ayudan a ver dónde se tienen que poner los buffers en función de la volatilidad, para que absorban la variabilidad y un ajuste dinámico de los buffers, en función de cómo sea el comportamiento de la demanda. Se recaló que lo importante en la implementación del modelo 360° DDSC no es qué herramienta se elige, sino todo lo que hay alrededor. Cambio de cultura corporativa de colaboración, colaboración externa con partners o clientes clave, y de automatizar todo lo que se pueda hacer para que las organizaciones se puedan centrar en la toma de decisiones de valor.

Posteriormente se dio paso a un rico debate entre los asistentes, entre los que destacaron la importancia del cambio de mentalidad en los empleados, como parte de un cambio de la cultura organizativa; cómo se está trabajando la integración con los proveedores a lo largo de toda la cadena de valor; cómo se ha comprobado que el análisis de datos es el óptimo cuando se realiza un trabajo conjunto entre diferentes tipos de empleados, desde los operarios de planta, hasta las personas que configuran el software, los analistas que evalúan los datos obtenidos y los altos cargos empresariales; que actualmente existe una necesidad de que en las empresas se avance en los proyectos de colaboración, para que se conviertan en proyectos de integración.



3 Inteligencia Artificial

#EventosCIC

21 de abril

Éste último Encuentro Privado de la cátedra se dedicó a presentar **“Un caso de éxito de aplicación de IA a operaciones”**, moderado por **Álvaro López López**, coordinador de la Cátedra de Industria Conectada. Los ponentes fueron **Tomás Álvarez Tejedor** y **Daniel González Calvo**, de **Endesa Generación**, que hicieron una presentación sobre su aproximación para aplicar exitosamente *machine learning* al mantenimiento.

La sesión comenzó con la presentación de cada asistente, para conseguir el objetivo del fomento de networking entre los diferentes profesionales de las empresas patrono. La ponencia estuvo centrada en mantenimiento centrado en datos, que fue estructurada en 3 partes:

1. Antecedentes de por qué se decidió aplicar el aprendizaje automático al mantenimiento. Mantenimiento basado en datos o mantenimiento basado en fiabilidad.
2. Qué productos se han ido desarrollando, que comenzó con una formación en ICAI de técnicas de Machine Learning, y la explicación del cambio cultural dentro de la organización.
3. Plataforma de gestión ordinaria del mantenimiento, desarrollada internamente.

Se comienza comentando que el objetivo principal para Endesa era ser una empresa orientada a la toma de decisión de datos. Tomás Álvarez Tejedor comenta que es imprescindible que los equipos de datos entiendan a los operarios, y éstos a su vez a los equipos de datos, para que **estos datos se puedan traducir en información para tomar una decisión (actionable information)**. Es decir, que los operarios entiendan todo lo que se puede obtener de los sistemas y la tecnología disponible, y los que extraen y analizan esa información, que puedan entender las necesidades de las diferentes plantas para su correcto funcionamiento.

El ponente subraya que no hay que obviar que hay que seguir un mantenimiento ordinario, como el mantenimiento legal que es de obligado cumplimiento. Dado que muchas partes del mantenimiento están subcontradas, hay que realizar una gestión de mantenimiento y acuerdos marco, realizar una planificación y optimización del mantenimiento, gestionar las revisiones así como evaluar e identificar las oportunidades de mejora.

El gran cambio es cambiar la mentalidad al personal de mantenimiento basándonos en dos pilares:

1. La digitalización de la Gestión Ordinaria del Mantenimiento. Para esto, generaron una plataforma de desarrollo propia: “Plataforma GMI Digital”
2. Cambiar la cultura de Mantenimiento hacia una nueva “cultura digital basada en los datos”



Los operarios lo que quieren saber es la prognosis, qué va a pasar en el futuro, de forma que el aprendizaje automático pronostique cuándo se prevén los fallos, las roturas, etc., para que el operario pueda adelantarse. Para que esto sea posible, hay que abordarlo en una serie de niveles:

- **Instrumentación y la sensórica de planta**, que está pensada para ser la primera fuente de datos.
- **Supervisión y control**, de forma que se pueda crear una plataforma de adquisición de datos (Plant Information System), que es una BBDD muy optimizada.
- **Monitorización de la condición**, que ayude a comparar los niveles de los parámetros de operación respecto a los valores esperados (medias), para que se detecte si se ha salido de su senda.
- **Evaluación de la condición y estado del sistema**, que determine si el comportamiento del sistema se ha degradado, de forma que se genere un diagnóstico.
- **Prognosis**: Es donde el aprendizaje automático empieza a tener valor. El objetivo es proyectar el estado actual o la condición actual hacia el futuro, con programas muy específicos.
- Qué hacer con los datos, es decir, el **apoyo a la toma de decisiones**. Se tiene que poner un objetivo a la función que estemos monitorizando, proponiendo escenarios para que el operario decida qué alternativa será la mejor en función de los objetivos que se hayan definido.
- **La interface del operador**: Cómo van a visualizar los datos, de forma que entiendan fácilmente la información.

Se pusieron de relieve dos ejemplos de casos reales de ENDESA, en los que fue clave aplicar esta estrategia de mantenimiento basada en datos, en la que explicaron cómo a través de esta estrategia pudieron desarrollar diferentes productos ad-hoc para uso interno de sus plantas.

Daniel tomó la palabra para presentar su plataforma GMI Digital, su plataforma de mantenimiento centralizado, que fue totalmente desarrollada internamente, interconectando entornos de datos corporativos, es decir, conectando los sistemas de adquisición masiva de datos, de forma que se enriquezca la gestión ordinaria del mantenimiento y se estandarice e incorporen todos los datos en una única plataforma. En definitiva, lo que han creado en ENDESA es un estándar, que permite ir creando y añadiendo nuevos módulos, tanto de desarrollo de análisis de datos como nuevos informes que se quieran obtener, o reportes que se quieran subir para que estén disponibles. Además, también les sirve para almacenar la documentación propia, usándolo como gestor documental específico de mantenimiento. Como conclusión, ambos ponentes comentaron que fue una iniciativa de cambio cultural, que vino de la necesidad de las propias centrales, a la construcción de abajo a arriba de un sistema que fuese relevante para la empresa.



Tras ambas presentaciones, se dio paso al debate entre los asistentes, que estuvo centrado en preguntas sobre cómo habían desarrollado ese proyecto tan innovador, y tan difícil de implementar en una empresa tan grande como Endesa.



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 han organizado tres *Desayunos con CEO*, el primero a cargo de **Javier Echenique**, Director General de ID Logistics en España, aprovechando la incorporación de ID Logistics entre las empresas patrono de la cátedra. El siguiente desayuno lo lideró **Horacio Morell**, Presidente de IBM España, Portugal, Grecia e Israel. El último desayuno-coloquio fue organizado conjuntamente con el Club Empresarial ICADE, en el que **Meinrad Spenger**, CEO del Grupo MásMóvil, compartió su visión sobre cómo una pequeña empresa puede conseguir tal crecimiento sostenible, como para estar incluida en el IBEX.

En todos los desayunos hubo un gran debate entre los asistentes, que compartieron cuáles son los retos a los que se enfrentan sus empresas y compartieron opiniones sobre cómo afrontarlos desde sus organizaciones.



Visita el [Canal de Youtube](#) de la Cátedra de Industria Conectada:





1 | JAVIER ECHENIQUE, Director General de ID Logistics en España



20 DE ABRIL 2022

FORMATO
HÍBRIDO



Con motivo de la incorporación de ID Logistics como empresa patrono de la cátedra, el invitado en este desayuno inaugural de 2022 fue su Director General, **Javier Echenique**.

ID Logistics es uno de los principales operadores logísticos a nivel nacional e internacional, y desde su creación en 2001, apuesta firmemente por la inversión en nuevas tecnologías para optimizar sus procesos, automatizar y simplificar la gestión de sus almacenes.

El ciclo “Desayuno con CEO” comenzó con la intervención de **Antonio Muñoz San Roque**, Director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI), que apuntó que la Cátedra de Industria Conectada está generando un impacto muy positivo en el tejido industrial español y en la formación de los ingenieros ICAI, y que la incorporación de una empresa como ID Logistics permitirá ahondar en una visión 360° de la industria.

Seguidamente, Bernardo Villazán realizó la introducción, comentando que para la cátedra es un momento especialmente relevante puesto que se realiza el anuncio de la incorporación de un nuevo socio colaborador, ID Logistics, empresa patrono que aportará un conocimiento muy relevante en un ámbito tan sensible e importante como es la logística y cadena de suministro, ya que ID Logistics es uno de los operadores logísticos más importantes a nivel nacional e internacional.

Posteriormente Javier Echenique, Director General de ID Logistics en España, tomó la palabra para presentar la compañía ante los asistentes a este encuentro. Comenzó mencionando que el sector logístico es un sector muy amplio, en el que se pueden distinguir 4 grandes bloques:

- Transporte,
- Importación y exportación de mercancías,
- Paquetería (parcel),
- Operadores logísticos, donde se sitúa ID Logistics.

Tras hacer un repaso a la evolución del sector logístico durante la última década, Javier Echenique trasladó a la audiencia que el sector logístico ha sido tradicionalmente de mano de obra intensiva, y para hacernos una idea de su magnitud, de los costes totales operacionales, el 70% es el coste salarial. Actualmente, con la incorporación de la robótica y la inversión en nuevas tecnologías, se han optimizado sus procesos, automatizado y simplificado la gestión de los almacenes y flujos de mercancías. Para seguir siendo relevantes en el mercado, los proveedores logísticos se tienen que convertir en un integrador de soluciones.

La parte más crítica a la hora de poner un robot dentro de las instalaciones de cualquier operador logístico es sin duda la “INTELIGENCIA OPERACIONAL”. Esta “Inteligencia Operacional” normalmente no la ofrecen los grandes fabricantes.



Tras la coyuntura actual de escasez de microchips, se pueden diferenciar 2 grandes problemas principales en el sector logístico:

- **Problema de negocio**, que consiste en la inteligencia para ser esos integradores, vinculada al talento. La clave está en cómo mantener el talento de ingenieros, operacionales, mandos intermedios, etc., que requiere un gasto en formación continua para las empresas, especialmente cuando llegan los altos volúmenes de las campañas de venta de los clientes.
- **Gestión y dimensionamiento de los robots:** Todavía no se ha definido bien cuál será el modelo de negocio necesario para dar flexibilidad a las plantas, si tener robots en propiedad, tener alquiler, pago por uso, etc.

Una tecnología que va a revolucionar la gestión de almacenes es la incorporación de la visión artificial e inteligencia artificial que controlen los movimientos de pallets en los almacenes, mejorando la eficiencia. Sin embargo, de nuevo se vuelve a necesitar un software que integre la inteligencia de dichas tecnologías. Con este tipo de dispositivos, se tendrían controlados a todas las máquinas y trabajadores, con los que se podrían implementar proyectos de gemelo digital.

El desayuno finalizó con un debate entre todos los asistentes, que plantearon dudas y retos comunes.



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





2 | HORACIO MORELL, Presidente de IBM España, Portugal, Grecia e Israel



15 DE JULIO 2022

FORMATO
PRESENCIAL



El segundo coloquio, dentro de ciclo "Desayuno con CEO", organizado por la Cátedra de Industria Conectada, tenía el objetivo de explicar dónde estamos en la transformación digital y por qué no se está avanzando tan rápido.

Horacio Morell, Presidente de IBM España, Portugal, Grecia e Israel, comenzó haciendo una introducción de la misión que siempre ha tenido IBM, que no ha sido otra que la liderar la transformación digital y actualmente está apostando por soluciones totalmente abiertas, de forma que se colabore con otras empresas para generar el mayor valor añadido posible a las industrias. Este foco en desarrollar tecnologías abiertas es un cambio de *mindset*, pero totalmente necesario en el entorno actual. El objetivo de IBM es facilitar a sus clientes cómo implementar el *expertise* tecnológico existente en sus negocios.

En cuanto al contexto global, tanto la tecnología y como la transformación digital se ha acelerado muchísimo durante la pandemia, pero hay que ser conscientes de que falta mucho por hacer en el ecosistema empresarial. Se ha generado muchísima toma de conciencia, pero todavía falta desarrollo real en las organizaciones, tanto públicas como privadas.

Estamos ante una oportunidad única de crear una sociedad y empresas más resilientes y sólidas. Ahora mismo estamos en un punto de inflexión, puesto que se están transformando tremendamente a todas las industrias, la IA está cambiando ya todas las profesiones, y **la tecnología es la única herramienta disponible que tenemos que es capaz de escalar los negocios sin escalar linealmente los costes asociados.**

Especialmente, hay dos tecnologías que se consideran totalmente disruptivas:

- Cloud Híbrida
- IA

La Transformación Digital siempre ha sido vista como "la tierra prometida", en el sentido de que iba a cambiarlo todo, pero **no estamos explotando todavía el potencial** que tiene, ya que **solo entre el 20-25% de las aplicaciones se han movido a la nube, y sólo se están utilizando entre el 10-30% de los datos que se recopilan.**

¿Cuáles son los inhibidores que están reduciendo la velocidad de adaptación?

- El primero, recae en el ámbito de la **ciberseguridad**. Los casos de ciberamenazas han aumentado exponencialmente durante la pandemia. Actualmente, la brecha en la que se resuelven los ataques de seguridad son 267 días, cuando hace años era menos de 200 días. Esto es un ejemplo de la altísima complejidad que tiene para las empresas.
- El segundo es la **privacidad** es un tema relevante, que se ve afectado por:
 - o El Marco Regulatorio: alarga los tiempos en los que los proyectos se pueden poner en marcha o se pueden realizar lanzamientos de productos.
 - o Miedo a ser dependiente de un proveedor: Por este motivo las tecnologías Open Source están y seguirán estando en auge.



- o Complejidad de gestión de los sistemas actuales. Se estima que la media será utilizar 4 clouds públicas.

La solución que se necesita es una arquitectura y un modelo tecnológico que te permita innovar en tu sector, y esto significa introducir en las organizaciones la **nube híbrida**, potenciando la IA. Esta *Cloud Híbrida*, es la que se utilizará para anticipar, gestionar los procesos de predicción, a la vez que velará por la ciberseguridad en las operaciones.

Pero para que estas tecnologías funcionen y sean útiles para las organizaciones, se necesita poner énfasis en la gestión del talento. Es clave apostar por políticas de formación y actualización de competencias a sus profesionales, además de la parte de captación. Y esto viene dado porque **el nivel de rotación en el mercado laboral es altísimo.** Ya hace tiempo han cambiado las reglas del juego en las que un profesional trabajaba durante muchísimos años en la misma empresa.

Finalmente, se finalizó la sesión comentando cuáles son las claves para realizar una buena gestión de la transformación digital:

- Tener buen modelo tecnológico
- Poner a las personas en el centro
- Ver la tecnología como medio facilitador y no como fin
- Compromiso ético real en los negocios y las políticas internas

Tras la ponencia, se dio paso a un rico debate entre los asistentes, en los que se habló de la tecnología de *quantum computing*, de la importancia de fomentar ecosistemas de innovación abierta y cooperativa, etc.



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





3 | MEINRAD SPENGER, CEO del Grupo MásMóvil



22 DE NOVIEMBRE 2022

FORMATO
PRESENCIAL



Este desayuno-coloquio fue organizado conjuntamente con el Club Empresarial ICAE

El cofundador y CEO del Grupo MásMóvil, **Meinrad Spenger**, fue el invitado a esta conferencia titulada "Lo imposible, es posible. De startup al IBEX", organizada por la Cátedra de Industria Conectada y el Club Empresarial ICAE.

Nacido en Austria, Meinrad Spenger estudió Derecho en la Universidad de Graz (Austria) y completó sus estudios en la Universidad de Trieste (Italia). También cursó un MBA en el Instituto de Empresa, en Madrid, y en el centro SDA Bocconi, en Milán. Se mudó a España hace 17 años donde fundó el Grupo MásMóvil en 2006. En 2017 la empresa dio el salto al IBEX 35.

"MásMóvil es un caso paradigmático de emprendimiento y de crecimiento". Se fundó con un propósito muy claro que es ofrecer servicios de telefonía a un precio justo, pero sobre todo con una gran calidad de servicio, afirmó **David Pérez-Renovales**. El Grupo MásMóvil ha tenido un gran crecimiento orgánico, pero también ha ido adquiriendo otras compañías. Hoy en día, operan con 11 marcas en el mercado. Hoy en día es el cuarto operador de telefonía en España, tiene más de 15 millones de clientes y factura más de 3.000 millones de euros.

Durante su intervención, Meinrad Spenger inició su intervención explicando por qué crearon MásMóvil en España. En 2006, España era el país con las tarifas más caras y los clientes más insatisfechos. Por lo tanto, era una situación que sin duda invitaba a hacer algo.

La idea que tuvieron fue crear un operador móvil virtual, que consiste en ser un operador sin infraestructuras propias, que alquila la red de otro. En ese momento la regulación permitió operar de esta forma



ya que se consideraba que no había la suficiente competencia en el mercado español. Cuando empezaron, los operadores que había les dijeron que había otras 100 empresas interesadas, por lo que los primeros dos años fueron muy difíciles, en los que no tuvieron ni siquiera salarios.

Finalmente consiguieron empezar y fueron el primer operador móvil virtual. Empezaron en plena crisis de 2008, por lo que no había apenas financiación para start-ups, así que tuvieron que arrancar aprendiendo a gestionar una empresa con muy pocos recursos, ser muy eficientes y evitar cualquier tipo de gasto superfluo, lo que es parte del ADN del Grupo MásMóvil.

Durante los primeros años, el crecimiento fue muy lento, tan lento que en algunos momentos estuvieron a punto de cerrar el negocio. Sin embargo, decidieron ir a la bolsa para pequeñas empresas, BME Growth, ya que era su única opción de conseguir la financiación suficiente que les permitiese crecer. Ahí fue cuando pudieron empezar a comprar pequeñas empresas complementarias. La operación más importante la hicieron en 2016, cuando compraron Yoigo y desde ahí fueron un operador con antenas.

En palabras de Meinrad Spenger, son 4 los factores del éxito que han tenido:

- **Prioridad en la calidad del servicio de atención a los clientes:** Ofrecer un buen servicio en la teoría parece obvio, pero en la práctica no es tan sencillo cuando, como en su caso, no se tiene el control de la calidad de la red. Por ejemplo, fueron los primeros en ofrecer un servicio de atención online, teniendo controlados los datos relevantes para la satisfacción de los clientes en general y a nivel individual. Otro punto clave fue darle importancia a la instalación del servicio que realiza el técnico, ya que en general en el sector había mucha insatisfacción. Los clientes no tenían apenas visibilidad sobre el momento en el que el técnico iba a realizar la instalación realmente. Lo que hicieron fue desarrollar una app en la que el cliente podía ver dónde se encontraba el técnico, junto a los datos de su número de teléfono por si se tenían que poner en contacto con él.
- **La eficiencia en las inversiones:** Debido a que no tenían mucho dinero para invertir, comenzaron a realizar co-inversiones en el despliegue de red en zonas rurales o en las cuales no hubieran desplegado red los operadores tradicionales. Esto, junto con el hecho de que utilizaban infraestructura de terceros. Como consecuencia, MásMóvil es hoy el operador con mayor cobertura de fibra, y por tanto, con mayor capacidad de ofrecer servicio a los clientes.
- **Cultura de empresa:** El positivismo impregna la manera en la que operan. Que haya buena relación y un buen ambiente laboral, redundan en un equipo motivado y satisfecho, que resulta en una productividad mucho mayor de la que a priori se puede esperar. Pragmatismo y simplicidad son otros de los factores del éxito: Tomar decisiones de forma ágil y rápida, aunque se comentan errores
- **Sostenibilidad:** Son el único operador con 0 emisiones de carbono. Hacerlo por convicción implica que todas las decisiones que se toman son a largo plazo.

Como conclusión, aplicando estos 4 principios, lo que se crea es confianza con empleados, proveedores, inversores y con clientes. Esto es tremendamente relevante para conseguir abrir las puertas necesarias que te permitan conseguir tus objetivos empresariales.



Si te perdiste el evento puedes acceder al contenido completo en [este enlace](#):



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





VI HACKATHON FOR SMART INDUSTRY

A través de la organización de su tradicional Hackathon, la Cátedra promueve un **espacio de colaboración entre alumnos y empresa** en el que los alumnos aplican los conocimientos adquiridos en el aula para solucionar un caso real y la empresa obtiene una visión innovadora que resuelve el reto que plantea.

Además de esta dimensión formadora, el hackathon también es un medio en el que universidad y empresa comparten tiempo y espacios, haciendo posible a la industria conocer de primera mano a los que serán los impulsores de los nuevos paradigmas industriales que se están imponiendo desde hace unos años.



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





1 RETO ENAGÁS: "Hacia el Dispatching Conectado 4.0"



11 Y 12 DE NOVIEMBRE

FORMATO
PRESENCIAL



Esta sexta edición del **Hackathon for Smart Industry** se celebró los días 11 y 12 de noviembre. La empresa que propuso el reto fue Enagás, 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.

El martes 8 de noviembre se había presentado el reto a los participantes, y se había dado una sesión introductoria a herramientas *low code*, que se sugerían para llegar a soluciones intuitivas y fácilmente mantenibles. Durante la celebración del hackathon, diferentes profesionales de Enagás les acompañaron para resolver todas sus dudas.



El jurado estuvo formado por María Gutiérrez, Marta Cepeda, de Enagás, y por Daniel Peña y Rolando Silva, de Enagás GTS.

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.

Tras la evaluación de las propuestas y un largo debate, al finalizar la jornada del segundo día, se dio a conocer quiénes eran los equipos ganadores:



Primer puesto para el equipo de alumnos de Comillas ICAI, formado por: Alberto Martínez, Alberto Quintana, Francisco Barragán, Manuel Aldeguer y Lorenzo Rodríguez.



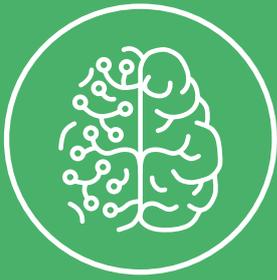
Segundo puesto para el equipo de IQS, compuesto por: Oriol Juncosa, Carlos Gonzalo, Judit Salsench, Juan Rafel Serra, Mikel Bilbao y David Lafuente.



Tercer puesto para el equipo de Comillas ICAI, formado por: Rodrigo Vecino y Asís Márquez.

El jurado destacó la calidad, además de la frescura de las propuestas, y anunció que los equipos ganadores podrán conocer de primera mano la infraestructura sobre la que trató el reto, además de proponer sus soluciones a miembros de la Alta Dirección de Enagás.

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.



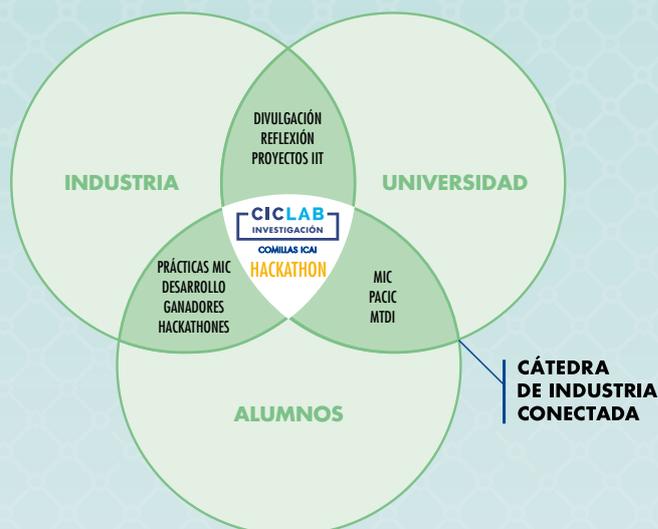
INVESTIGACIÓN (CIC-LAB)

El CIC LAB es el laboratorio de investigación de la Cátedra de Industria Conectada, creado en 2019, por lo que ésta ha sido la cuarta 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. Los alumnos comienzan por tanto a aportar valor antes de finalizar sus estudios, y se establece un 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:





1 La edición del CIC LAB de 2022



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 2022. 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.

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 el verano de 2022, **22 alumnos trabajaron en 10 retos propuestos por las empresas patrono**, que vamos a presentar en este capítulo de investigación.

Volviendo a las líneas de trabajo de largo recorrido que estamos desarrollando en el laboratorio, es importante mencionar que también son fruto de la interacción con las empresas patrono, y que están estratégicamente dedicadas a generar capacidades generales para resolver los cada vez más complejos retos presentados a la cátedra.

Yendo a los detalles concretos, las dos líneas principales de trabajo pivotan sobre la virtualización y generación sintética de muestras y experiencia para habilitar la aplicación de técnicas avanzadas de inteligencia artificial a la industria. En una primera línea de investigación, estamos avanzando en el conocimiento del funcionamiento de agentes artificiales entrenados por refuerzo (*deep reinforcement learning*) en un entorno virtual para luego transferirlos a la realidad y ajustarlos allí con un volumen reducido de experiencia real (problema *sim-to-real*). En 2022, se ha publicado como resultado de este trabajo el primer artículo en revista científica de impacto (*Applied Intelligence*, de Springer), en el que hemos estudiado cómo las características de la experiencia sintética entregada al agente pueden mejorar su proceso de aprendizaje, principalmente en términos de la diversidad de dicha experiencia.



Puedes encontrar [aquí](#) el artículo:



Si estás interesado en conocer más detalles, por favor no dudes en ponerte en contacto con nosotros.

En la segunda línea de trabajo, estamos avanzando en la solución de un problema de visión/actuación de un robot para aplicaciones de *picking* general. Hemos creado imágenes fotorrealistas en el *software* 'Blender' y estamos trabajando en demostrar que estas imágenes, por sí solas, permiten entrenar modelos totalmente funcionales de visión que luego sean capaces de identificar en la realidad dónde y con qué orientación debe colocarse el efector de un robot.

Para terminar, por la vocación de la cátedra de trabajar muy cerca de la realidad industrial, de manera que podamos resolver problemas cuya solución no está totalmente madura en los portfolios de los proveedores tecnológicos de la industria, este año estamos financiando una pequeña parte una tesis que ha lanzado el Departamento de Electrónica de la ETSI ICAI. En las primeras etapas de trabajo, hemos hablado con empresas patrono de la cátedra precisamente para orientar el trabajo de esta tesis, de manera que sea de la máxima aplicación real a la industria.

Esperamos contar muchas novedades y casos de éxito sobre investigación aplicada a la realidad industrial de los patronos de la cátedra en los próximos años.



Profesores e investigadores de la ETSI-ICAI y expertos externos que colaboraron en el CIC LAB del verano 2022:

- Jaime Boal Martín-Larrauri
- Lucía Güitta 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

Profesionales de las empresas patrono que colaboraron en el CIC LAB del verano 2022:

- **Enagás:** Olga Núñez, Rosa María Sánchez, María González, César Corachán, Santiago Valero, José Cano, Javier Martínez Pallarés
- **Endesa:** María Ávery, Manuel Rodríguez del Castillo, Rubén Iranzo
- **Grupo Antolin:** Javier Villacampa, Ramón Moreno, Juan Antonio Santamaría, Benito Moralejo
- **IBM:** Carlos Creus, Javier Roncero, Martín Ollalla
- **ID Logistics:** Anais Vaufrey, Tomás Reina, Jorge Uceta
- **Pladur:** David Linares, Hussein Abdulkarim, Alejandro Bartolomé
- **Prosegur:** Nera González, Daniel García Espinel, Ignacio San Román
- **Saargummi:** Álvaro Jiménez, Diego Marqués, Boris Miranzo.

A continuación, se detallan los proyectos en los que trabajamos en verano de 2022.



ENAGÁS

Digitalización de auditoría interna

Alumnos

Gonzalo Carrasco Velilla
Francisco Barragán Castro

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto se ha concebido con el objetivo de digitalizar el departamento de Auditoría Interna mediante el desarrollo de una aplicación basada en tecnología Microsoft. El principal problema al que se enfrentaba el equipo de Enagás era el desorden existente en sus proyectos, pues estos se realizaban en diferentes archivos de Excel. Entre las múltiples desventajas de esta metodología destacaban la pérdida de documentos, pues se guardaban en directorios diferentes, la inconsistencia del formato, que no se mantenía constante en el tiempo, y la imposibilidad de mantener una trazabilidad de la evolución de los trabajos.

Por ello, la nueva aplicación debía ser capaz de ordenar y agrupar todos estos proyectos en un mismo espacio de trabajo, permitiendo acceder de forma rápida a los mismos, filtrarlos según sus características y mantener una trazabilidad de su evolución. Para llevar a cabo esta aplicación ha sido necesario desarrollar un back end, donde almacenar todos los datos relativos a los proyectos de auditoría, y un front end que cumple la función de interfaz de usuario. Con esta arquitectura en mente, se realizó un estudio de los distintos programas de MS Office, destacando entre ellos SharePoint, PowerApps y Access. Sin embargo, debido a la necesidad de emplear licencias adicionales se descartó el uso de PowerApps, lo que limitó la aplicación a los programas de SharePoint (back end) y MS Access (front end).



Figura 1: Tech stack de la herramienta.

1.1. Metodología

El subsecuente diseño del sistema se ha realizado durante las 8 semanas de duración del CICLAB. En cada una de estas semanas, se han ido estableciendo unos objetivos a cumplir para el grupo, que dependían en gran parte de las mejoras y sugerencias propuestas por el equipo de Enagás, lo que ha permitido mejorar considerablemente el desarrollo y evolución de la funcionalidad de la herramienta.



La metodología seguida para este proyecto comenzó con la creación del back end de la aplicación, es decir, con la base de datos donde se almacena la información de las auditorías. Como se ha comentado anteriormente, este proceso se ha desarrollado en SharePoint, donde las listas (parecidas a tablas de Excel) replican las entidades de una base de datos relacional.

El primer objetivo consistió en diseñar el esquema de la base de datos para definir las diferentes tablas a integrar en SharePoint, junto con las relaciones existentes entre ellas. A continuación, siguiendo la información proporcionada por el equipo de auditoría interna se generaron los campos (columnas) de las listas y se configuraron para especificar los tipos de datos con los que se va a trabajar.

Tras definir y configurar todas las listas, el trabajo se volcó sobre MS Access, donde se diseña la interfaz de usuario. Aquí se añaden todas las funcionalidades que permiten acceder a la información de la forma más intuitiva posible.

Finalmente, con la última versión terminada se realizó la entrega del proyecto para integrarlo en su ubicación final en los ordenadores de Enagás. Asimismo, se redactó un manual de usuario donde se explican todas y cada una de las operaciones necesarias para modificar o añadir cualquier funcionalidad a la aplicación.

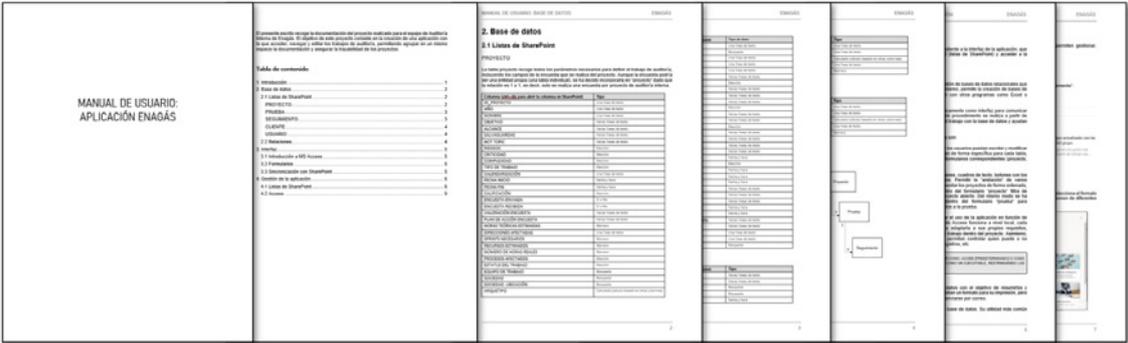


Figura 2: Manual de usuario para la aplicación.

2. EVOLUCIÓN / DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Back End. Base de Datos

Una base de datos es una colección estructurada de información que permite el almacenamiento y la organización de datos. En función del tipo de base de datos, la información puede presentar una serie de relaciones entre sí (bases de datos relaciones, SQL) o por el contrario formatos no relacionales (NoSQL).

La elección del tipo de base de datos se realiza según el proyecto que se va a acometer. En el presente trabajo, dado que los campos y las entidades del problema se encontraban claramente definidos, se eligió una base de datos relacional que divide la información en elementos más pequeños (entidades) conectados entre sí.



Base de datos relacional:

El diseño de la base de datos relacional elaborada en SharePoint se ha concebido para que sea lo más simple posible. Esto se ha hecho para poder modificar las tablas de forma manual desde SharePoint, siendo lo suficientemente intuitivo para poder trabajar sin necesidad de emplear la interfaz de usuario.

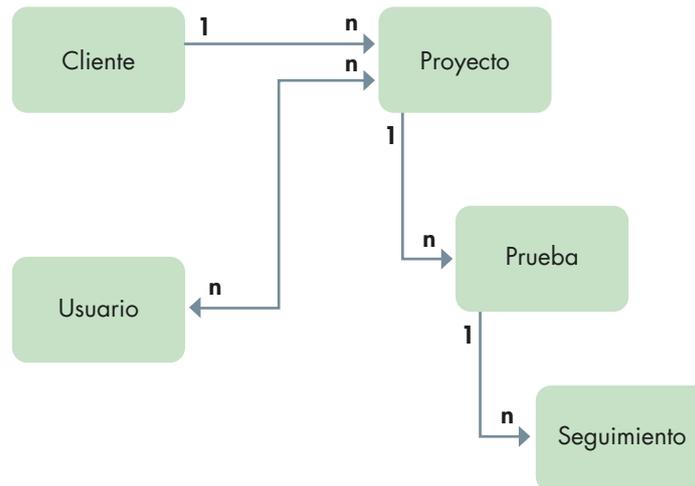


Figura 3: Base de datos desarrollada en SharePoint.

2.2. Back End. Base de Datos

Microsoft Access es un software empleado para la gestión de bases de datos relacionales que se tramitan por medio de consultas e informes. Asimismo, permite la creación de bases de datos propias aunque también es utilizado en coordinación con otros programas como Excel o SharePoint.

Para este proyecto se ha decidido utilizar Access únicamente como interfaz para comunicar las listas de SharePoint con los usuarios finales. Este procedimiento se realiza a partir de **formularios**, altamente personalizables, que facilitan el trabajo con la base de datos y ayudan en la interpretación de la información recogida.

Los elementos más importantes dentro de MS Access son:

- Formularios: Permiten crear una interfaz desde la cual escribir y modificar los datos de las tablas. Estos formularios se crean de forma específica para cada tabla, por lo que en este caso se han creado cinco formularios (proyecto, prueba, seguimiento, cliente y usuario).

Dentro de los formularios se pueden añadir imágenes, cuadros de texto, botones con los que ejecutar tareas e incluso otros formularios. Permitir la "anidación" de varios formularios resulta fundamental para poder representar los proyectos de forma ordenada, pues anidar el formulario "prueba" dentro del formulario "proyecto" filtra automáticamente las pruebas en función del proyecto con el que se está trabajando. Del mismo modo se incorpora un subformulario de "seguimiento" dentro del formulario de "prueba" para representar los seguimientos asociados a cada una.



- Informes: Se emplean para dar formato a los datos con el objetivo de resumirlos y presentarlos. Habitualmente estos informes presentan un formato para su impresión, pero también pueden exportarse a otros programas o enviarse por correo.
- Consultas: Realizan diferentes funciones en una base de datos. Su utilidad más común es filtrar y recopilar información de una o más tablas, permitiendo realizar “preguntas” específicas a la base de datos.

A continuación se muestra el aspecto de la interfaz desarrollada:

The screenshot shows a Microsoft Access form titled "PROYECTO". The form is organized into several sections with various input fields and dropdown menus:

- PROYECTO:** ID PROYECTO, AÑO, NUMBRE, SOCIEDAD, PAÍS.
- ESTATUS DEL TRABAJO:** Dropdown menu.
- CALIFICACIÓN:** Dropdown menu.
- DOCUMENTOS:** Text input field.
- OBJETIVO:** Text input field.
- ALCANCE:** Text input field.
- SAI VAGUARDAS:** Text input field.
- HOT TOPIC:** Text input field.
- DIRECCIONES AFECTADAS:** Text input field.
- SPRINTS NECESARIOS:** Text input field.
- RECURSOS ESTIMADOS:** Text input field.
- HORAS TEÓRICAS ESTIMADAS:** Text input field.
- NÚMERO DE HORAS REAIS:** Text input field.
- ENCUESTA:** ENCUESTA ENVIADA (checkbox), ENCUESTA RECIBIDA (checkbox), VALORACIÓN ENCUESTA (text input).
- ESTATUS DEL TRABAJO:** Dropdown menu.
- RIESGOS:** Dropdown menu.
- CRITICIDAD:** Dropdown menu.
- COMPLEJIDAD:** Dropdown menu.
- ARQUETIPO:** Text input field.
- LEYENDA:** Legend for Criticality and Complexity combinations: Criticidad Alta + Complejidad Alta (Arquetipo C), Criticidad Media + Complejidad Media/Baja (Arquetipo B), Criticidad Baja + Complejidad Alta (Arquetipo A), Criticidad Baja + Complejidad Media/Baja (Arquetipo A).
- CALENDARIZACIÓN:** CALENDARIZACIÓN (text input), FECHA INICIO (text input), FECHA FIN (text input).
- EQUIPO DE TRABAJO:** Dropdown menu.
- TIPO DE TRABAJO:** Dropdown menu.
- PROCESOS AFECTADOS:** Dropdown menu.
- PLAN DE ACCIÓN ENCUESTA:** Text input field.

Figura 4-1: Interfaz desarrollada en Access.



PRUEBA

ID_PRUEBA

PROYECTO

EQUIPO DE TRABAJO (PRUEBA)

APARTADO

CONTROL

PROPIETARIO

RIESGOS DE LA PRUEBA

ACCIÓN DE MEJORA

TRABAJO A REALIZAR

HALLAZGO

INFORMACIÓN A SOLICITAR

RIESGO DEL HALLAZGO

RELEVANCIA

DUDAS A ACLARAR

DESCRIPCIÓN DE HALLAZGO

HALLAZGO

INFORMACIÓN A SOLICITAR

RIESGO DEL HALLAZGO

RFI EVANANCIA

DUDAS A ACLARAR

DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO

CONCLUSIÓN

TRABAJO REALIZADO Y ANÁLISIS

RECOMENDACIÓN

PLAN DE ACCIÓN

PLAN DE ACCIÓN

ESTADO

FECHA PREVISTA PLAN DE ACCIÓN

RESPONSABLE DEL PLAN ACCIÓN

FECHA CIERRE PLAN DE ACCIÓN

FECHA REPLANIFICACIÓN

FECHA DESISTIMIENTO

TRABAJO DE SEGUIMIENTO REALIZADO	CONCLUSIÓN SEGUIMIENTO	FECHA SEGUIMIENTO

Figura 4-2: Interfaz desarrollada en Access.

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

Con la entrega de la aplicación finalizó la participación del CICLAB en el proyecto, quedando en manos del equipo de Auditoría Interna. Este era uno de los objetivos principales a cumplir, crear una aplicación que fuera fácil de modificar y mantener en el tiempo por los propios auditores, evitando que la aplicación entre en desuso por su complejidad o incompatibilidad para que el equipo de Enagás pueda aplicar cambios en un futuro.



ENDESA

Digitalización de auditoría interna

Alumnos

Lucía Gómez del Río
Jaime Jarauta Gastelu
Daniel Navaridas Alejano

1. INTRODUCCIÓN / DESCRIPCIÓN / OBJETIVOS DEL RETO

Endesa cuenta con ciertas líneas de tensión en Zaragoza en las que se plantea un reto con el fin de conseguir una mejora:

La tercera regla de oro de la electricidad es la verificación de la ausencia de tensión. Para cumplirla, de forma previa a la operación de las líneas, se utilizan pértigas. Estas permiten retirar la tapa de la borna del sensor capacitivo y acceder a la lectura de la tensión mediante un detector de tensión, también operado mediante pértiga. El accionamiento del interruptor seccionador también se realiza con pértigas.

El problema surge al colocar la tapa de la borna del sensor capacitivo, pues ha de hacerse de forma manual, lo cual requiere trabajo en altura del operador.

Se busca una solución a este problema, para lograr una comodidad y seguridad mayor para el operario a la hora de realizar trabajos de mantenimiento sobre una línea.

Por tanto, el objetivo del proyecto es el siguiente: mejora del sistema de sección de líneas de media tensión a través de propuestas que perfeccionan la accesibilidad y el uso de interruptores seccionadores, así como la reparación de líneas de media y alta tensión. Se realiza también el análisis de la tecnología necesaria para instalar sistemas de detección de tensión (VDS) en las bornas de los IS con bornas tipo C (enchufables) y enviar después esta señal a un receptor instalado a 5-6 metros de distancia del IS.

2. ESTUDIO DE MERCADO

En el mercado existen detectores de ausencia de tensión electrónicos [1]. Su funcionamiento consiste en indicar, por contacto directo, la presencia/ausencia de tensión. Normalmente, en caso de presencia de tensión, se indica mediante un *LED* rojo y una señal acústica notable, mientras que, en caso de ausencia de tensión, se indica solo mediante un *LED* verde. Estos detectores se adjuntan a una pértiga que permite al operario utilizarlos de forma segura. Cumplen la normativa UNE-EN 61243. Para hacer uso de estos sensores, se necesita elevarlos hasta la borna del sensor capacitivo del IS para que pueda estar en contacto con la línea y comprobar si efectivamente no hay tensión.

En el mercado también existen celdas/armarios que permiten controlar remotamente redes. Suelen estar basadas en celdas que se usan en el Centro de Transformación, como la celda que contiene el interruptor seccionador de dicho CT, o la celda de protecciones con fusibles o interruptores automáticos, pero quizá sería posible una adaptación de dichas celdas como armarios de control para anclarlos al poste, reemplazando a los existentes actualmente.



Concretamente, Schneider Electric tiene unas celdas/armarios de control remoto de redes que pueden ir montados en muro o en poste, permiten medir tanto corriente como tensión (y, en algunos casos, alguna variable más) e incluso permiten controlar y monitorear interruptores, así como automatizar el seccionador. Por lo tanto, sería posible diseñar un armario similar a estos mencionados que permitiera adaptarse al poste y que pudiera conectarse con el interruptor seccionador directamente.

Además, la empresa IDE Electric diseña armarios personalizados para adaptarlos a las instalaciones o lugares requeridos. Aunque esto es posible que no sea del todo interesante, es una alternativa que permite tener un armario específicamente creado para una instalación exterior (durabilidad, resistencia, grado de protección IP) y que permite incorporar el detector de tensión al propio armario y conectarlo al interruptor seccionador (a la parte en la que se realiza la medida de tensión) en caso de que se quiera llevar a cabo una solución así. Las posibles soluciones, a parte de los propios productos que existen en el mercado, se comentan más adelante, aunque pueden incluir ideas que, al mezclar varias soluciones, puede que no cumplan la normativa.

3. SOLUCIONES ACTUALES

Actualmente, se requiere el uso de una pértiga para poder quitar la tapa y acceder al sensor que comprueba si hay voltaje en la línea antes de conectarla a tierra. Esta comprobación es necesaria debido a la tercera regla de oro de las instalaciones eléctricas, la cual establece la comprobación de la ausencia de tensión previo al inicio de cualquier trabajo de reparación.

Una vez comprobada esta tensión, se requiere de la pértiga para accionar las manivelas que permiten abrir o cerrar los interruptores de la línea. Por último, hay que elevar al operario hasta la altura del seccionador para poner de vuelta la tapa que protege al sensor. Esto requiere una certificación de trabajo en altura para la operación requerida por la línea.

Opcionalmente, hay sistemas que permiten el accionamiento remoto de los interruptores para cortar o abrir la línea. Estos interruptores se colocan en la base de la torre.

4. EVOLUCIÓN / DESARROLLO DEL PROYECTO

En esta sección, se detalla la línea que ha seguido el proyecto con las distintas propuestas de solución. Las opciones iniciales están orientadas a la modificación de la mecánica de ciertas partes de los interruptores. Tras una reorientación de los objetivos, las soluciones se orientan hacia soluciones que no supongan cambios físicos en la mecánica.

Tapa bisagra:

En primer lugar, se ha propuesto una tapa bisagra. La idea consiste en instalar una bisagra en la tapa que permita la apertura y el cierre para poder comprobar la ausencia de tensión con el sensor. La tapa puede ser abierta y cerrada mediante una pértiga u otro sistema mecánico automatizado para que se protejan las bornas del sensor. Una de las alternativas puede ser el uso de una bisagra circular, bien en la parte superior o en la inferior de la caja del interruptor del seccionador, manteniendo el asa de la tapa para poder operar con la pértiga.

Al diseñar el sistema de la bisagra, se debería considerar la fuerza a aplicar para que la tapa se mantenga fija, así como considerar si la posición de reposo de la tapa estuviese en modo abierto o cerrado.

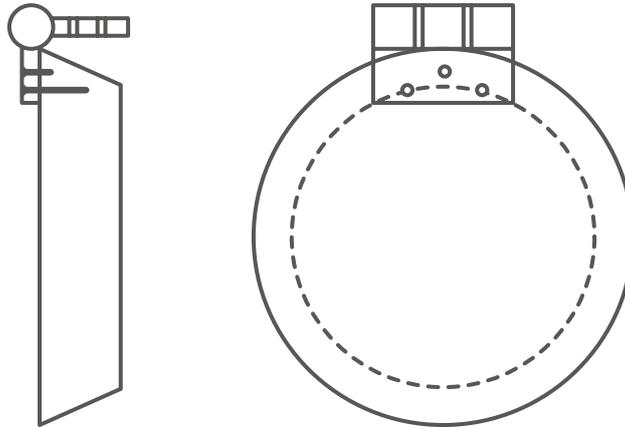


Ilustración 1: Diseño de la tapa bisagra

Tapa corredera:

Esta opción consiste en sustituir los imanes por tres o cuatro cintas correderas en las esquinas/laterales. El movimiento se haría mediante el uso de un gancho (o mediante una pértiga con gancho) que se encajaría en un asa de la tapa. Esta permitiría moverla, abriéndola y cerrándola a distancia en todo momento. Otra opción sería incluir un sistema mecánico con un relé que pueda accionar automáticamente el movimiento de la corredera desde el puesto de control que se sitúa en la base de la torre.

Esta idea puede ser especialmente interesante porque la forma de operación es igual que la de verificación de tensión en sí, es decir, al usar una pértiga para abrir y cerrar la tapa, las acciones son las mismas. Se podría incluso modificar la pértiga existente para la verificación de tensión para que incluyera el gancho, en el caso de optar por la opción manual de uso.

Un problema que puede arrojar el uso de tapa corredera, en función de cómo se pueda llevar a cabo el diseño, es que puede dificultar la visión o la accesibilidad a la caja seccionadora, pues la tapa no se elimina por completo. Otro problema planteado es la instalación sobre el seccionador, cumpliendo las normas establecidas. Por último, habría que comprobar la fiabilidad del sistema al estar a la intemperie.

Tapa magnética:

Una de las soluciones propuestas sería incluir imanes en la cubierta, para que así se pueda colocar con la pértiga desde el suelo y evitar que el operario tenga que hacer trabajos en altura. Estos imanes se podrían añadir a las tapas existentes o hacer un rediseño para que la facilidad de este proceso sea mayor. En el caso de que no se quiera operar con dicha tapa usando la pértiga, se puede diseñar un sistema mecánico utilizando relés instalados sobre la caja del seccionador que garantizan la apertura y cierre de la tapa, asegurándola con los imanes que están instalados.

Un problema que puede tener esta solución sería la manera en la que los imanes afectan a la red eléctrica o viceversa, mientras que la principal ventaja sería evitar que el operario tenga que realizar trabajos de altura para poner de vuelta la tapa y asegurarse que mantiene la distancia de seguridad en líneas eléctricas.

Esta idea de incluir imanes en la tapa para asegurar el correcto acoplamiento se podría incluir en las otras opciones propuestas (tapa corredera y/o tapa bisagra).

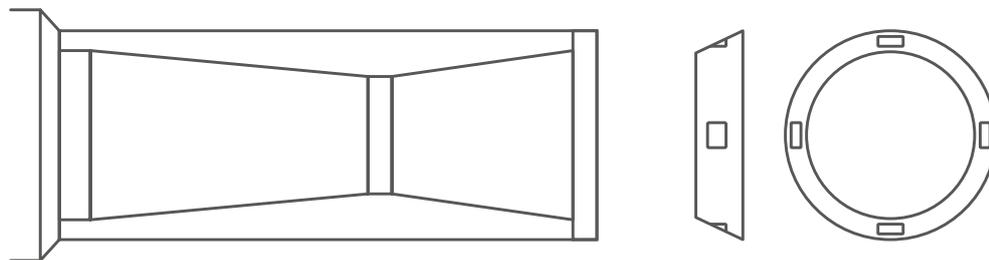


Ilustración 2: Diseño de la tapa magnética

Inclusión del sensor de detección de ausencia de tensión dentro del seccionador:

- Cierre parcial del seccionador:

Existe la posibilidad de eliminar completamente la apertura y cierre de las tapas si se modifica el diseño del seccionador de forma que se pueda incorporar el detector de tensión y dejarlo instalado de forma permanente. Se dejarían tanto el LED como el altavoz al aire libre, de forma que se pueda ver el color del LED y oír la señal acústica. Esta opción requeriría un mantenimiento que consistiría en el recambio de las pilas del detector de ausencia de tensión. Habría que comprobar la manera en la que se podría activar y desactivar el sensor, así como el rediseño de la caja y la viabilidad de dejar el sensor al aire durante periodos prolongados sin que esto suponga una reducción en la seguridad del sistema de comprobación.

Para incluir los detectores dentro del seccionador, habría que diseñar un sistema mecánico o electrónico para activar dichos detectores. En el caso de que sea necesario mantener las tapas debido a la norma establecida, se podría diseñar un sistema en el que se conectan los detectores con las bornas al mismo tiempo que se abren las tapas (este mecanismo está expuesto en una sección posterior).

Un inconveniente de esta propuesta sería la introducción de un puesto de control a una altura accesible. Este debería estar cerrado con llave para que no pueda ser usado por personas ajenas a la empresa. Dicho puesto no estaría electrificado a la tensión de la línea ya que únicamente recibiría la señal del dispositivo de medida, por lo que podría seguir cumpliendo la normativa establecida para estos casos.

Otro inconveniente que se puede plantear es la accesibilidad a la caja o a las bornas. Si incluimos el sensor dentro de la caja y la cubrimos, si hubiese que hacer alguna reparación a la caja o los sensores, habría que comprobar la ausencia de tensión y esto sería más complicado debido a que las bornas no serían fácilmente accesibles con una pértiga. También habría que estudiar la vida de la batería de los sensores, así como el coste de estos y su mantenimiento.

- Cierre total del seccionador:

Esta opción sería similar a la anterior, pero cerrando completamente la parte de las bornas del seccionador. Habría que incluir un sistema electrónico que envíe la información al puesto de control, así como un sistema mecánico o eléctrico para activar el detector y otro sistema mecánico acoplado que abra las tapas en el caso de que haya que mantenerlas a pesar de tener la caja completamente cerrada.



Uno de los problemas, tal y como se ha planteado antes, es la accesibilidad a la caja y el cambio de batería de los sensores en el caso de que haya que repararlos. Otro problema sería que, si el sistema no funciona y hay que elevarse para arreglarlo, sería difícil comprobar que no hay tensión antes de tener que subir a abrir la caja para poder efectuar reparaciones en él.

Sistema automático de conexión y desconexión de los detectores y sistema de cámara para detección de LED rojo o verde:

Para el sistema automático de conexión y desconexión de los detectores, se propone un sistema que cuente con la distancia a la que funcionan (detectan tensión), un relé que mueve el sistema para conectar los detectores y un sistema de movimiento (correderas, guías, etc.).

Para el sistema de cámara para detección de LED rojo o verde, se cuenta con un piloto de muestra de estado del LED, la instalación de cámara, el análisis de la imagen y cableado.

Las siguientes imágenes ilustran el sistema:

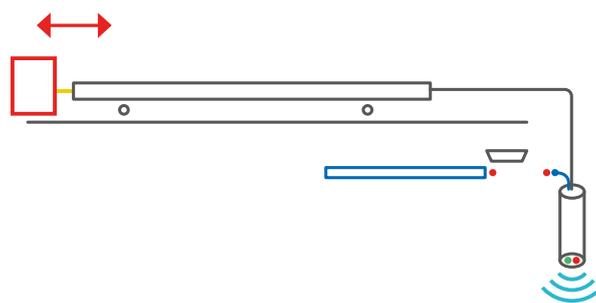


Ilustración 3: Accionador Sensor

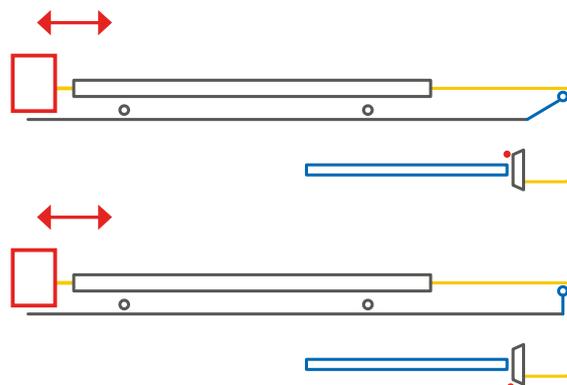


Ilustración 4: Accionador Tapa

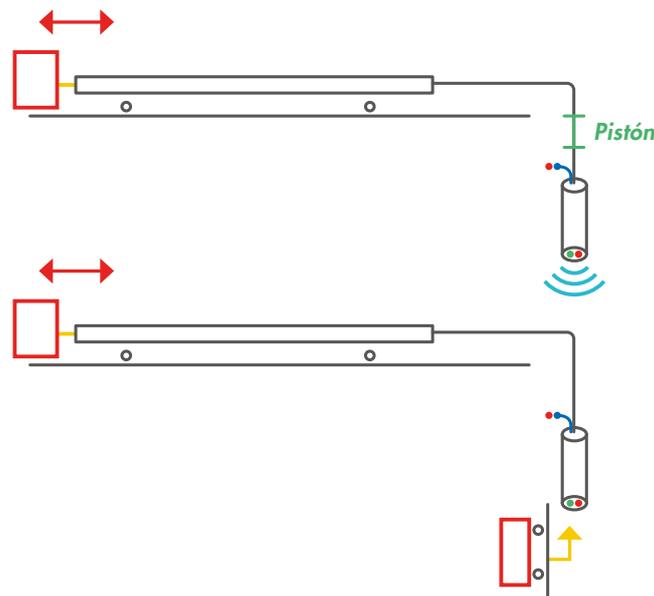


Ilustración 5: Activador Sensor

La siguiente tabla muestra la comparativa de las soluciones propuestas anteriormente, las cuales suponen cambios físicos en el sistema:

Solución	Características/Descripción	Ventajas	Desventajas
Tapa Bisagra	Uso de una bisagra en la parte superior de la tapa. Se puede accionar mediante una pértiga o un sistema mecanizado.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño simple. • No es necesario realizar trabajo en altura. • Se elimina el riesgo de acercarse a la caja. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación de la tapa (bisagra) y caja exterior del seccionador (bisagra). • Comprobación de que se ajusta a la legislación.
Tapa Corredera	Uso de una tapa corredera o cintas con dientes de sierra. Se puede accionar mediante una pértiga o un sistema mecanizado.	<ul style="list-style-type: none"> • No es necesario realizar trabajo en altura. • Se elimina el riesgo de acercarse a la caja. • No existe campo magnético que pueda interferir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atasco de tapa. • Modificación de la tapa (asa + correderas) y caja exterior del seccionador (huecos con correderas). • Accesibilidad al sensor.
Tapa Magnética	Inclusión de 8 imanes (4 en la tapa y 4 en el encapsulado). Se acciona usando una pértiga.	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación fácil. • No es necesario realizar trabajo en altura. • Se elimina el riesgo de acercarse a la caja. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interferencia con sistema eléctrico o elementos magnéticos. • Modificación de la tapa (imanes + asa).
Detector dentro de seccionador	Inclusión del detector dentro del seccionador para obtener una señal que indique la existencia de tensión. Este detector puede transmitir la señal con un circuito eléctrico o puede tener una parte visible para mostrar la ausencia de tensión.	<ul style="list-style-type: none"> • No hay necesidad de abrir o cerrar la tapa. • No es necesario realizar trabajo en altura. • Se elimina el riesgo de acercarse a la caja. 	<ul style="list-style-type: none"> • Encendido/Apagado del sensor. • Instalación de sensor dentro de caja. • Accesibilidad de las bornas.

Tabla 1: Comparativa de las soluciones iniciales



Tras un seguimiento con la empresa patrono Endesa, se concluye que no se busca una modificación física de la tapa.

Se busca prescindir de la pértiga y de los detectores de tensión que se usan actualmente (Ej.: Sofamel [5]). Solo se quiere enviar la señal remotamente al armario de control (ya sea por cable o de otra forma) y utilizar un sensor capacitivo para enviar dicha señal (se puede aprovechar el que lleva incorporado la borna, que, en el caso de las celdas de los CT, tiene incorporado también una salida para llevar un cable).

Seguindo estas indicaciones, se proponen las siguientes soluciones finales:

VDS 001 y 002 de KPB Intra Polska:

Se propone el uso del detector de tensión capacitivo de la empresa KPB Intra Polska [6][7]. Se trata de un indicador de presencia de tensión que está diseñado para medir tensiones de fase en estaciones de conmutación de media tensión en interiores.

Existen varios modelos en función de la tensión que se desee medir y del equipamiento que se quiere que incluya (solo el indicador de tensión o el indicador de más extras): VDS 101 y 102, VDS 201 y 202, VDS 301 y 302.

Sus características principales son las siguientes:

- El cable de conexión entre el sensor capacitivo y el indicador de presencia de tensión puede tener entre 3 y 8 metros, en función de las necesidades.
- El máximo de tensión que pueden medir son 70 kV.
- La temperatura de trabajo es de -5 a 40°C.

No se especifica la protección IP, por lo que es posible que, si en el diseño del VDS se pudiera medir el grado de protección IP, se pudiera adecuar para su uso en exteriores. Otra opción sería que los sensores capacitivos se incluyeran directamente en las propias bornas del interruptor seccionador, de forma que se encontraran protegidos, puesto que la longitud de los cables permitiría cubrir los 5-6 metros necesarios para bajar la señal de los sensores al indicador (que estaría a la altura del armario de control, aproximadamente).

Esta opción cumple los requisitos de la norma UNE-EN 61243-5.



Ilustración 6: VDS 001 y 002 de KPB Intra Polska



Borna tipo C con sensor de voltaje de TE Connectivity:

Se propone una borna tipo C con un sensor de tensión incluido que funciona en líneas de hasta 24kV [9][10][11] y se puede usar tanto en interiores como en exteriores [10]. Incluye el sensor para medir la tensión y transforma ese valor en otro entre 0 y 3,75 voltios, los cuales indican la presencia de tensión en la línea. Dicho componente incluye un cable de entre 3 y 7 metros lo que permitiría enviar la señal de voltaje hasta el armario de control.

La propuesta sería incluir tres de estos sensores directamente en las bornas para luego enviar la señal que sale hasta el armario de control o hasta la base y que se procese la señal. Bien a través de un *display* o unos *LED*, se indicaría la presencia de tensión o el valor de dicho voltaje, permitiendo que el operador pueda comprobar el estado de la línea antes de operar con ella.

Este componente puede trabajar entre -40° y $+80^{\circ}$, por lo que es capaz de operar en la gran mayoría de situaciones planteadas. Están preparados para uso en intemperie e incluso uso en mar. La conexión con la borna es simple y, de hecho, hay videos que explican el proceso de acoplamiento.

En un principio, no habría que instalar una nueva caja en la torre para albergar los sensores ya que estos están incluidos en la propia borna. Cumple con la norma UNE-EN-61869-1, que establece los requisitos de los transformadores de medida.

En el caso de que se quiera instalar una caja separada en la que se incluyan los sensores, se puede hacer uso de cables de conexión desde las bornas hasta los sensores presentados previamente [12].

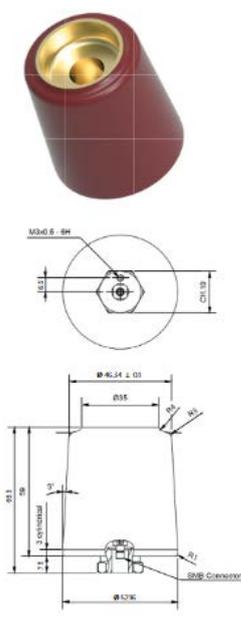


Ilustración 7: Borna tipo C con sensor de voltaje de TE Connectivity

Ilustración 8: Borna tipo C con sensor de voltaje de TE Connectivity



VDS de Georg Jordan:

Se propone el uso de otro detector de tensión capacitivo, que incluye tanto sensor capacitivo como pantalla que indica la presencia de tensión [13].

La temperatura de trabajo es de -25 a 55 °C.

El grado de protección IP es 54, lo que en principio indica que es para interiores, pero si se pudiera aumentar dicho grado de protección o el armario en el que se encuentre la pantalla la protege suficientemente, se podría usar para exteriores.

Cuenta con el sistema CAVIN o VDS CAVIN, que indica que el funcionamiento es igual que cualquier otro VDS de medición continua, pero con una característica extra: dos relés que pueden usarse para transmitir señales de control de forma remota, para operar interruptores, etc. Estos relés sí requieren de una fuente de tensión auxiliar, aunque las funcionalidades básicas (pantalla con indicador) no.



Ilustración 9: VDS de Georg Jordan

Displays:

En el caso de instalar unos sensores que no tengan incluido el *display* para comprobar la presencia de tensión, se ofrecen opciones en las que solo se incluye el *display*. Dicho aparato representa mediante diferentes gráficos la tensión en la línea según la norma UNE (siguiente tabla) [14]. Estos representarían en la pantalla la situación de cada fase y dicha caja se incluiría en un lugar accesible al operario para que pueda comprobar la presencia o ausencia de tensión. En este caso, el modelo propuesto es de la empresa CAPDIS. Se presenta también un catálogo [15].



Ilustración 10: Display de CAPDIS



Representa mediante el gráfico la situación de cada fase, usando los gráficos propuestos en la siguiente tabla. Estos gráficos cumplen con las condiciones de la norma UNE para la detección de presencia/ausencia de tensión.

Indication LCD	Indication during normal operation with nominal voltage		Indication during bringing into service with nominal voltage	Indication with pressed test button
		Explanation		
	Overtoltage	Isolation problem at primary part of divider or $U >> 1,2 \times U_n$	$C2m < \text{Min.}$	Capdis o.k.
	Nominal voltage present	Signal ok Isolation ok $U > 0,45 \times U_n$	$C2m \text{ correct}$	Internal error
	Voltage present	Isolation problem at secondary part of divider $0,1 \times U_n < U < 0,45 \times U_n$	$C2m > \text{Max.}$	Internal error
No indication	No voltage	Sort circuit at connecting leads $U < 0,1 \times U_n$	$C2m >> \text{Max.}$	Internal error
ERROR		System error	System error	Broken lead (with optional broken lead detection)

Tabla 2: Representación en el display

La siguiente tabla resume las soluciones finales:

Solución	Características/Descripción
VDS 001 y 002 de KPB Intra Polska	<ul style="list-style-type: none"> Indicador de presencia de tensión con sensor capacitivo e indicador [6][7]. Diseñado para estaciones de conmutación de media tensión en exteriores. Hay varios modelos en función de la tensión a medir y del equipamiento incluido. Cable de conexión de entre 3 y 8 metros. Máximo de tensión: 70 kV. Temperatura de trabajo: -5 a 40°C.
Borna tipo C con sensor de voltaje de TE Connectivity	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 24 kV [9][10][11]. Incluye sensor de voltaje. Borna tipo C. Cable de entre 3 y 7 metros. Temperatura de trabajo: -40 a 80°C. Necesario un <i>display</i>.
VDS de Georg Jordan	<ul style="list-style-type: none"> Indicador de presencia de tensión con sensor capacitivo y pantalla LCD [13]. Hasta 45 kV. Temperatura de trabajo: -25 a 55°C. Grado de protección IP: 54 (posibilidad de incrementarlo para poder usarse en exteriores). Sistema CAVIN: igual que VDS en medición continua, pero con dos relés extra que pueden usarse para transmitir señales de forma remota. Requieren de fuente de alimentación auxiliar.
Display de CAPDIS	<ul style="list-style-type: none"> Para sensores que no incluyen <i>display</i> (TE Connectivity). Aparato que representa mediante gráficos la tensión en la línea según la norma UNE [14]. La pantalla muestra la situación en cada fase. La caja se sitúa en un lugar accesible para el operario.

Tabla 3: Resumen de las soluciones finales



5. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

Las soluciones finales que cumplen con los objetivos del proyecto y no suponen modificaciones físicas en el sistema son, por tanto, las siguientes:

- VDS 001 y 002 de KPB Intra Polska.
- Borna tipo C con sensor de voltaje de TE Connectivity + *display* de CAPDIS.
- VDS de Georg Jordan.

Los futuros pasos para implementar las soluciones y comprobar su utilidad serían ponerse en contacto con los proveedores de las mismas, solicitar presupuesto y proceder a su instalación. Una vez instalada la opción seleccionada, se pondría en funcionamiento para comprobar que su uso es el adecuado.

Como conclusión, el proyecto de esta empresa patrono de la Cátedra de Industria Conectada, Endesa, ha resultado productivo y se considera que se han alcanzado los objetivos fijados en su inicio. Se han ofrecido tanto soluciones mecánicas que modifican la tapa que da acceso al interruptor, como soluciones que no alteran la mecánica de esta, siendo estas últimas las que cumplen con los requisitos del proyecto.

6. REFERENCIAS

- [1] Juanan. (07/12/2020). *Cómo se comprueba la ausencia de tensión en cualquier tipo de circuito*. Mantenimiento Eléctrico.pro. [Enlace](#).
- [2] *Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico*. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [Enlace](#).
- [3] *Antes de actuar en Alta Tensión, elige bien el verificador de ausencia de tensión*. VFM. [Enlace](#).
- [4] *Seguridad en las maniobras MT*. Schneider Electric. [Enlace](#).
- [5] *Detector de tensión electrónico*. Sofamel. [Enlace](#).
- [6] *Sensors and Voltage Detection Systems*. KPB Intra. [Enlace](#).
- [7] *VDS*. KPB Intra Polska. [Enlace](#).
- [8] *What is LR/LRM/HR on Voltage Detecting Systems?* Orion EE. [Enlace](#).
- [9] *Smart RSTI Separable Connector with Voltage Measuring Functionalities*. TE Connectivity. [Enlace](#).
- [10] *TE's Raychem Screened T-Connectors RSTI-58*. TE Conectivity. [Enlace](#).
- [11] TE Connectivity. (2020). *TE's Raychem Smart Separable Connector for New Applications* [Archivo de Vídeo]. Youtube. [Enlace](#).
- [12] *Screened Separable Connectors 1250 A*. TE Connectivity. [Enlace](#).
- [13] *Product catalogue. Capacitive voltage detecting systems acc. IEC 61243-5*. Georg Jordan. [Enlace](#).
- [14] *Retrofittable VDIS for HR interfaces*. CAPDIS-PI-HR. [Enlace](#).
- [15] *Focus on power Presence 2/2016 (E)*. Kries. [Enlace](#).



7. NORMATIVA

UNE-EN 61243-5: Trabajos en tensión, detectores de tensión, Parte 5: Sistemas detectores de tensión (VDS).

Se aplica a los sistemas detectores de tensión unipolares que se acoplan de forma capacitiva a los elementos en tensión. Se utilizan para detectar la presencia o ausencia de tensión en instalaciones eléctricas de corriente alterna con tensiones entre 1 kV y 52 kV.

Clasificación:

- Sistemas integrados, fijos, que forman parte del constituyente del equipo en el que se instalan.
- Sistemas independientes en los que un indicador portátil puede conectarse a un sistema de acoplamiento dijo por medio de una interfaz.

1. Debe aparecer la indicación “presencia de tensión”:

En sistemas trifásicos en los que la tensión entre fase y tierra está comprendida entre el 45% y el 120% de la tensión nominal, y no debe aparecer cuando la tensión entre fase y tierra es inferior al 10% de la tensión nominal.

- 2.** La indicación debe ser visual o, en el caso de VDS independientes, sonora o visual y sonora. En el caso de indicadores que tengan doble indicación, visual y sonora, es admisible que la señal sonora tenga un nivel de presión acústica reducido.
- 3.** En el caso de una indicación visual, la frecuencia de repetición debe ser al menos de 1 Hz. En el caso de una indicación sonora intermitente, la frecuencia de la señal debe estar entre 1 Hz y 3 Hz y la relación entre señal y reposo debe ser 4/1.
- 4.** Los indicadores deben señalar en menos de 1 s el cambio de estado de la tensión o la relación de fase.
- 5.** Los indicadores independientes deben operar correctamente en un rango de temperaturas de -25 °C a +55 °C.

UNE-EN 62271-206: Aparararmenta de alta tensión Parte 206: Sistemas indicadores de presencia de tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV y hasta 52 kV inclusive.

Aplicado a sistemas indicadores de presencia de tensión (VPIS) incorporados en la aparararmenta de corriente alterna.

- 1.** Las partes accesibles del VPIS deben ser resistentes al impacto mecánico.
- 2.** Los VPIS con una fuente de alimentación incorporada deben estar equipados con un elemento de prueba para comprobar el estado de la batería.
- 3.** En sistemas trifásicos, la indicación correspondiente a “presencia de tensión” debe aparecer cuando la tensión real fase-tierra está entre el 45% de la tensión nominal y la tensión asignada. No debe aparecer cuando la tensión real fase-tierra es menor del 10% de la tensión nominal.
- 4.** El VPIS debe proporcionar una indicación visual clara del estado de tensión, la cual debe ser perceptible para el usuario en la posición de operación recomendada y bajo condiciones normales de iluminación.



5. El VPIS debe indicar el cambio de tensión con una frecuencia mínima de 1Hz.
6. El elemento de acoplamiento debe proporcionar un adecuado aislamiento entre su borne de salida y circuito principal.
7. Para proporcionar protección a los operarios contra la presencia de la tensión de red en el punto de conexión, debe asegurarse que cualquier fallo de aislamiento del elemento de acoplamiento a tierra causará necesariamente una falta a tierra permanente.

El resto de la norma indica ensayos para comprobar su funcionamiento, tolerancias, discordancias de fase, etc.

UNE-EN 61869-1: Requisitos para transformadores de medida

1. Definición de un transformador de medida: Transformador destinado a transmitir una señal de información a instrumentos de medida, contadores, dispositivos de protección y control u otros aparatos análogos.
2. Borne Primarios: Borne a los cuales se aplica la tensión o intensidad a transformar.
3. Borne secundarios: borne que transmiten una señal informativa a instrumentos de medida, contadores y dispositivos de protección...
4. Condiciones de servicio (temperatura, altitud, vibraciones...).
5. Aislamiento.
6. Diseño y Construcción.
7. Ensayos.
8. Transporte, funcionamiento, almacenamiento, instalación y mantenimiento.



GRUPO ANTOLIN

Clasificación de espumas



Alumno

Lorenzo Rodríguez Pérez

1. INTRODUCCIÓN

Grupo Antolin, empresa patrono de la Cátedra de Industria Conectada, es una multinacional española que fabrica y diseña módulos y componentes para el interior de vehículos: techos, puertas, iluminación y paneles de instrumentos. Una cuarta parte de los coches del mundo contienen partes fabricadas por Grupo Antolin. Para la fabricación de los techos de los coches, Grupo Antolin elabora espumas de poliestireno. Los componentes químicos que forman la espuma se depositan en tanques donde se ven sujetos a una reacción química exotérmica en la que crecen y se genera el bloque de espuma. Debido a que las condiciones no son uniformes en el tanque (variables como la presión o la temperatura no son uniformes), las propiedades de las láminas de espuma en la que se dividen estos bloques no son homogéneas. Las láminas extraídas de la parte inferior del bloque tienen una mejor absorción de pegamento que las láminas cortadas por la parte superior del bloque. Por ello, es beneficioso conocer la procedencia de una lámina de espuma para utilizar la cantidad de adhesivo óptima.

Para solucionar este reto, se propone el uso de una red neuronal convolucional capaz de clasificar espumas según su altura en el tanque a partir de imágenes de estas. Una red neuronal convolucional es una clase de red neuronal artificial, que se aplica comúnmente para analizar imágenes. Tienen aplicaciones en reconocimiento de imágenes y vídeos, clasificación de imágenes, segmentación de imágenes, análisis de imágenes médicas, procesamiento de lenguaje natural, interfaces cerebro-computadora, y series temporales financieras.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Clasificador

Durante las primeras semanas, se recibió un conjunto de 2.400 imágenes divididas en 5 carpetas según su altura en el tanque (*bottom*, *ebottom*, *middle*, *etop* y *top*). Durante estas primeras semanas también se desarrolló el código necesario para tomar modelos de redes neuronales conocidos (como Xception o Resnet18) y reentrenarlos para solucionar este problema. Este código se implementó haciendo uso de Pytorch, una librería de aprendizaje automático de Python. El objetivo era entrenar la red para que fuese capaz de clasificar las imágenes de forma correcta.

El primer problema encontrado fue el sesgo del conjunto de datos. Aunque se tenía un total de 2.400 imágenes, más de 1.800 imágenes pertenecían a la clase *middle*, por lo que esta clase se encontraba sobrerrepresentada. Esto generaba que el modelo aprendiese a clasificar todas las imágenes entrantes como clase *middle*, ya que es una manera sencilla de encontrar un mínimo local en la función de pérdidas (dando esta respuesta en este conjunto de datos tan sesgado se consigue una precisión de más del 70%). En la Figura 1 se puede observar la matriz de confusión del conjunto de test.

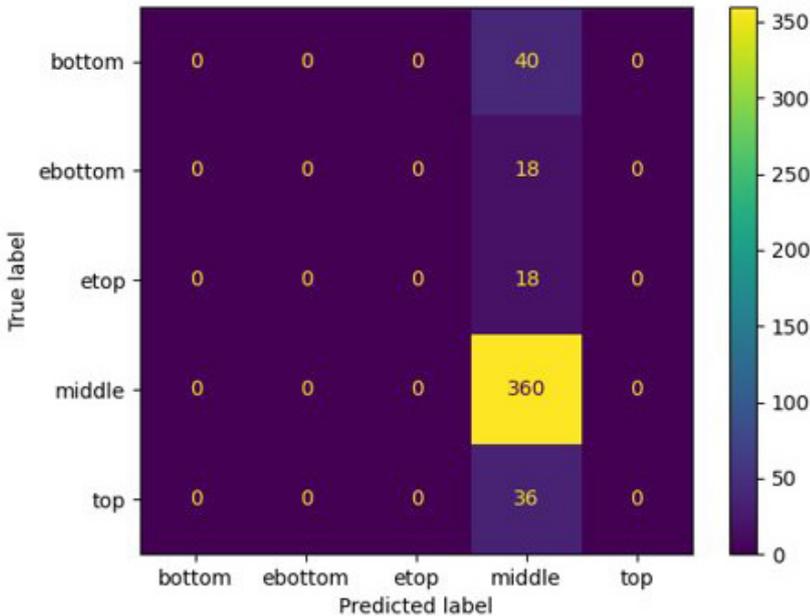


Figura 1: Matriz de confusión de test con el conjunto de datos sesgado

Se puede observar en la Figura 1 que aunque la precisión sea de un 76%, el modelo solamente clasificaba todas las entradas como clase *middle*, por lo que no se puede considerar que haya un aprendizaje.

Para solucionar este problema, se extrajeron 540 imágenes de la clase *middle* y se usaron técnicas de *data augmentation* (rotaciones y espejos verticales y horizontales) en el resto de clases. En las Figuras 2 y 3 se pueden observar las precisiones del conjunto de entrenamiento y del conjunto de test frente al número de épocas y la matriz de confusión del conjunto de test.

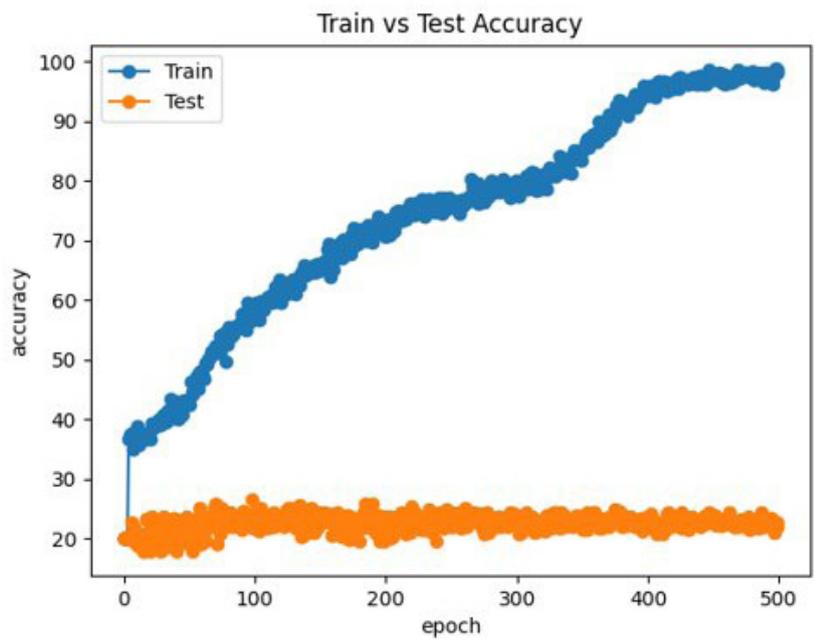


Figura 2: Precisiones con respecto al número de épocas

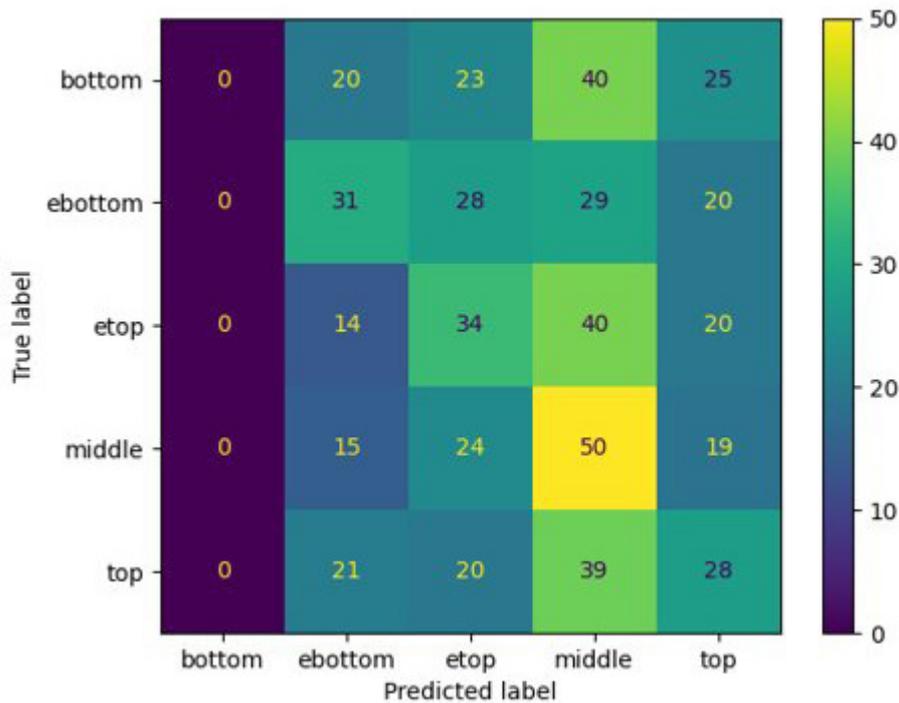


Figura 3: Matriz de confusión de test

Es observable en la Figura 2 que la precisión de entrenamiento llega a ser cercana al 100%, pero la precisión de test se queda estancada en un valor ligeramente superior al 20%. El modelo aprende correctamente el conjunto de entrenamiento, pero no es capaz de generalizar en el conjunto de test.

2.2. Regresor

Tras intentar mejorar el comportamiento del modelo presentado mediante métodos de *data augmentation* (rotaciones, espejos, ruido gaussiano) y no conseguir mejoras se planteó el cambio a un regresor. Se recibió un conjunto de 2.600 imágenes con la altura en el tanque anotada.

El regresor hace una estimación de la altura en el tanque a partir de una imagen, en vez de clasificarla. Para ello, fue necesario cambiar el número de salidas del modelo (un clasificador tiene tantas salidas como clases a clasificar, mientras que un regresor solamente una) a una y cambiar la función de pérdidas al error cuadrático medio. En un principio el comportamiento del regresor era deficiente.

En las Figuras 4 y 5 se pueden ver las salidas de la función de pérdidas del conjunto de entrenamiento y del conjunto de test frente al número de épocas y una gráfica que muestra la altura real de las imágenes en el tanque y la estimación del modelo para el conjunto de entrenamiento (en un modelo con error cuadrático medio nulo, los puntos naranjas deberían de solapar perfectamente a los azules).

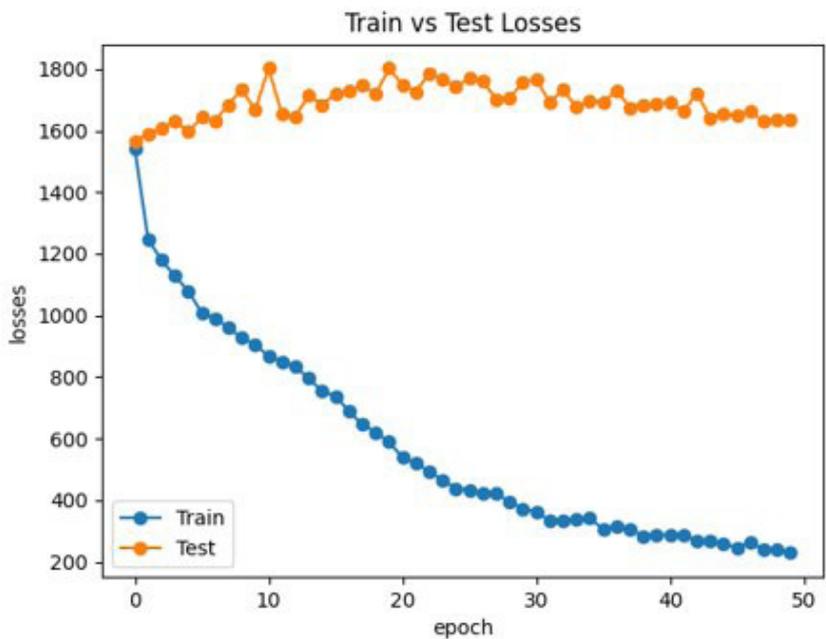


Figura 4: Pérdidas con respecto al número de épocas

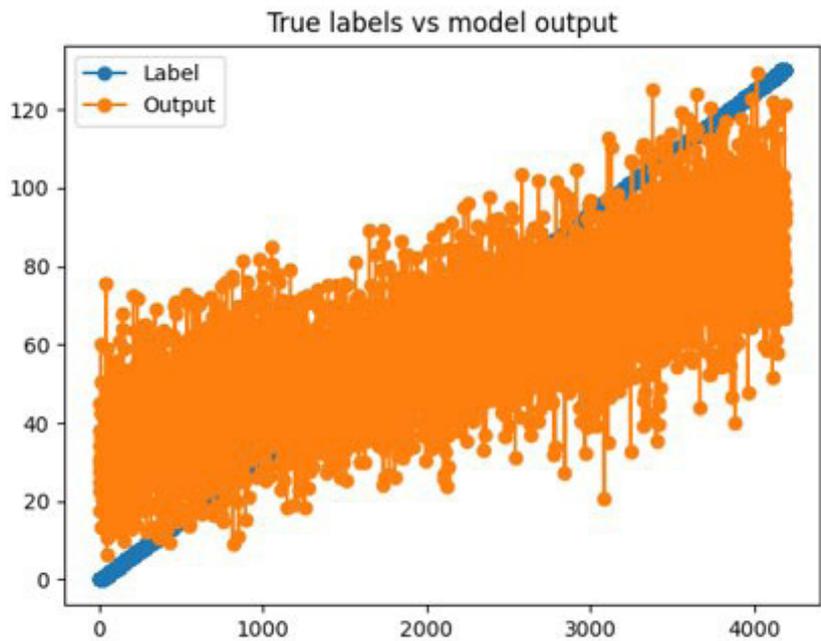


Figura 5: Altura real de las imágenes y estimación del modelo en el conjunto de entrenamiento



Tras buscar posibles bugs en el código, se encontró que no se estaba haciendo un uso correcto de las capas de *batch normalization* de la red neuronal. Las capas de *batch normalization* tienen un comportamiento distinto en entrenamiento y en evaluación, por lo que es necesario hacer uso del método `.train()` en el entrenamiento y del método `.eval()` en el test. Estos métodos no estaban siendo usados. Tras descubrir este bug, se arregló y se pasó a modularizar todo el código para poder realizar *debugging* de una manera más efectiva y eficiente. En las Figuras 6, 7 y 8 se pueden observar las alturas reales frente a las estimaciones en el conjunto de entrenamiento y test y las pérdidas en entrenamiento y test frente al número de épocas.

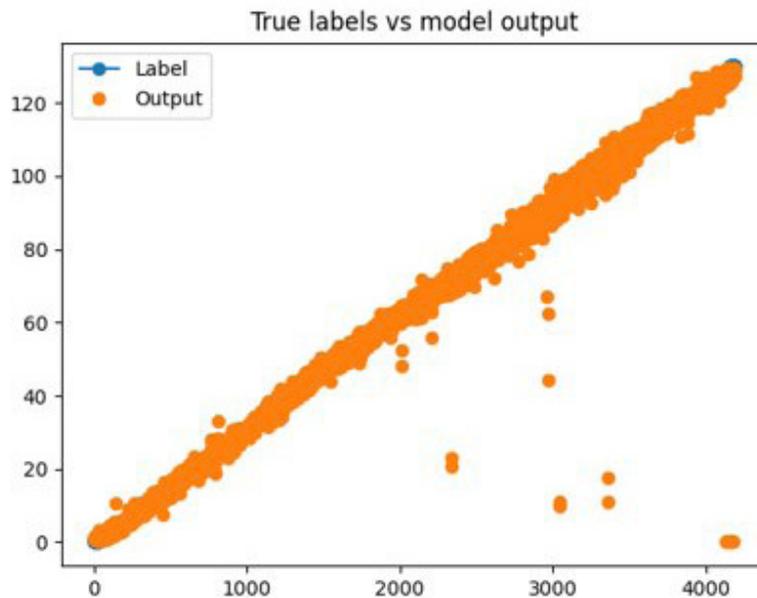


Figura 6: Altura real de las imágenes y estimación del modelo en el conjunto de entrenamiento

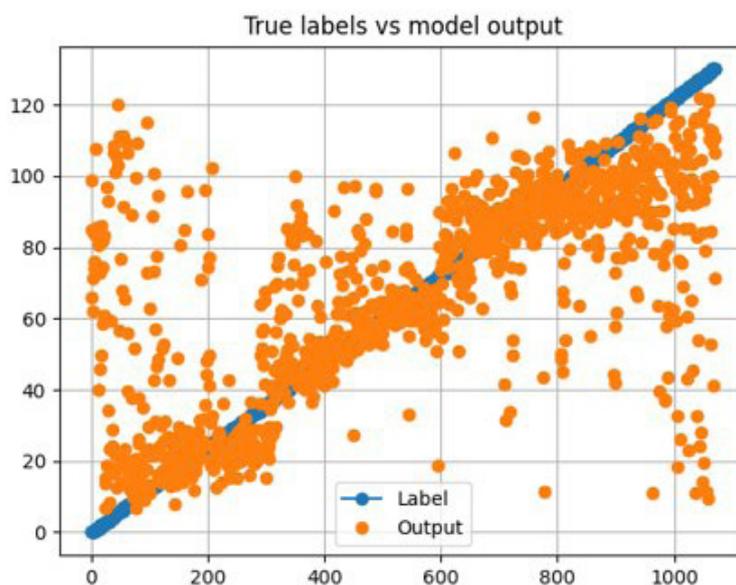


Figura 7: Altura real de las imágenes y estimación del modelo en el conjunto de test

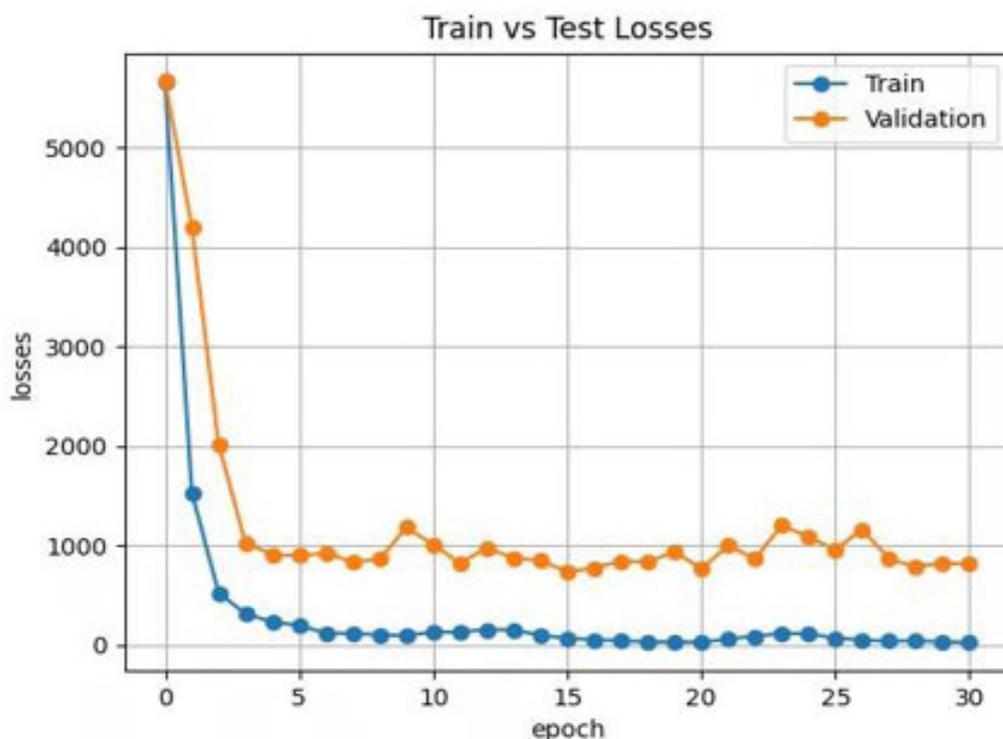


Figura 8: Pérdidas con respecto al número de épocas

En las tres gráficas es observable una mejoría evidente en los resultados. El modelo aprende correctamente el conjunto de entrenamiento, da una salida que se aproxima a la recta azul en el conjunto de test (aunque hay problemas para ajustar las colas) y el mínimo de la función de pérdidas de test es significativamente menor. Sin embargo, la función de pérdidas de test no baja lo suficiente.

Parecía un caso de *overfitting* ya que el modelo da bastante mejores resultados en entrenamiento que en test, por lo que se pasó a implementar una serie de técnicas regularizadoras para disminuir el mínimo de la función de pérdidas en el conjunto de test (Regularización L2, *cross-K validation*, *adversarial training* y *dropout layers*). Ninguno de los elementos regularizadores usados disminuyó el mínimo de la función de pérdidas de test.

3. CONCLUSIONES

Los resultados mostrados dan indicios de que el reto presentado por Grupo Antolin es resoluble, pero queda claro que es un reto complejo. Las imágenes son muy difíciles de diferenciar para un ojo humano (véanse las Figuras 9 y 10).

El hecho de que el error de test no comience a subir después de alcanzar un mínimo y que ninguno de los métodos regularizadores diese buenos resultados puede indicar que el mal comportamiento del modelo no se trate de un problema de *overfitting*, sino de cantidad de datos. Las imágenes de las espumas fueron tomadas con una webcam, y tampoco se cuenta con una gran cantidad de estas





(hay 2.600 imágenes) teniendo en cuenta la complejidad del problema. Se cree que para mejorar el comportamiento del modelo debería de usarse una mayor cantidad de imágenes o técnicas avanzadas de *data augmentation*. Esto podría minimizar la función de pérdidas de test.

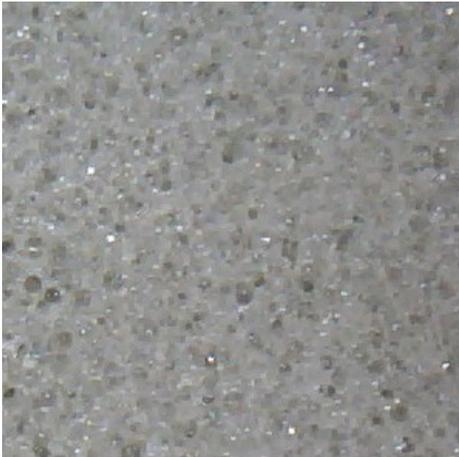


Figura 9: Espuma de altura 2 en el tanque

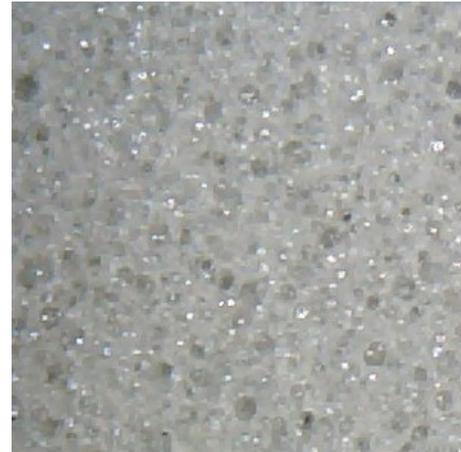


Figura 10: Espuma de altura 126 en el tanque



GRUPO ANTOLIN

Compresión de imágenes con Deep Learning

Alumnos

Lionel Güitta López

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Hoy en día todo el mundo tiene un teléfono en el que almacena, entre otras cosas, miles de imágenes que, cada vez son de mayor resolución y, por lo tanto, ocupan una mayor parte del espacio hasta alcanzar el orden de cientos de gigabytes.

Extrapolando esta situación a la industria, Grupo Antolin, empresa patrono de la Cátedra de Industria Conectada, plantea el siguiente problema. En un punto de una de sus líneas de producción realizan una foto de alta resolución a una pieza para comprobar el estado de esta. Cada foto tiene unas dimensiones de con 3 canales de color, dando lugar a más de 37 millones de datos de entrada por imagen que ocupan más de 6 MB de memoria en formato JPEG, además, se procesa un gran volumen de piezas continuamente. Esto resulta en la necesidad de un gran espacio de almacenamiento para imágenes, mucho mayor que el que puede requerir el *smartphone* de una persona en particular.

El reto consiste en reducir el espacio que ocupan estas imágenes. Para ello, se plantea el desarrollo de un *autoencoder* que cumpla con este objetivo. Esto es, una red neuronal convolucional capaz de procesar imágenes para llevarlas a un espacio latente de N variables y recuperar las mismas a partir de un punto de este espacio latente. Como se puede ver en la *Ilustración 1*, un *autoencoder* presenta dos partes principales, el *encoder* y el *decoder*.

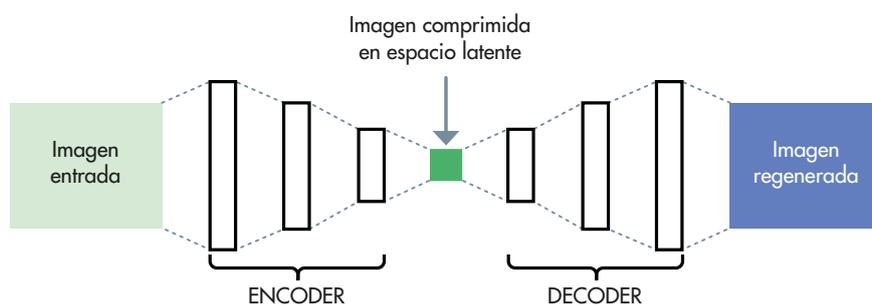


Ilustración 1: Esquema de un autoencoder

El *encoder* es el encargado de procesar la imagen original y comprimirla a un espacio latente con un número de variables que se defina, cuanto menor sea el número de variables en dicho espacio latente, menos ocupará la imagen comprimida en memoria, pero más costará recuperar la imagen.

El *decoder* es la otra pieza del puzzle. Una vez comprimida la imagen, para recuperar la original se debe procesar en el *decoder*. Se puede entender como el simétrico del *encoder*, a partir de la codificación, se obtiene la imagen original.



Por lo tanto, el objetivo que se buscaba alcanzar era que el comprimido de la imagen original tuviese el menor número de variables posibles para que el espacio que ocupase en memoria fuese mínimo. La dificultad principal es que, partiendo del comprimido, el *decoder* tiene que ser capaz de regenerar la imagen original manteniendo la definición que presenta la imagen original, y cuanto menor sea la información disponible en el comprimido, más difícil resultará recuperar la imagen sin errores.

Cabe destacar que para todos los experimentos realizados durante el reto se ha empleado una GPU NVIDIA GTX 2080 de 11 GB de memoria.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Revisión del estado del arte

La primera aproximación al problema fue una revisión del estado del arte, de esta forma se podrían encontrar problemas similares y posibles soluciones a los mismos que se pudiesen adaptar al objetivo del reto.

La propuesta más prometedora que se investigó como posible solución para el problema de la compresión de imágenes de gran tamaño empleando *autoencoders* (<https://github.com/alexandru-dinu/cae>) planteaba la división de la imagen original en recortes de que serían procesados en el *encoder* y pasarían a formar el comprimido. Cada recorte de la imagen original pasaría a un espacio de variables, teniendo en cuenta las condiciones de entrada del modelo, serían necesarios 768 recortes y aplicar *padding* a la imagen original para que se adaptase correctamente al modelo. Esto implica el uso de más de 25 millones de variables para almacenar la información de la imagen de entrada y regenerar dicha información correctamente.

Se realizaron distintos experimentos a partir del modelo ya entrenado que ofrecían los autores y se observaron las siguientes características:

- El tiempo de inferencia es muy elevado, del orden de 6 segundos por imagen.
- Se observan numerosos artefactos en las imágenes regeneradas debido a la división de la imagen original en una malla de recortes
- Los comprimidos de las imágenes ocupan más que la imagen original
- Existe pérdida de información respecto de la imagen original, aunque no demasiada

Un ejemplo de imagen regenerada y los artefactos que se producen se muestra a continuación en la *Ilustración 2* y la *Ilustración 3*



Ilustración 2: Imagen original CAE



Ilustración 5: Zoom Imagen regenerada CAE



En una primera aproximación los artefactos no son apreciables, si se observa en detalle la imagen, como en la *Ilustración 4* y la *Ilustración 5*, estos se aprecian mejor.



Ilustración 4: Zoom imagen original CAE



Ilustración 5: Zoom Imagen regenerada CAE

Como se puede observar, aunque la definición de las buterolas pueda ser correcta, en zonas de mayor varianza como el QR la imagen pierde mucha información, además se pueden apreciar el patrón de malla en la imagen regenerada.

En conclusión, aunque la resolución en zonas de interés, como son las buterolas, sea correcta, puede verse afectada por los artefactos que genera el modelo.

Además, existen zonas de mayor varianza no llegan a ser correctamente regeneradas. Por último, y el motivo principal por el que se descarta este modelo es que el espacio que ocupa el archivo comprimido es superior al que ocupa la imagen original, por lo que no se cumple el objetivo principal del proyecto.

2.2. Desarrollo de arquitecturas propias

Como alternativa al primer planteamiento del problema se pasó a desarrollar arquitecturas de *autoencoder* desde cero que comprimesen en mayor o menor medida la imagen original. Cabe destacar, que cuanto mayor sea la compresión, mayor complejidad tendrá la red.

A diferencia de primera solución, en este caso, las arquitecturas desarrolladas procesan la imagen al completo, no recortes de esta. Por otro lado, es importante destacar el formato en el que se almacenarán los archivos comprimidos.

Después de probar numerosos tipos, como 'csv', 'pt', 'h5py' y otro más, el que mejor desempeño mostraba a la hora de optimizar el espacio en memoria es el formato 'npz'. Este es un formato comprimido para *numpy arrays* que se puede manipular a partir de dicha librería.

El primer modelo desarrollado comprimía la imagen de entrada hasta alcanzar 1 millón de variables en el espacio latente, desde el que luego se regeneraría la imagen original. La arquitectura completa se puede observar en la *Ilustración 6*. El resto de las arquitecturas desarrolladas más adelante son variaciones de esta.

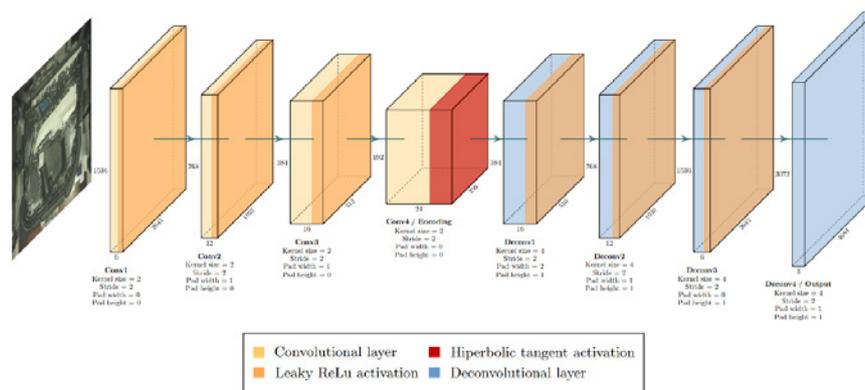


Ilustración 6: Arquitectura del modelo de 1 millón de variables

Como el objetivo final era desarrollar un modelo que pudiera ser entrenado de nuevo para cada set de imágenes que se quisiesen comprimir, no se hizo distinción alguna entre *train* y *test* sets. Se empleó el *dataset* al completo para entrenar el modelo.

Observando la primera propuesta, se decidió emplear el error cuadrático medio como función de pérdidas. Además, se aplicaron técnicas de optimización del *learning rate* durante el entrenamiento, así como métodos de *early stopping* para detener el entrenamiento en el caso de que el modelo no estuviese aprendiendo. Esto último supuso un factor clave en el desarrollo del reto ya que la arquitectura es bastante pesada y los tiempos de entrenamiento son muy elevados, del orden de días, así se pudieron optimizar dichos tiempos y explorar distintos modelos con mayor rapidez.

A continuación, en la *Ilustración 7* y la *Ilustración 8* vemos la evolución del entrenamiento con menor error registrado, así como el resultado del procesamiento completo de una imagen.

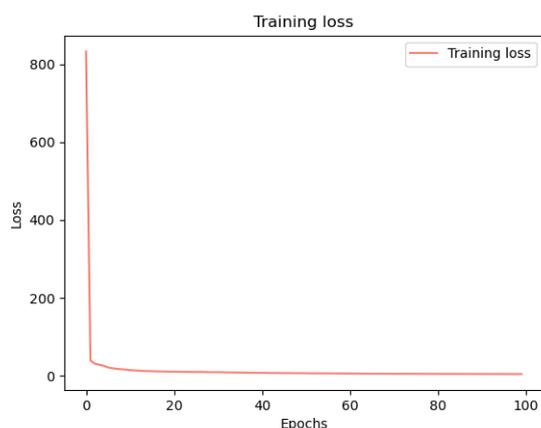


Ilustración 7: Error entrenamiento 1M variables y MSE

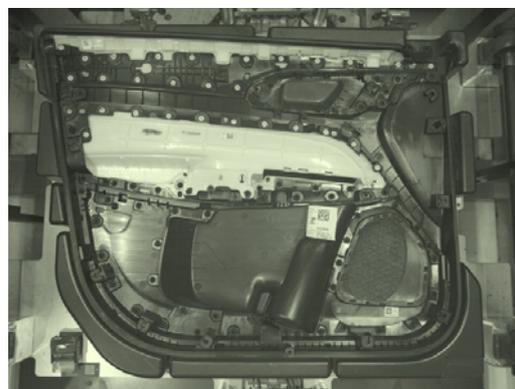


Ilustración 8: Test modelo 1M variables y MSE



Como se puede observar, el entrenamiento evoluciona correctamente, alcanza un punto estable en pocas épocas y desde ahí progresa poco a poco. Esta tendencia se ha podido observar en todos los entrenamientos desarrollados, puede deberse a la gran homogeneidad entre imágenes, donde la mayor parte de estas es muy similar salvo por excepciones en zonas de mayor varianza como puede ser la etiqueta QR.

Es destacable que en la imagen de test generada no se consigue regenerar el color, mantiene un tono medio en toda la imagen. Es posible que debido al gran nivel de detalle de la imagen y todas las características que presenta, el modelo no tenga la suficiente complejidad para regenerar el color y en su lugar aprenda otro tipo de característica de la imagen.

Para solucionar el problema de la regeneración del color se decidió entrenar el modelo con las imágenes originales y las mismas divididas en canales, en total, 4 imágenes a partir de cada imagen de partida, 3 de ellas anulando 2 canales de color y la propia imagen original, en la *Ilustración 9*, *Ilustración 10*, *Ilustración 11* y la *Ilustración 12* se observa un ejemplo de estas divisiones.



Ilustración 9: Imagen sin alterar

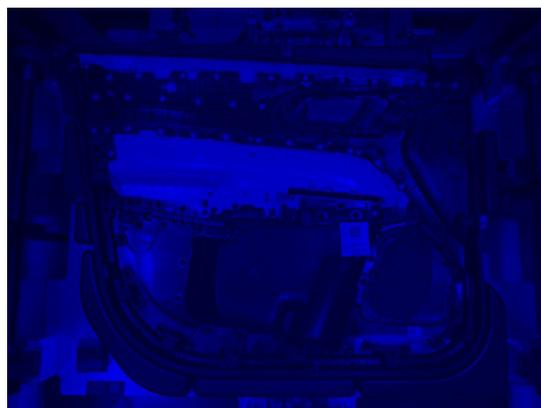


Ilustración 10: Imagen con canales rojo y verde anulados

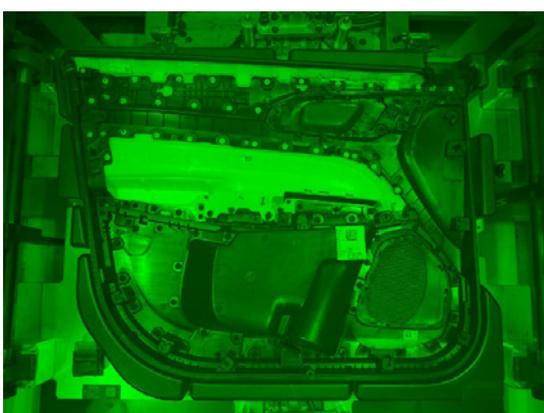


Ilustración 11: Imagen con canales rojo y azul anulados

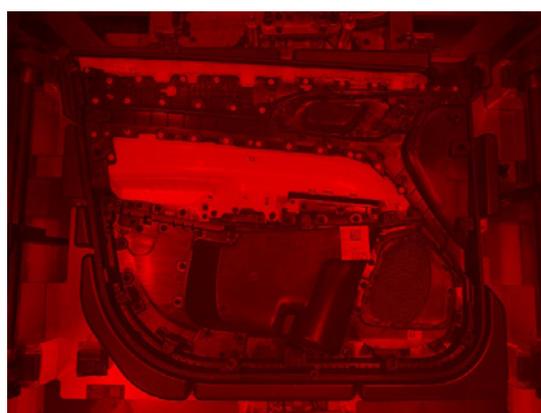


Ilustración 12: Imagen con canales azul y verde anulados

Como resultado de aumentar el dataset y volver a entrenar el modelo, en la *Ilustración 13*, se aprecia que el modelo ya es capaz de regenerar el color.



Ilustración 13: Resultado entrenamiento 1M variables MSE y dataset aumentado

Analizando la imagen, esta presenta pérdidas apreciables de definición, tanto en buterolas, como en la zona de la etiqueta QR. El resto de la imagen, como se ha comentado anteriormente, es muy similar entre las distintas imágenes y el modelo lo regenera correctamente.

Por otro lado, si se atiende a la compresión de la imagen, se ha solventado el problema de la solución previa en la que no se comprimía y se pasa de más de 6 MB que ocupa en memoria la imagen original, a poco más de 4 MB. No supone una gran reducción, por lo que se procedió a investigar arquitecturas más complejas que comprimesen más las imágenes.

Como siguiente paso, se optó por desarrollar un modelo que comprimese las imágenes hasta las 100 mil variables en el espacio latente. La arquitectura completa se muestra en la Ilustración 14. Se entrenaría con la misma función de pérdidas, mismas técnicas de optimización y mismo dataset, en la Ilustración 15 y la Ilustración 16 se muestran los resultados de este entrenamiento.

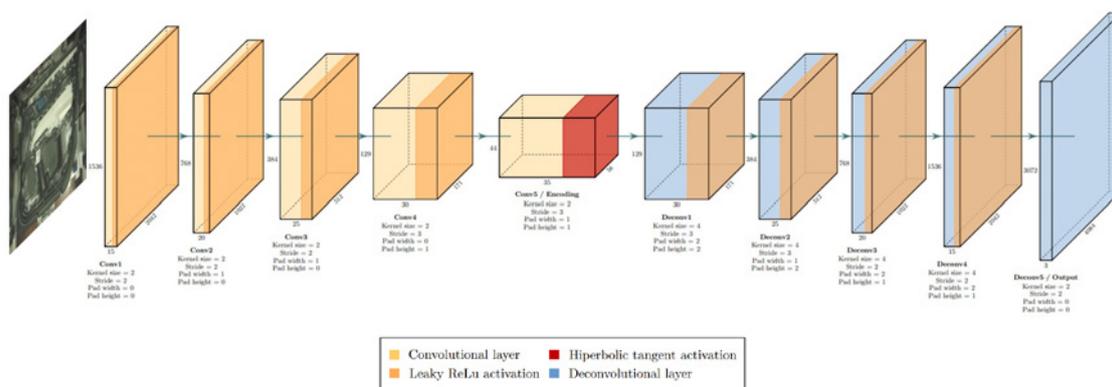


Ilustración 14: Arquitectura del modelo de 100 mil de variables

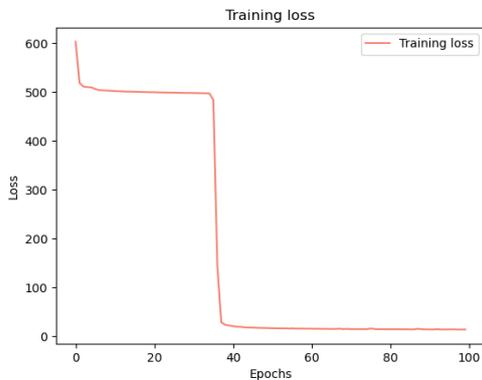


Ilustración 15: Error entrenamiento 100k variables y MSE



Ilustración 16: Test modelo 100k variables y MSE

La pérdida de definición es excesiva, el modelo entrena correctamente, pero no consigue reducir lo suficiente el error y se aprecia claramente en la Ilustración 16. Por otra parte, en la tarea de compresión mejora en gran medida los resultados del modelo anterior, pasando de los 6 MB de la imagen original a menos de 0,5 MB.

Como se ha planteado a lo largo del informe, se encuentra un compromiso entre definición de la imagen regenerada y tamaño de las codificaciones en el espacio latente. El problema que se presenta en este punto es que, a pesar de casi no comprimir la imagen con el modelo de 1 millón de variables, al descomprimir la imagen no se recupera toda la información. El modelo no consigue guardar toda la información que necesita para las zonas de mayor varianza.

En este contexto se plantea separar de la imagen original un recorte de una sección de la imagen donde el aprendizaje puede resultar más complicado, en este caso, un recorte de la zona donde se encuentra la etiqueta QR identificadora de la pieza. De este modo se ahorran variables del espacio latente que antes estaban destinadas a regenerar esa zona más compleja y se emplearán para aumentar la definición del resto de la imagen. En la Ilustración 17 y la Ilustración 18 se muestra un ejemplo de la imagen que se comprimirá y el recorte que se extrae de esta.

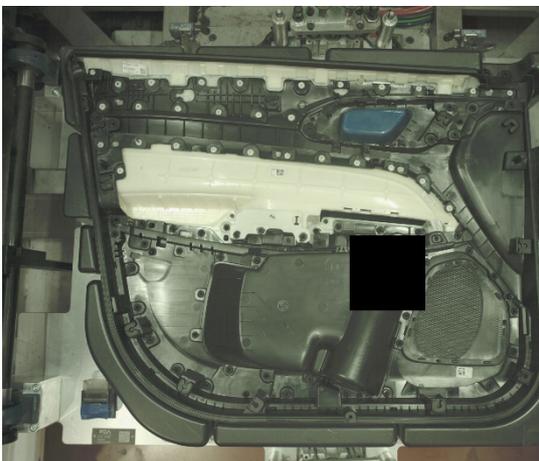


Ilustración 17: Imagen con sección anulada



Ilustración 18: Sección extraída de la imagen



El archivo comprimido pasará a estar formado por la codificación de la *Ilustración 17* tras ser procesada en el *encoder* y por el recorte que se ha extraído de la imagen original que se muestra en la *Ilustración 18*. En cuanto a espacio en memoria, añadir el recorte al archivo comprimido aumenta menos de 100 kB el tamaño original, un valor despreciable respecto al tamaño que ocupaba el comprimido del modelo de 1 millón de variables.

A continuación, en la *Ilustración 19* y la *Ilustración 20* se muestra el resultado del entrenamiento del modelo de 1M extrayendo de la imagen original la sección donde se encontraría el QR

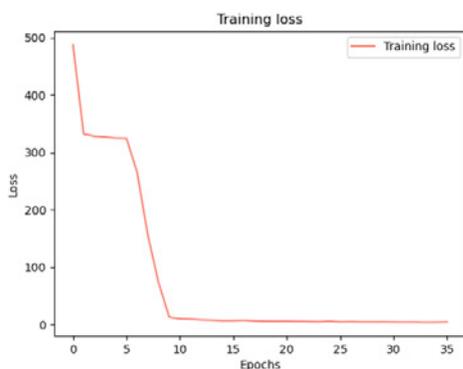


Ilustración 19: Error entrenamiento 1M variables, MSE, sección anulada

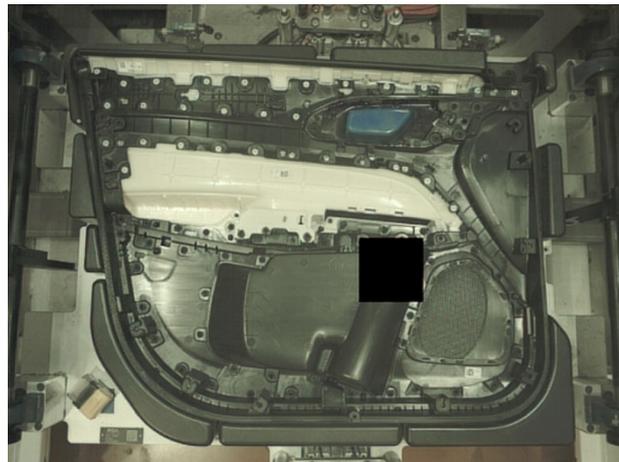


Ilustración 20: Test modelo 1M variables, MSE y sección anulada



Ilustración 21: Artefactos producidos por el modelo

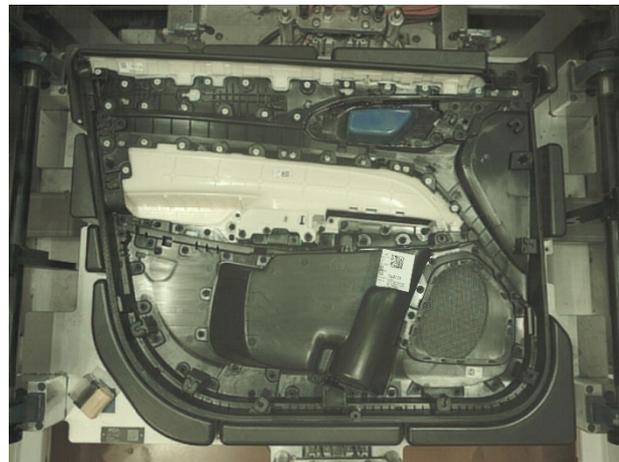


Ilustración 22: Test modelo 1M variables, MSE imagen completa

Como se puede apreciar en la *Ilustración 21*, cerca de donde se ha anulada la imagen, el modelo produce artefactos, es por esto por lo que se decidió reducir las dimensiones de la zona anulada a 450x450, mientras que el recorte mantiene las dimensiones de 500x500. De este modo, al completar la imagen con el recorte el artefacto quedaría oculto, como se puede ver en la *Ilustración 22*.



El tamaño que ocupa en memoria el comprimido es casi el mismo que en el modelo anterior de 1 millón de variables, es ligeramente superior por añadir el recorte de la zona del QR. La definición ha mejorado un poco, pero dista del óptimo. Si se comparan la imagen completa regenerada y la imagen original canal a canal se pueden observar los resultados de la *Ilustración 23* donde se comprueba que existe por lo menos un pixel con un error de más de 100 en los tres canales.

Error with the original image

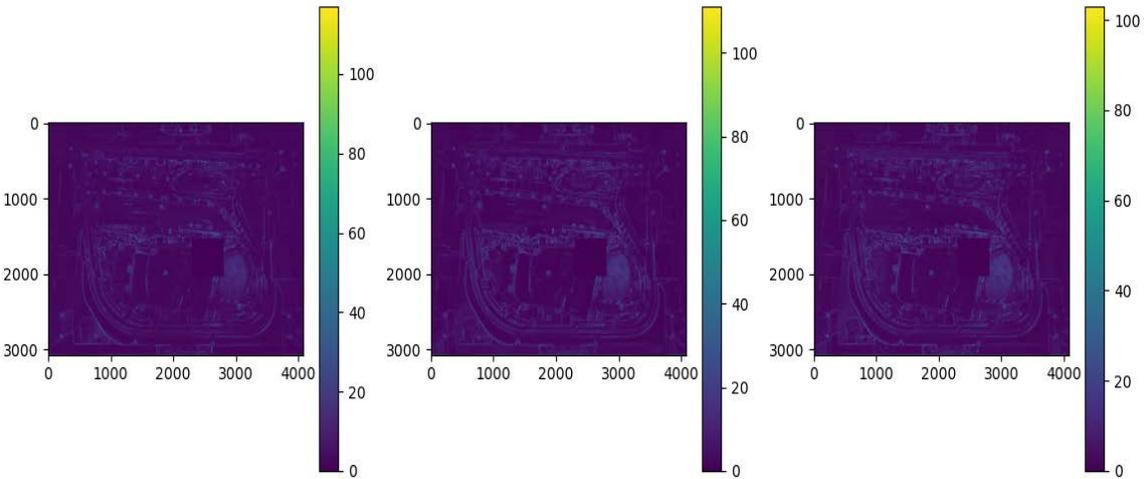
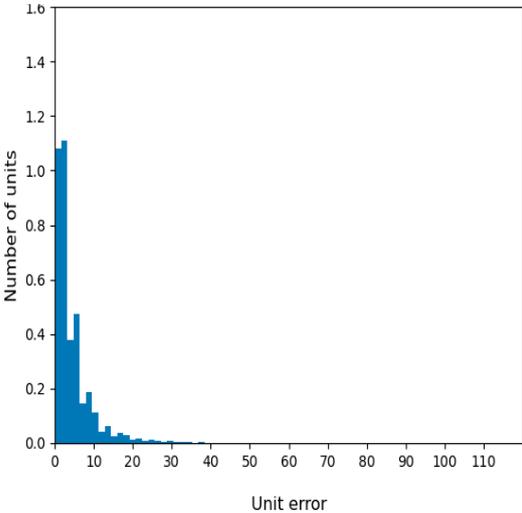


Ilustración 23: Error de la imagen canal a canal para 1M variables y MSE

Error histogram



Zoomed error histogram

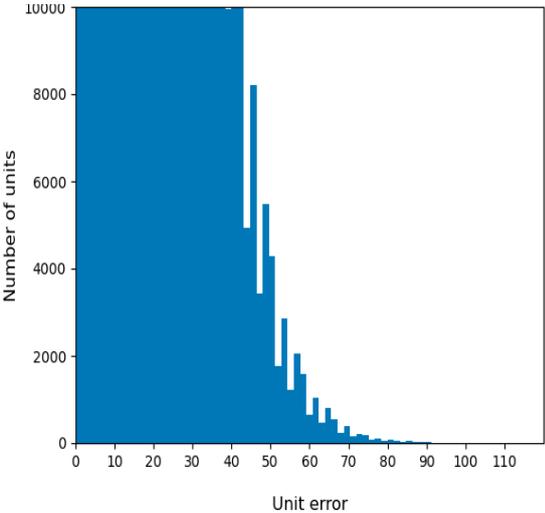


Ilustración 24: Histograma de error 1M variables y MSE



Cumulative error histogram

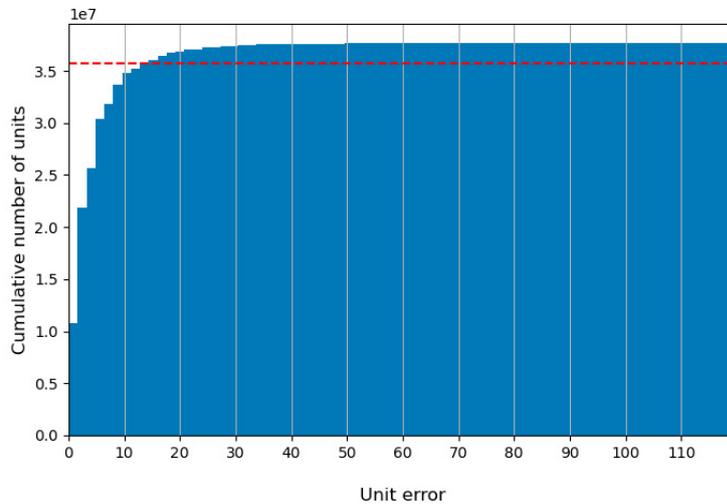


Ilustración 25: Histograma de error acumulado 1M variables y MSE

En las ilustraciones *Ilustración 24* y *Ilustración 25* se puede observar que la mayor parte de los píxeles tienen errores bajos a pesar de que, como se ha visto anteriormente, el máximo error es mayor de 100. En concreto, en la *Ilustración 25* se observa que el 95% de los datos, indicado por la línea roja discontinua, tiene un error por debajo de 20.

Con el objetivo de mejorar la definición se plantea el cambio de la función de pérdidas. Hasta ahora, se estaba empleando el error cuadrático medio (MSE), como la mayor parte de las imágenes es muy estática entre si y con poca varianza, la media del error es baja. Como se busca definición y atención al detalle se va a penalizar el error que pueda existir en todos los píxeles, eliminando la media del error en todos los píxeles. De esta forma se pasa a emplear como función de pérdidas la norma (L2).

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$L2 = \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Tras reentrenar el modelo de 1 millón de variables con la nueva función de pérdidas, se muestran los resultados a continuación en la *Ilustración 26*, la *Ilustración 27* y la *Ilustración 28*.

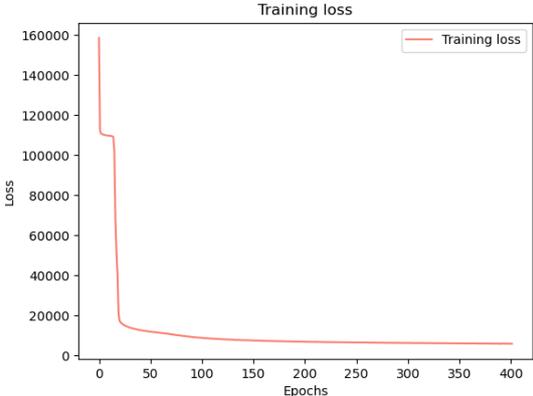


Ilustración 26: Error entrenamiento 1M variables, L2, sección anulada

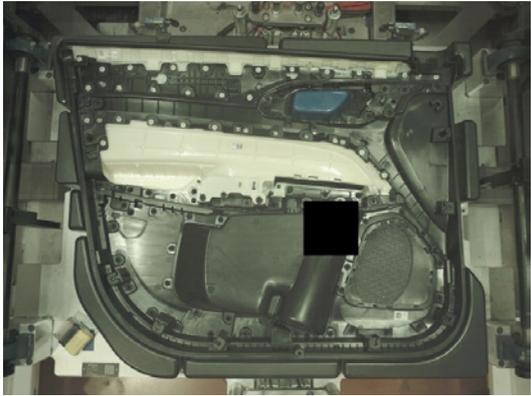


Ilustración 27: Test modelo 1M variables, L2 y sección anulada

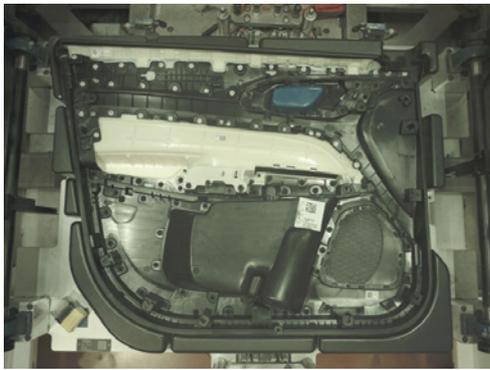


Ilustración 28: Test modelo 1M variables, L2 imagen completa

Si volvemos a comparar las imágenes canal a canal, se observan los resultados de la Ilustración 29, donde el error es ligeramente mayor de 100 en dos canales y menor de 100 en el último.

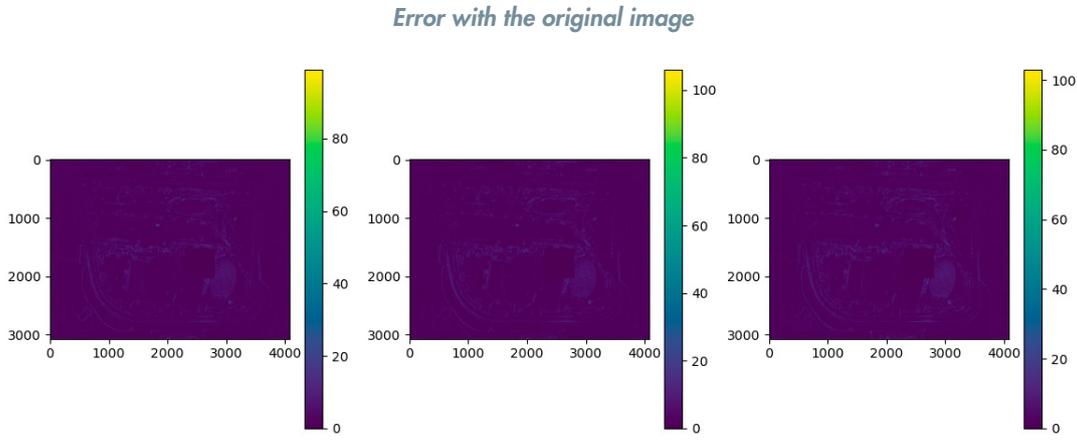


Ilustración 29: Error de la imagen canal a canal para 1M variables y L2

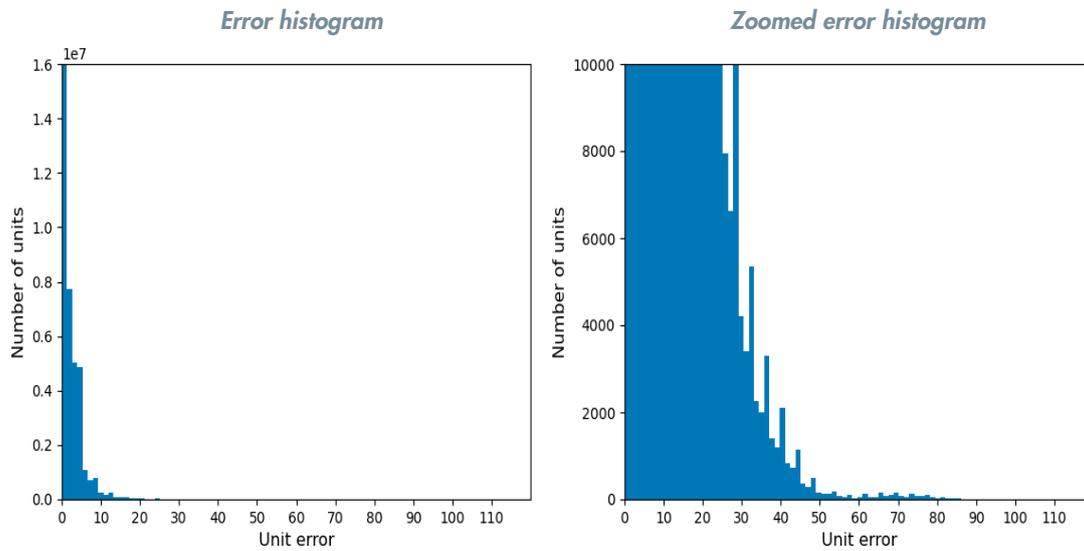


Ilustración 30: Histograma de error 1M variables y L2

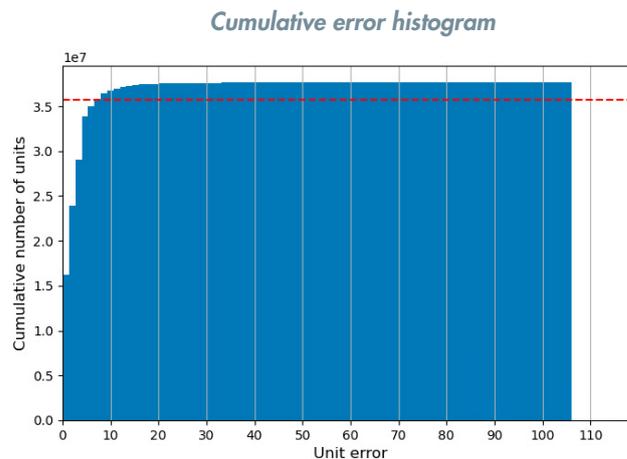


Ilustración 31: Histograma de error acumulado 1M variables y L2

En la *Ilustración 30* y la *Ilustración 31*, como en el caso anterior, se puede observar que la mayor parte de los píxeles tienen errores bajos. Es destacable que en la *Ilustración 31* se observa que el 95% de los datos, indicado por la línea roja discontinua, tiene un error por debajo de 10, demostrando que la nueva función de pérdidas es beneficiosa para la mejora del modelo.

Tras comprobar las capacidades de los modelos de 1 millón y 100 mil variables en el espacio latente, se plantea un modelo intermedio que se emplee 500 mil variables en el espacio latente para alcanzar una ratio de compresión mayor que con el modelo de 1 millón de variables, y no perder tanta información como ocurría en el modelo de 100 mil variables. La arquitectura completa se muestra en la *Ilustración 32*. Los resultados del entrenamiento se muestran en la *Ilustración 33*, la *Ilustración 34* y la *Ilustración 35*.

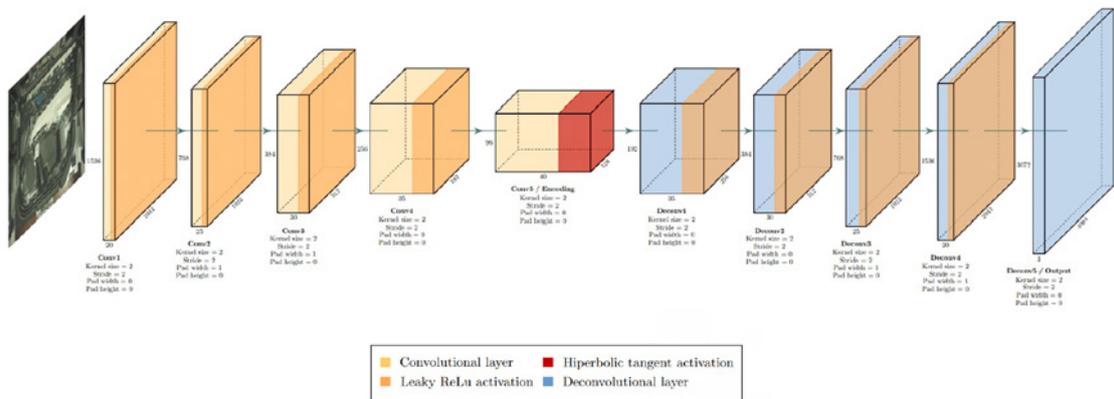


Ilustración 32: Arquitectura del modelo de 500 mil de variables

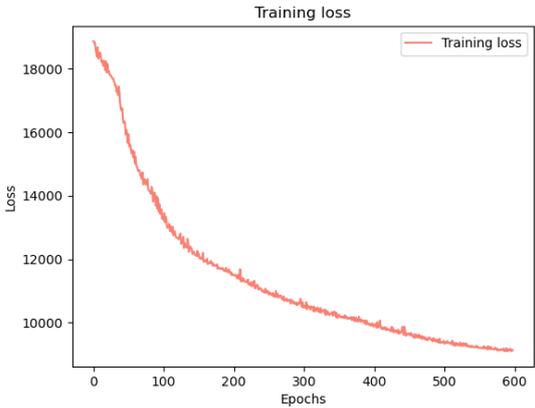


Ilustración 33: Error entrenamiento 500k variables y L2



Ilustración 34: Test modelo 500k variables y L2

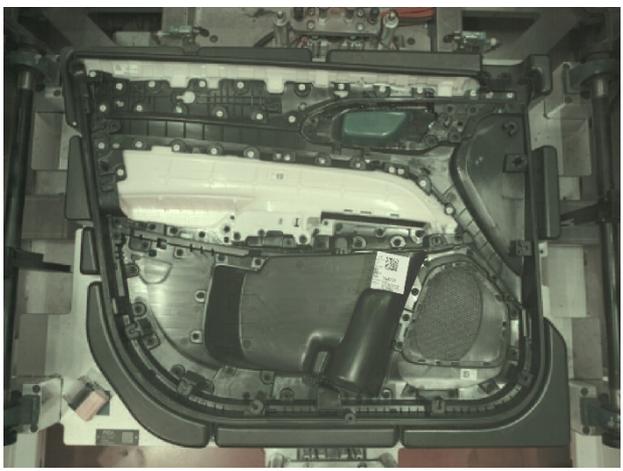


Ilustración 35: Test modelo 500k variables y L2 imagen completa



La definición de las imágenes es correcta, se pierde un poco más de información que con el modelo de 1 millón de variables, pero dicha pérdida no es excesiva. El tamaño en memoria que ocupan los comprimidos es mucho más reducido, ligeramente mayor que 2 MB. Con una visión completa, pasamos de un dataset de más de 800 imágenes que ocupa 5,4 GB en memoria a ocupar solamente 1,9 GB.

Analizando el error canal a canal, en la *Ilustración 36*, se puede observar que el error ha aumentado un poco, se obtienen resultados similares a los obtenidos con el modelo de 1 millón de variables y el error cuadrático medio como función de pérdidas.

Error with the original image

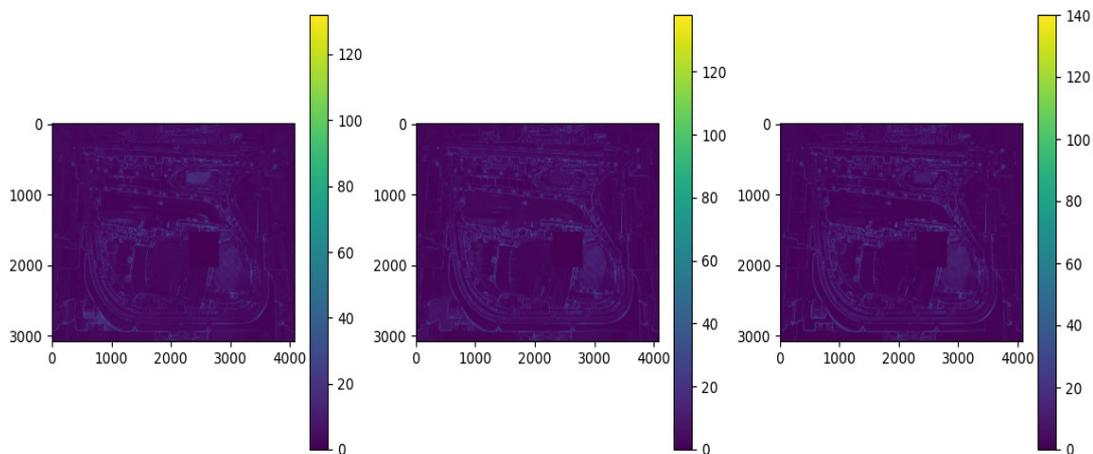
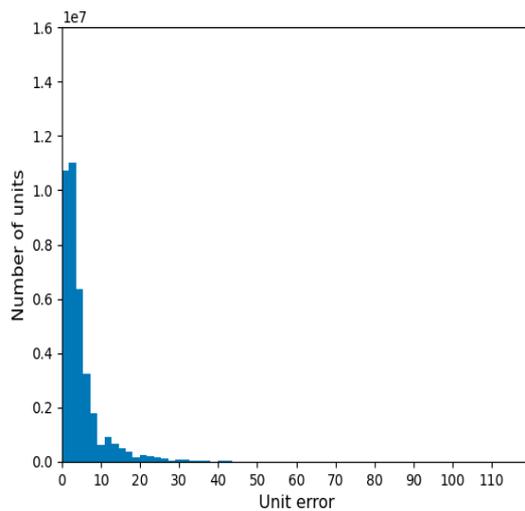


Ilustración 36: Error de la imagen canal a canal para 500k variables y L2

Error histogram



Zoomed error histogram

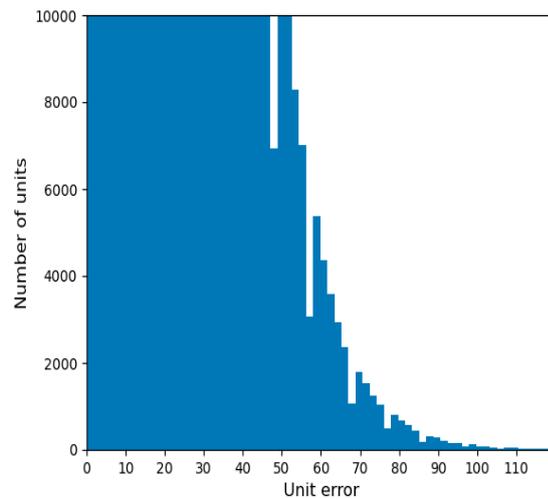


Ilustración 37: Histograma de error 500k variables y L2

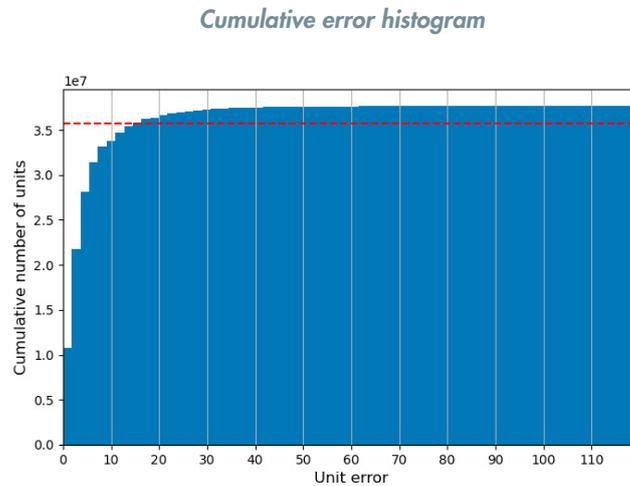


Ilustración 38: Histograma de error acumulado 500k variables y L2

En la *Ilustración 37* y la *Ilustración 38*, como en el caso anterior, se puede observar que la mayor parte de los píxeles tienen errores bajos. Es destacable que en la *Ilustración 38* se observa que el 95% de los datos, indicado por la línea roja discontinua, tiene un error por debajo de 20, un caso similar al primer modelo desarrollado y que puede llegar a mejorar.

Este último modelo se plantea como posible solución final al problema, se reduce el espacio en memoria de cada imagen un 66% y al recuperarlas no existe una pérdida de información que pueda ser vital.

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

Como se ha observado, el entrenamiento de estos modelos puede verse afectado por numerosos factores. En este estudio se han tratado de explorar todos los hiperparámetros y técnicas para optimizarlos, pero debido al tiempo del que se disponía, una mayor investigación sobre el valor óptimo de los mismos sería conveniente.

Por otro lado, observando los resultados obtenidos, el modelo que mejor desempeño muestra en cuanto a compresión y definición es el de 500 mil variables en el espacio latente. En este caso se ha empleado un dataset con 800 imágenes, un entrenamiento con un mayor número de imágenes de muestra puede resultar en un mejor desempeño del modelo. Otra posible opción de mejora sería entrenar los nuevos modelos a partir del mejor modelo desarrollado en este estudio, modificando los pesos ya entrenados para adaptarlos al nuevo dataset.



GRUPO ANTOLIN

Desarrollo de un sistema de oído artificial para un coche

 Alumnos

Guillermo Escolano Hovine
Andrés Miguélez Tato

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este reto es elaborar un software para analizar sonidos en un coche. Dicho esto, el reto se divide en dos componentes: analizador de discurso y clasificador de sonidos. Ambos deben recibir audio directamente del interior del coche, preprocesarlo de alguna manera y a partir de ahí distribuirlo a estos dos procesos.

El clasificador de sonidos tiene como objetivo determinar qué sonidos se están produciendo en el coche para que otro sistema actúe en consecuencia. Por poner un ejemplo de cómo funcionaría esto, el clasificador puede detectar un bostezo y alertar al conductor que se está quedando dormido; o al escuchar la sirena de una ambulancia, informar al conductor que se aparte. Las aplicaciones de este oído artificial pueden ir más allá y contribuir a la puesta en marcha de un coche plenamente autónomo, que podrá mejorar sus capacidades al interpretar los sonidos ambiente y en el interior del habitáculo.

La idea para clasificar los sonidos es un enfoque semi-supervisado. El aprendizaje semi-supervisado pretende explotar la gran cantidad de datos no etiquetados con ayuda de otros que sí lo están. De este modo, se busca que el sistema reconozca un audio perteneciente a una clase para la que no ha sido entrenado. La forma de abordar esto consiste en entrenar el modelo para que reconozca sonidos no reconocidos. Esto puede resultar poco intuitivo, pero es fácil de entender: si yo pido al lector que dibuje un marjor, es posible que el resultado no tenga nada que ver con cómo es el animal en sí. Sin embargo, si le digo que el marjor se parece a una cabra muy peluda con cuernos en forma de hélice, hará un dibujo decente. Del mismo modo, una máquina puede identificar a un marjor, aún no habiendo visto nunca uno, pero sabiendo reconocer las características de este animal.

Así pues, el objetivo es entrenar al oído artificial a reconocer unas 15 clases distintas y, al mismo tiempo, que pueda crear etiquetas sobre la marcha de sonidos que no encajen con ninguna de las clases para las que fue entrenado.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Tecnología de partida

El proyecto parte de un Trabajo de fin de Máster, llevado a cabo por Alberto Menéndez Ruiz de Azúa, un alumno de la Escuela. Su trabajo consistía en mejorar un sistema de alarma mediante la incorporación de análisis de sonido. Este sistema tomaba segmentos de audio de 960 milisegundos y les aplicaba la transformada de Mel, que utiliza una escala logarítmica para representar las frecuencias de una onda sonora al o largo del tiempo, de una forma similar a la que el oído humano interpreta los sonidos.

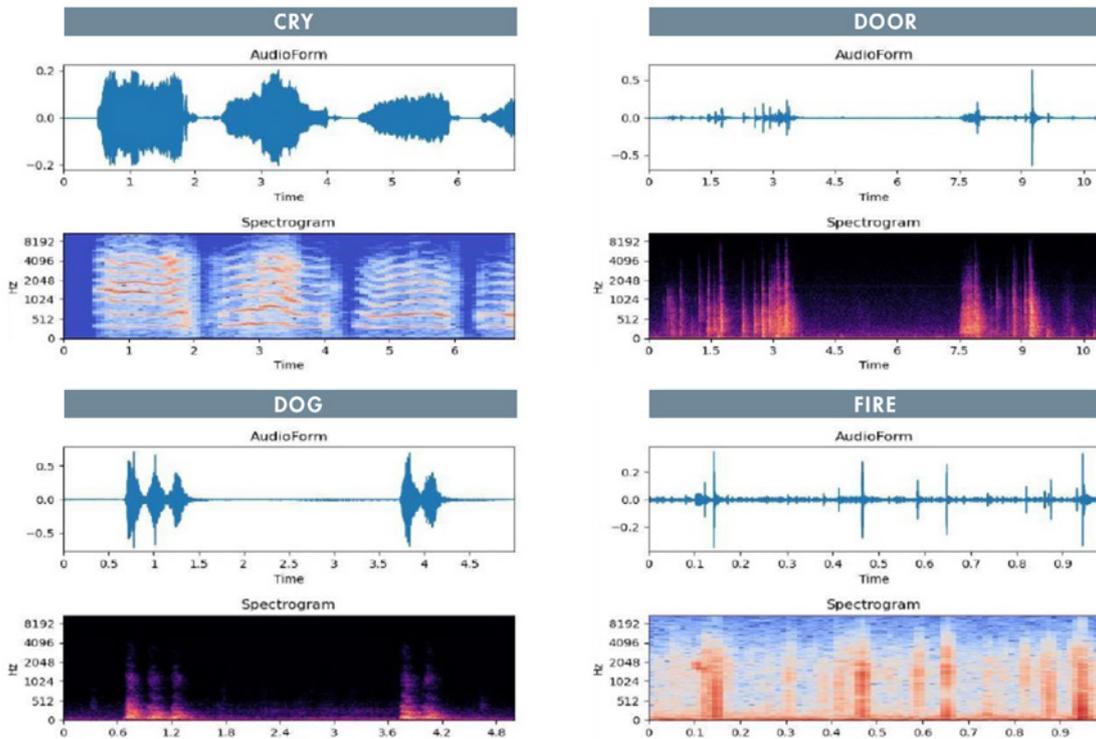


Figura 1: Ejemplo del Espectrograma de Mel de 4 de audios (fuente: Menéndez, A. Mejora de sistemas de alarma y video vigilancia mediante la incorporación de análisis de audio)

La utilidad de transformar los audios de este modo reside en que, como bien se observa, cada audio queda representado en una imagen de un solo canal. Las técnicas de *machine learning* de clasificación de imágenes están mucho más desarrolladas que las de clasificación de sonidos, por lo que el desarrollo de los algoritmos se simplifica enormemente.

Así pues, una vez las distintas pistas de audio son transformadas, se pasan por una red neuronal pre entrenada por Google, llamada *vggish*, para luego pasarlas por otra red neuronal de elaboración propia. El utilizar una red de terceros ya entrenada es una práctica habitual en *machine learning*, llamada *transfer learning*, cuya filosofía se basa en que, si un modelo funciona para clasificar unas clases concretas, seguramente también sirva para clasificar otras clases que nunca ha visto antes, puesto que su capacidad de abstracción ha quedado verificada.

De este modo y sin entrar en demasiados detalles relacionados con el cómo y el porqué, la tecnología de partida realizaba las siguientes acciones:

1. Trocear las pistas de audio en segmentos de 960 milisegundos, solapados entre sí.
2. Aplicar la transformada de Mel a estos segmentos.
3. Aplicar el clasificador (red neuronal *vggish* + red propia) para obtener una salida de una entre 8 clases: cristal roto, llanto, ladridos, puerta abriéndose, fuego, pasos, disparos, otros.

El trabajo realizado por Alberto es evidentemente mucho más complejo (aprovecho aquí la oportunidad para agradecerle su ayuda), pero para la aplicación que nos concierne, se resume en una arquitectura bastante robusta que clasifica con una precisión de entorno a 95% sonidos en una de las 8 clases mencionadas anteriormente.



3.1. Desarrollo del proyecto

El primer paso consistió en entrenar otro clasificador, esta vez orientado a sonidos más habituales en un coche. Para ello hubo que buscar un repositorio con grandes cantidades de audios etiquetados, lo que limitó las clases de salida en última instancia. El repositorio que mejor prestaciones tenía fue el FSD50K (<https://zenodo.org/record/4060432#.YfE1rjdBy3B>), que afirma contener más de 50.000 audios etiquetados en unas 200 clases. No obstante, este repositorio tiene sus problemas, principalmente el hecho de que las clases no pertenecen a la misma jerarquía y que muchos audios pertenecen a clases heterogéneas. Por ejemplo, puede haber pistas de audio etiquetadas como «humano», «voz» y «grito» simultáneamente, cuando lo que interesa realmente para este proyecto es la etiqueta «grito». Por otro lado, en una misma pista pueden concurrir varios sonidos diferentes, por lo que puede haber un audio etiquetado como «avión» y «voz» si en él figuran una voz y un avión despegando. Esto supone un problema más grande, ya que la red neuronal se vería obligada a clasificar bien un avión como una voz, bien una voz como un avión. La solución por la que se optó fue tomar los audios que solo tuvieran una etiqueta, lo cual limitó el tamaño del conjunto de entrenamiento.

En cuanto a la calidad de los audios, esta era claramente inferior a la de los audios usados por Alberto en su trabajo. Los audios empleados eran de muy distintas duraciones (desde menos de un segundo hasta un minuto), en los que el sonido etiquetado podía aparecer solamente durante algunos segundos, a la vez que se superponía ruido. El problema de los trozos de audio sin sonido es un problema ya abordado anteriormente que se solucionó aseadamente comparando cada segmento de audio con el silencio, para así poder descartarlo.

Así pues, del repositorio se tomaron en un primer momento 16 clases, a las que se añadió la clase «silencio» para mayor robustez. El proceso de entrenamiento tiene una primera parte de preprocesado de los datos, en los que se toman las pistas de audio del repositorio, se cortan en los tramos de 960 milisegundos mencionados anteriormente y se pasan por la red de Google, *vggish*. Esto convierte cada tramo de audio en un vector de 128 dimensiones. Un audio de 5 segundos puede resultar en 8 de estos vectores (debido al solape de las ventanas de 960 ms), por lo que el número de muestras en el entrenamiento es elevado. Una vez convertidos los audios a vectores de 128 dimensiones, se comparan con otro de estos vectores procedente de un silencio y otro procedente de ruido blanco. Si la distancia que separa estos vectores es menor que un cierto umbral, se descartan puesto que es muy probable que se trate efectivamente de silencio o simple ruido proveniente de un micrófono abierto a destiempo. Con estos vectores es con los que se realiza el entrenamiento propiamente dicho.

En un primer momento se entrenó para las mencionadas 17 clases de salida, una red neuronal con una la misma arquitectura que la empleada por Alberto (red *vggish* + 4 capas), lo cual arrojó una precisión del 83%.

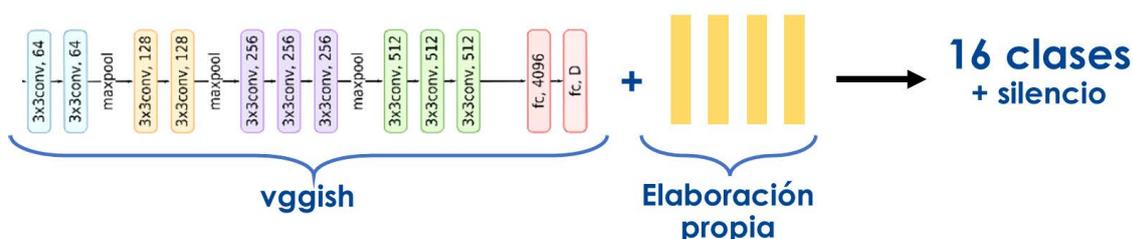


Figura 2: Arquitectura de la red neuronal entrenada.

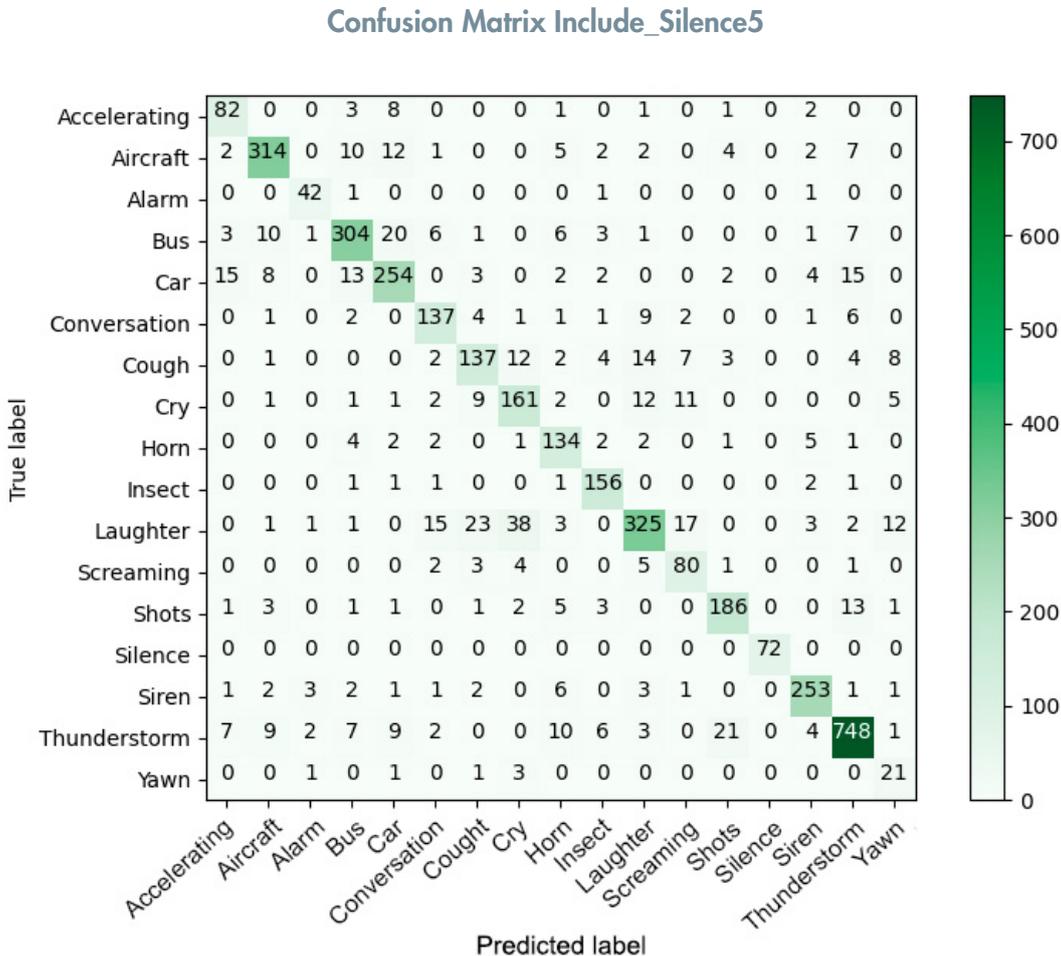


Figura 3: Matriz de confusión del primer modelo entrenado.

Este modelo desempeña razonablemente bien en condiciones generales, pero falla más en algunas clases concretas, principalmente confunde entre risa, gritos y llanto. Este es un problema un tanto difícil de resolver, puesto que en muchos audios el sonido no está claramente definido, y en ocasiones yo mismo dudaba de a qué clase pertenecía alguno de estos audios sin conocer la etiqueta.

Finalmente decidí eliminar dos clases: autobús e insecto, por tratarse de conjuntos de audios demasiado heterogéneos e influir negativamente a la hora de clasificar nuevos audios. Por ejemplo, en la clase autobús encontré audios de un autobús acelerando (para lo cual ya existe una clase) o de megafonía en el interior de un autobús (que se confunden con la clase «conversación»). Esto arrojó una precisión un tanto mayor (~86%), pero sobre todo más confianza a la hora de predecir nuevas muestras: al final de la red neuronal hay una capa con tantas neuronas como clases haya, que aplica una función *softmax*, de modo que a cada clase se le asigna una probabilidad. Al eliminar estas dos clases conseguí que las probabilidades fueran más extremas (más cerca de 100% o de 0%), lo cual hace la predicción más fiable.



Confusion Matrix Remove_bus_insect

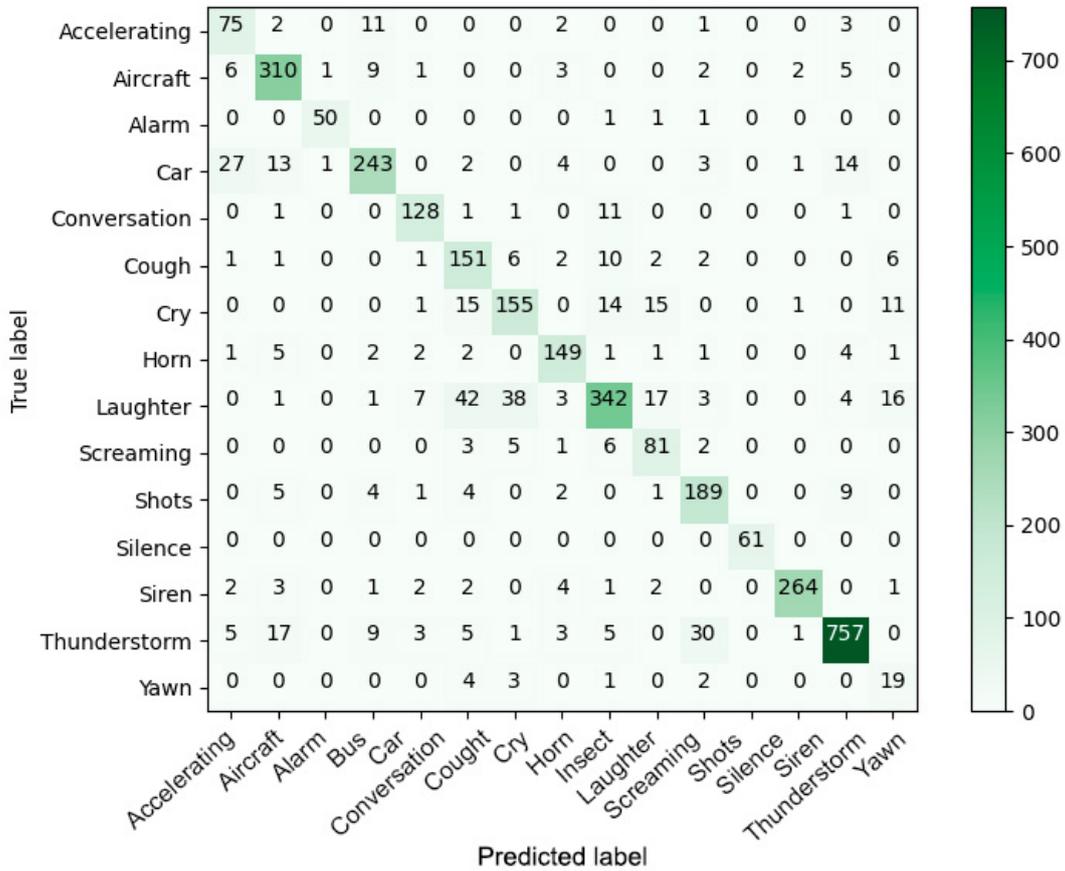


Figura 4: Matriz de confusión del modelo final.

Una vez desarrollado el clasificador, el proyecto continúa hacia la parte más novedosa y compleja: cómo tratar audios nuevos, que no pertenecen a ninguna de las clases elegidas. Si nos centramos en el segundo trozo de la red neuronal, el de fabricación propia, este tiene 4 capas (sin contar la salida) con varias funciones dentro de cada una. No obstante, lo realmente interesante es que cada una representa el trozo de audio (de 960 ms) en un espacio latente de 1024, 512, 256 o 128 variables, en función de la capa.

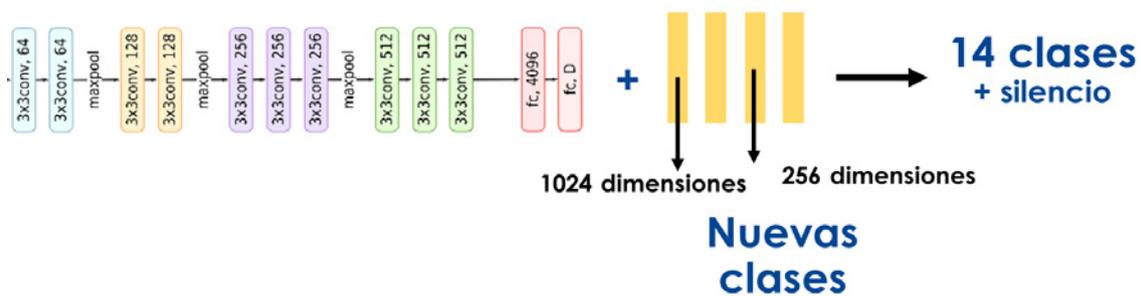


Figura 5: Arquitectura de la red neuronal. Véase las dimensiones con las que trabajan las últimas capas.



En estos espacios latentes, debería ocurrir que los audios que pertenecen a una misma clase estén próximos entre sí, mientras que los que pertenecen a distintas clases estén más separados (formando clústeres), e igualmente clases más similares formen clústeres más próximos entre sí que clases claramente diferenciadas. Esto se ve claramente en la siguiente imagen. En ella se representan todas las muestras de entrenamiento de 4 clases, en el espacio latente correspondiente a la última capa (128 dimensiones).

Para poder representar las muestras en el espacio, se ha hecho un análisis de componentes principales y se han tomado las 3 primeras, que reúnen el 42% de la varianza.

3 component PCA, explained_variance=0.5059978887438774

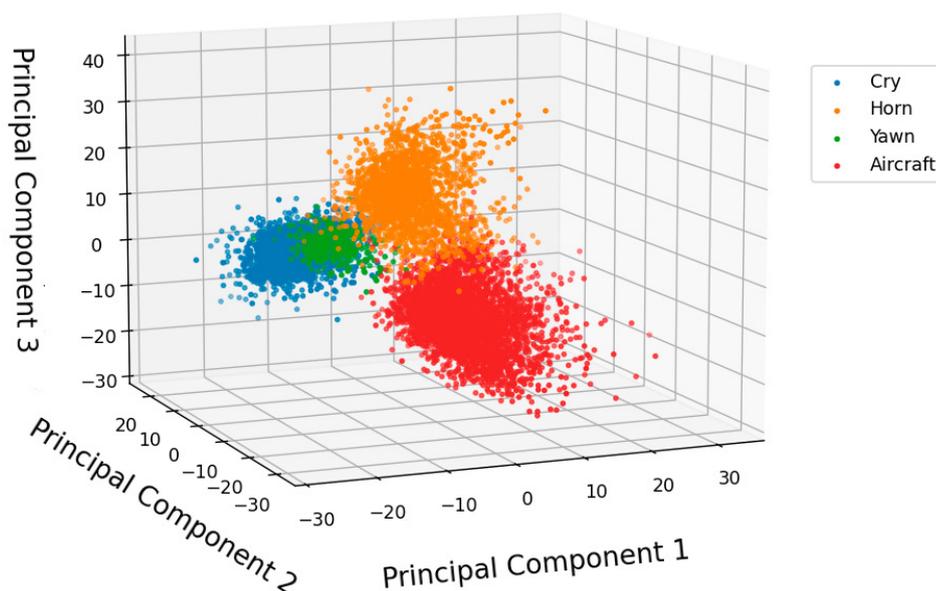


Figura 6: Representación del conjunto de entrenamiento en el espacio latente correspondiente a la última capa.

Se han escogido a propósito clases claramente diferenciadas en esta representación, de forma que se ilustra lo comentado anteriormente: las clases forman clústeres separados entre sí, con más densidad de muestras cerca del centroide del clúster, una densidad que disminuye conforme aumenta la distancia al centroide. De este modo (y lo que se intentó hacer) se pueden aplicar técnicas de aprendizaje semi-supervisado para tratar los sonidos en el interior del vehículo.

Para continuar con este enfoque semi-supervisado, tomé del repositorio audios de ladridos de perro. Así, el objetivo ahora es detectar que los ladridos son sonidos «raros», y tratarlos como tal. En un primer momento esto resultó fácil, como se ve en la siguiente figura. El modelo reconoció la pista de audio de ladridos como 36 % «sirena», 36 % «tormenta» y 17 % «risa», colocando los vectores lejos de los clústeres de estas clases, en la misma representación de la imagen anterior.



File 61077-3-1-0.wav embeddings, first 3PC

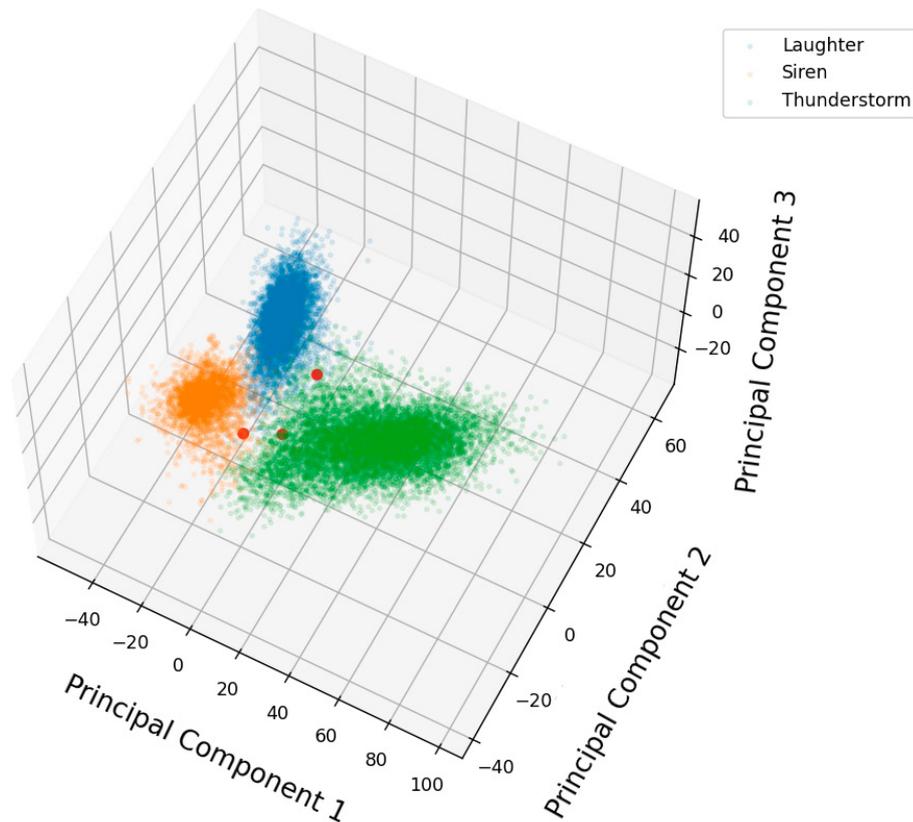


Figura 7: Representación de ladridos de perro en el espacio latente de la última capa.

El problema resultó ser la poca fiabilidad de este método (buscar lejanía a los centroides de las clases), ya que muchos audios de las clases entrenadas sufrían el mismo destino.

Para solucionar esto, lo que mejores resultados arrojó fue, en primer lugar, cambiar el espacio de trabajo al espacio latente de la primera capa de la red propia (1024 dimensiones) y, en segundo lugar, un enfoque híbrido para detectar clases nuevas. El primer punto no tiene mayores complicaciones más allá de una mayor carga computacional, al pasar de 128 a 1024 variables. El segundo punto es el más interesante y el que más tiempo me llevó desarrollar, siempre utilizando ensayo-error. Así, un audio será clasificado como «raro» si cumple alguna de las siguientes condiciones:

- Ninguna probabilidad de pertenencia a las clases ya definidas supera el 50%.
- Algún trozo (de 960 milisegundos) de la pista (en su representación de 1024 variables) está a una distancia superior al percentil 95 de todas las nubes de puntos (15 nubes, una por clase).

Esto, si bien complejo, resultó ser algo fiable frente a los ladridos de perros, detectándolos como «raros» y dejando pasar otras muestras del conjunto de test.

Una vez se detecta un audio raro, se procede a crear una nueva etiqueta o a etiquetarlo con alguna de estas etiquetas ya creadas. Esto es lo que más fallos y problemas da y en lo que habría que trabajar



en un futuro. De este modo, cuando una muestra rara entra al sistema, se busca si su nube de puntos solapa (se entrelaza) con alguna de las nubes de puntos de otras muestras raras. Si es así, se etiqueta como esa nube de puntos (o con la que más solape, si es que hay varias) y si no, se crea una nueva etiqueta. Esto se ilustra en la siguiente demostración del código. Para ello se han elegido 5 audios de perros ladrando y 3 de tormentas, para que el sistema los analice.

El resultado es el siguiente:

```
dog1.wav predicted class: Laughter
... with probabilities:
  Accelerating: 0 %
  Aircraft: 3 %
  Alarm: 0 %
  Car: 20 %
  Conversation: 0 %
  Cough: 1 %
  Cry: 2 %
  Horn: 0 %
  Laughter: 35 %
  Screaming: 0 %
  Shots: 21 %
  Silence: 0 %
  Siren: 6 %
  Thunderstorm: 6 %
  Yawn: 0 %
Some samples in dog1.wav lie outside threshold
New class created: class15

dog2.wav predicted class: Siren
... with probabilities:
  Accelerating: 7 %
  Aircraft: 18 %
  Alarm: 0 %
  Car: 21 %
  Conversation: 0 %
  Cough: 0 %
  Cry: 0 %
  Horn: 0 %
  Laughter: 0 %
  Screaming: 0 %
  Shots: 0 %
  Silence: 0 %
  Siren: 40 %
  Thunderstorm: 10 %
  Yawn: 0 %
Inferred class: class15
```



dog3.wav predicted class: Siren

... with probabilities:

Accelerating: 0 %
Aircraft: 0 %
Alarm: 0 %
Car: 1 %
Conversation: 28 %
Cough: 0 %
Cry: 0 %
Horn: 0 %
Laughter: 1 %
Screaming: 0 %
Shots: 0 %
Silence: 0 %
Siren: 42 %
Thunderstorm: 25 %
Yawn: 0 %

Inferred class: class15

dog4.wav predicted class: Thunderstorm

... with probabilities:

Accelerating: 0 %
Aircraft: 0 %
Alarm: 0 %
Car: 0 %
Conversation: 15 %
Cough: 0 %
Cry: 0 %
Horn: 0 %
Laughter: 23 %
Screaming: 0 %
Shots: 5 %
Silence: 0 %
Siren: 20 %
Thunderstorm: 32 %
Yawn: 0 %

Some samples in dog4.wav lie outside threshold

Inferred class: class15

dog5.wav predicted class: Thunderstorm

... with probabilities:

Accelerating: 0 %
Aircraft: 0 %
Alarm: 0 %
Car: 0 %
Conversation: 0 %
Cough: 0 %



Cry: 0 %
Horn: 0 %
Laughter: 0 %
Screaming: 0 %
Shots: 8 %
Silence: 0 %
Siren: 0 %
Thunderstorm: 90 %
Yawn: 0 %
Some samples in dog5.wav lie outside threshold
Inferred class: class15
thunder1.wav predicted class: Thunderstorm
... with probabilities:
Accelerating: 0 %
Aircraft: 0 %
Alarm: 0 %
Car: 8 %
Conversation: 0 %
Cough: 0 %
Cry: 0 %
Horn: 0 %
Laughter: 0 %
Screaming: 0 %
Shots: 8 %
Silence: 0 %
Siren: 0 %
Thunderstorm: 82 %
Yawn: 0 %
thunder2.wav predicted class: Thunderstorm
... with probabilities:
Accelerating: 0 %
Aircraft: 3 %
Alarm: 0 %
Car: 0 %
Conversation: 0 %
Cough: 0 %
Cry: 0 %
Horn: 0 %
Laughter: 0 %
Screaming: 0 %
Shots: 20 %
Silence: 0 %
Siren: 0 %
Thunderstorm: 75 %
Yawn: 0 %



```
thunder3.wav predicted class: Thunderstorm
```

```
... with probabilities:
```

```
Accelerating: 0 %
```

```
Aircraft: 0 %
```

```
Alarm: 0 %
```

```
Car: 0 %
```

```
Conversation: 0 %
```

```
Cough: 0 %
```

```
Cry: 0 %
```

```
Horn: 0 %
```

```
Laughter: 0 %
```

```
Screaming: 0 %
```

```
Shots: 18 %
```

```
Silence: 0 %
```

```
Siren: 0 %
```

```
Thunderstorm: 80 %
```

```
Yawn: 0 %
```

Se puede ver cómo, al entrar el primer audio de perros, se crea una nueva clase, llamada «class15», a la que se van asignando los siguientes audios de perros ladrando, si bien son clasificados en primera instancia a una de las 15 clases entrenadas. Esto que funciona bien en este ejemplo no resulta tan exitoso en otras pruebas y debería ser mejorado. Por otro lado, los sonidos de tormentas se clasifican correctamente.

4. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

El trabajo de clasificador como tal diseñado por Alberto y modificado aquí funciona bastante bien, aunque podría ser mejorado (tiene 86% de precisión) tocando algunos puntos:

- Selección de audios de entrenamiento. Este es uno de los principales problemas porque las etiquetas puestas a los audios no se corresponden fielmente a lo que se escucha en el audio. El etiquetado original está claramente enfocado a otros fines y resulta problemático en esta aplicación. No obstante, esta es una tarea que lleva una gran cantidad de tiempo, ya que debe ser realizada a mano, por lo que no sé hasta qué punto se puede mejorar en este aspecto.
- Limpieza del sonido al entrar al sistema, tanto en entrenamiento como en su funcionamiento normal. Ya se ha comentado anteriormente que el audio se descarta si se parece al silencio o al ruido blanco, aunque es cierto que esta operación es un poco simple, ya que solo descartará un sonido si es muy parecido al silencio o al ruido. Una buena limpieza del audio, quitando ruido de fondo (bien a través de software o de hardware), por ejemplo, sin duda mejoraría el sistema.
- Por último, cabe destacar una limitación del sistema difícilmente superable sin cambiar la filosofía del mismo. Al aplicar la transformada de Mel, se trocean los audios en segmentos de 960 milisegundos, una limitación impuesta para adecuar las dimensiones de la matriz resultante a la entrada de la red *vggish*. Esto supone un problema en sí mismo, ya que solo se pueden clasificar

sonidos que sean unívocos en estos 960 milisegundos. Muchas veces es la repetición de un sonido a lo largo del tiempo lo que determina su clase o significado (por ejemplo, un mensaje en morse), algo que este sistema no puede conseguir.

Por otro lado, la parte más interesante del clasificador, la que se basa en aprendizaje semi-supervisado, tiene un amplio margen de mejora, a destacar los siguientes frentes:

- En la demostración del código se introducen sonidos de perros, pero en archivos de audio separados. Esto es la forma más fácil de desarrollo del código; sin embargo, la aplicación final ha de estar constantemente escuchando, operando en tiempo real. Es por tanto necesario algún tipo de sistema para agrupar un tiempo de escucha como un único audio, ya que es poco probable que un sonido claramente diferenciado ocurra durante solo 960 milisegundos.
- Creación de etiquetas nuevas. En el ejemplo mencionado solo se introduce un tipo de sonido «raro»: ladrido de perro. Al probar el sistema con varios tipos distintos, el funcionamiento no es el deseado, pues se crean muchas más clases de las necesarias y se asignan los audios «raros» a clases que no les corresponde. El problema viene de la poca fiabilidad que resulta al asignar un audio a una clase nueva, cuando de esa clase nueva se tiene un número muy bajo de muestras (5 por ejemplo, frente a centenares en las clases de entrenamiento). El algoritmo de solape que yo utilicé para realizar esta asignación seguramente sea un tanto burdo. Una asignación dinámica, con cambios a lo largo del tiempo, puede dar resultados mejores, si bien sería mucho más compleja.

También es necesario hacer mención al tiempo de ejecución del código. Este debe ser inferior a la duración de un audio para que pueda funcionar adecuadamente en tiempo real, algo que ahora mismo no consigue. No obstante, creo que este es un problema superable ya que al juntar trozos de código de varios autores se llegan a ineficiencias y redundancias en la que seguro he incurrido, por lo que no considero este un problema demasiado importante.





IBM-PLADUR

Trazabilidad unitaria de la huella de carbono mediante tecnología de Blockchain

Alumnos

Alsina Piró, Artur
Iglesias Aramburu, Galo
Quintana Criado, Alberto

1. INTRODUCCIÓN:

En los últimos años ha habido un exponencial crecimiento en interés por la tecnología de Blockchain. Las criptomonedas y sus plataformas de Blockchain han sufrido el escrutinio público y han tomado un lugar prominente en la economía y en la tecnología, llegando incluso a comenzarse a discutir una nueva “Web 3.0”. A pesar de este moderno fenómeno, la tecnología blockchain y su tecnología base, DLT – “Distributed Ledger Technologies” por sus siglas en inglés – siguen relativamente desconocidas para el público.

“Blockchain” es una plataforma que permite establecer un “libro” de transacciones seguro y distribuido. La seguridad y trazabilidad de esta plataforma – que son sus características principales – radica en la distribución de los libros de transacciones o “ledgers”. En una plataforma de blockchain todos los nodos de esta red poseen una copia del “ledger” y esta se actualiza en paralelo en todos los nodos. Un “ledger” de blockchain almacena de manera secuencial todas las operaciones que tienen lugar en esta red, asegurando así la trazabilidad. La ventaja que presenta blockchain con respecto a una base de datos es la combinación de ambas facetas, nodos y “ledger”, haciendo imposible la malversación o la manipulación de información, puesto la confirmación de múltiples nodos es necesaria para asignar un nuevo bloque a la blockchain.

Las plataformas basadas en la tecnología de DLT se pueden separar en tecnologías de uso privado o de uso público. Las plataformas de uso público son, por ejemplo, las plataformas “host” de criptomonedas como Bitcoin o Ether, construidas sobre la plataforma Bitcoin o Ethereum respectivamente. Las de uso privado son aquellas empleadas en una empresa o sector privado para organizar una red protegida. En esta última entra IBM con su desarrollo de la plataforma Hyperledger, y más en concreto Hyperledger Fabric.

HF, ahora disponible en formato “open-source”, está diseñada para el sector privado con funcionalidades propias y únicas que mejoran la experiencia de los usuarios de la red. En colaboración con las empresas patrono, IBM y Pladur, empresa líder en placas de yeso laminadas y sistemas, se ideó el desarrollo de una red Hyperledger Fabric en la cual se pudieran registrar los diferentes pasos del proceso de tratamiento de materiales de residuos y la cumplimentación de la documentación oficial de dichos procesos. Hasta la fecha esta documentación se notifica en un documento escrito; el cual, en algunos casos, además de ser fácilmente extraviable podía incluir incongruencias entre empresas en fechas o cantidades. Precisamente, es en estos campos donde las propiedades tan afamadas de esta tecnología supondrían una mejora sustancial para la industria.

Siguiendo esta idea el equipo colaborador con IBM-Pladur fue asignado una serie de retos para crear una POC o prueba de concepto y demostrar la viabilidad del plan de desarrollo:



- **Familiarización con la tecnología de Hyperledger Fabric.** DLT es una tecnología que avanza rápido y HF no es una excepción. El primer paso del proyecto sería la familiarización del equipo con la tecnología empleada.
- **Traslación del documento de certificación a la blockchain y desarrollo de un SmartContract.** Las transacciones de este formato de redes están regidas por la lógica de los denominados Smart Contracts. En este caso se habrá de desarrollar esta lógica de manera que sea capaz de almacenarse los documentos de certificación de la industria de la manera más intuitiva posible. Además, estos documentos se rellenan de manera secuencial, lo cual también quedará grabado en la red.
- **Desarrollo de una aplicación e interfaz web.** Sabiendo que la tecnología no es accesible a todo el mundo, se desarrollará también una capa de “front end” en forma de una web app sencilla para leer y escribir la información de manera más rápida y sencilla. Esta capa se comunicará con la red (“back end”) mediante una aplicación desarrollada con la tecnología de HF.

2. EVOLUCIÓN DEL PROYECTO:

A lo largo de este proyecto se realizaron presentaciones de seguimiento en la cátedra para cada uno de los proyectos de colaboración. Estas reuniones de monitorización tuvieron lugar cada dos semanas y para facilitar el seguimiento de las tareas seguiremos una estructura similar para el desarrollo del proyecto.

Semana 1 y 2: Familiarización con la tecnología y desarrollo de redes con IBM Plugin para VSCode

Durante los primeros días del proyecto el equipo se reunió con Martín Olalla Bonal, nuestro contacto técnico en IBM. Martín, experto en blockchain, explicó durante la primera reunión entre IBM y CICLAB, los objetivos de esta colaboración y las bases teóricas de la tecnología de Hyperledger. Hyperledger es una iniciativa de IBM para introducir redes de blockchain en el sector privado. Hyperledger es un ecosistema que incluye múltiples herramientas, desde estructuras de redes como *Hyperledger Fabric* hasta herramientas de visualización como *Hyperledger Explorer*. También en esta reunión se marcaron los objetivos básicos para este POC que el equipo del CICLAB quedaría encargado de desarrollar:

- Comprensión del funcionamiento y la arquitectura básica de una red de *Hyperledger Fabric* y del comportamiento de sus nodos.
- Despliegue de una red básica de *Hyperledger Fabric* en VS Code.
- Diseño y organización del trabajo.
- Diseño del flujo de trabajo.
- Creación del Smart Contract.
- Web App para realizar la entrada de datos:
 - o Participantes
 - o Residuos
 - o Proceso
 - o Subida y Certificación del Documento
 - o Dashboard de Visualización de la información



Para facilitar el seguimiento de este proyecto cabe notar que una red de *Hyperledger Fabric* está compuesta por una serie de nodos con diferentes labores. Los *peer nodes* son los nodos estándar de este tipo de redes. En su versión más básica los *peers* almacenan una copia del *general ledger* de la blockchain donde se almacenan todas las operaciones realizadas. Un *orderer node* posee privilegios mayores que los *peer nodes* capaces validar las transacciones y gestionar los permisos de los diferentes accesos o *gateways*. Un usuario de la red tendrá acceso a la misma a través de estos *gateways* y validando su identidad mediante la herramienta CA o *Certificate Authorities*. Además, en paralelo a todos estos nodos un red *Hyperledger Fabric* tiene una característica única que la diferencia de otras redes de blockchain, la inclusión de una base de datos puramente para lectura de información. Esta herramienta – *CouchDB* – se emplea para facilitar la lectura de entradas en la blockchain muy antiguas, dado que para navegar por una cadena de blockchain sin *CouchDB* habría que rehacer secuencialmente todos sus bloques hasta llegar al indicado.

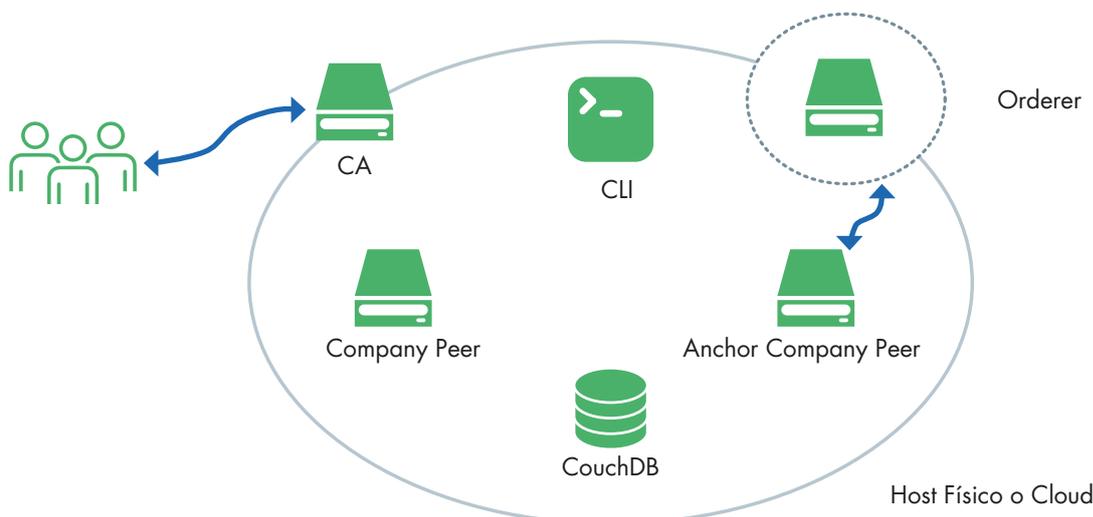


Figure 2.1: estructura de una red hyperledger fabric

El siguiente paso lógico para comprender de mayor manera el comportamiento de la red de *Fabric* fue construir una red local sencilla mediante el plugin de IBM para VS Code. Este plugin está disponible en el *Marketplace* de Visual Studio Code para instalación y descarga de plugin, y su propósito es facilitar la creación de una red de *Fabric*.

Inmediatamente después de terminar la formación, el equipo del CICLAB se lanzó a montar la primera red de prueba. Dicha red no solo amplió el conocimiento del comportamiento de la red sino que ayudó a desarrollar el primer prototipo de *chaincode* en el cual se estableció el comportamiento básico de la futura red definitiva. *Chaincode* es todo set de instrucciones que rige el comportamiento de las transacciones en la red de *Fabric*, en este prototipo de *chaincode* se diseñaron el flujo de datos y la traducción del documento a una estructura digital manejable por la blockchain.

Para poder crear redes de blockchain necesitamos la instalación de la herramienta Docker, que facilitó la creación de contenedores y la gestión de los mismos para las diferentes entidades de la red.



DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS

(Artículo 6 del R.D. 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado. B.O.E. nº 171 del 19/06/2020)

Documento de Identificación nº. _____

DATOS GENERALES DOCUMENTO IDENTIFICACIÓN					
Notificación previa (NT)					
Fecha inicio de traslado:					
INFORMACIÓN RELATIVA AL OPERADOR DEL TRASLADO					
N.I.F.	«OPE_NIF»	Razón social/Nombre	«OPE_NOMBRE»		
NIMA	«OPE_NIMA»	Nº inscripción	«OPE_REGPG_NumInscripcion»	Tipo Operador Traslado	«OPE_TIPO»
Dirección:	«OPE_DIRECCION»				C.P. «OPE_CP»
Municipio	«OPE_MUNICIPIO»	Provincia	«OPE_PROVINCIA»		
Teléfono	«OPE_TELFONO»	Correo electrónico	«OPE_IEMIL»		
INFORMACIÓN RELATIVA AL ORIGEN DEL TRASLADO					
Información del centro productor o poseedor de residuos o de la instalación origen del traslado:					
NIF	«CLI_NIF»	Razón social/Nombre	«CLI_RAZON_SOCIAL» / «CLI_NOMBRE2»		
NIMA	«E3L_CLI_CENTRO»	Nº inscripción	«CLI_NUMAUTORIZACION»	Tipo centro Productor	«CLI_TIPCE»
Actividad económica	«CLI_CNAE»				
Dirección	«CLI_DIRECCION»				C.P. «CLI_CODPO»
Municipio	«CLI_LOCALIDAD»	Provincia	«CLI_PROVINCIA»		
Teléfono	«CLI_TLF»	Correo electrónico	«PROD_EMAIL»		
Información de la empresa autorizada para realizar operaciones de tratamiento de residuos, incluido el almacenamiento, en caso de que el origen del traslado sea una instalación de tratamiento de residuos					
NIF	«ORI_EMPAUT_NIF»	Razón social/Nombre	«ORI_EMPAUT_NOMBRE»		
NIMA	«ORI_EMPAUT_NIMA»	Nº inscripción	«ORI_EMPAUT_REGPG_NumInscripcion»	C.P.	«ORI_EMPAU»
Dirección	«ORI_EMPAUT_DIRECCION»				
Municipio	«ORI_EMPAUT_MUNICIPIO»	Provincia	«ORI_EMPAUT_PROVINCIA»		
Teléfono	«ORI_EMPAUT_TELFON»	Correo electrónico	«ORI_EMPAUT_IEMIL»		
INFORMACIÓN RELATIVA AL DESTINO DEL TRASLADO					
Información de la instalación de destino					
NIF	«GES_NIF»	Razón social/Nombre	«GES_RAZON_SOCIAL» / «GES_NOMBRE2»		
NIMA	«E3L_GES_CENTRO»	Nº inscripción	«GES_N_AUTOR»	Tipo centro gestor	«GES_TIPCE»
Dirección	«GES_DIRECCION»				C.P. «GES_CODP»
Municipio	«GES_LOCALIDAD»	Provincia	«GES_PROVINCIA»		
Teléfono	«GES_TLF»	Correo electrónico	«GES_IEMIL»		

Figure 2.2: Snippet del documento de identificación de residuos y las secciones a rellenar.

El documento en cuestión es el formulario de identificación de residuos empleado a todos los niveles de la industria. En este documento figura la información de todas las localizaciones que ha hospedado al material y todas las empresas que han organizado la gestión de este. Cada una de estas empresas y localizaciones tiene unas propiedades las cuales deberán quedar registradas en la red. Para asignar estas propiedades se ha creado en el *SmartContract* programado en *GoLang* una estructura de mapas para cada uno de estos elementos. Por ejemplo, una empresa cualquiera tendría una estructura similar a la siguiente:

```

Empresas[NIF]=map[string]string{ //Insert the company's data into
the map
    "NIF":NIF,
    "Razon social":Razon_social,
    "NIMA":NIMA,
    "Numero de inscripcion":Numero_Inscripcion,
    "Tipo de centro/operador":Tipo_Centro,
    "Direccion":Direccion,
    "CP":CP,
    "Municipio":Municipio,
    "Provincia":Provincia,
    "Telefono":Telefono,
    "Correo":Correo_electronico,
    "Actividad":Actividad,
}
    
```



De esta manera dentro del mapa de cada empresa tendremos los campos a rellenar, y cada uno de los mapas de las empresas y localizaciones se exportaría a un mapa superior que abarca todo el documento.

Este contrato en *Golang* por un motivo desconocido fue imposible de importar a una blockchain mediante el plugin de IBM para VSC. Estas incompatibilidades impidieron el progreso por esta vía de trabajo, teniendo que tomar una decisión el equipo decidió bajar a un nivel más bajo y trabajar con el SDK de *minifabric*.

Semana 3 y 4: Minifabric y Fabric Samples

Minifabric como se ha mencionado con anterioridad es un Kit de Desarrollo de Software – SDK por sus siglas en inglés – que facilita el desarrollo y construcción de una red de *Fabric* en un entorno local.

El objetivo al emplear este SDK era doble:

- Poder desarrollar nuestro *Chaincode* / *Smart Contract* y comprobar su funcionamiento de manera más sencilla.
- Aprender a generar diversos elementos de la red y trabajar con *canales* y *organizaciones*.

En una red de *Fabric* se tienen dos elementos de organización. Los *canales* y las *organizaciones*.

Las *Organizaciones* son conjuntos de *peers* con un mismo certificado de identidad organizativa. En la red se distinguen por que comparten dominio. Un *Canal* es una entidad de nivel igual o superior. Los *canales* son lugares virtuales dentro de la red por los cuales diferentes *organizaciones* pertenecientes al *canal* pueden realizar operaciones entre ellas a las cuales solo pueden acceder miembros del *canal*. De esta manera el espacio de la red se subdivide en espacios más seguros para la comunicación.

La SDK de *Minifabric* – disponible en github bajo una licencia “open source” – ayuda a levantar redes con facilidad. De manera genérica, *minifabric* levantaría una red con 4 nodos *peer*, dos por cada una de las *organizaciones* también creadas en la red, y un nodo *Orderer* para gestionar las operaciones. En el caso de este proyecto no se requirió más para probar y mejorar el *Chaincode* pero con un simple archivo de *configuration.yaml* que siga los estándares disponibles en el github se puede personalizar los nodos de la red.

Debido a que *minifabric* es una SDK independiente del plugin de IBM, se hubo de cambiar todo el formato del *Chaincode* completamente lo cual, aunque se mantuvo la lógica intacta, supuso un retraso significativo. Aun así, este periodo de transición sería necesario para cuando se pase a *fabric-samples* como se comentará más adelante.

El trabajar en *minifabric* ayudo a solventar varios problemas con los *Smart Contracts*:

- Refuerzo de la lógica del problema para la creación de documentos de gestión de residuos y sus campos. Ampliación de la capacidad de manipular estos documentos.
- Ampliación para la creación de mapas de datos identificativos de empresas y residuos que se guarden en la red.
- Implementación de una lógica de seguridad para asegurar la no edición de campos una vez finalizado el documento.



Al finalizar la semana 3, el equipo había terminado de crear un documento de lógica capaz de cumplir todos los puntos para los que fue diseñado. En una reunión sobre estas fechas, Martín y el equipo de apoyo de IBM sugirió en una de las reuniones de seguimiento trabajar incluso a un nivel más bajo con la utilización de *fabric-samples*.

Fabric-samples es la semilla de una red de *fabric*. Esta herramienta es la base sobre la que los demás SDKs de *Fabric* están contruidos. Por ello se requirió un tiempo de aclimatación al entorno de trabajo. Para poder trabajar con *fabric-samples* el equipo se tuvo que instalar una distribución de LINUX en la forma de un WSL (Windows Subsystem for Linux). *Fabric-samples* tiene una manera de desplegar la red muy similar a *minifabric* mediante un shellscrip se llamaría a la instalación de una carpeta de *fabric-samples* la cual posee todos los datos, objetos y binarios necesarios para la creación de la red.

Para lanzar una red de *fabric-samples* se necesitaba empaquetar el código de los contratos en formato “.tar.gz” de manera similar a como lo hacía el plugin de IBM, pero con una estructura de código similar a la que empleamos para *minifabric*.

Con esto se había cumplido la mayoría de los objetivos para el “backend” de nuestra POC, pero para completarla se necesitaría construir el “frontend” y completar la lógica del único contrato que se eludía. Para asegurar la verificación del documento se planeaba subir junto con el mapa de datos el *hash* de una imagen del documento como forma de verificación.

Últimas semanas: desarrollo del “front end” y finalización del proyecto.

A lo largo de las dos semanas anteriores a la última presentación el equipo se centró en el desarrollo de la aplicación web. Esta aplicación tenía el propósito de facilitar las interacciones del usuario con la blockchain, especialmente en los casos en los que este no estuviera familiarizado con el manejo de la consola del subsistema de Windows.

De la presentación con Martín del anterior jueves se sabía que el lenguaje de programación que se había usado para el desarrollo del Smart Contract y para la aplicación tenía una extensión llamada net/http. Esta extensión permite implementar funciones de http para clientes y servidores, que solicitan información a los usuarios en el frontend para mandársela a al servidor o backend, que en nuestro caso sería la red blockchain. Esto se realiza mediante *requests* de formato http que pueden llamar a código HTML, que permite crear una interfaz en un browser para su visualización.

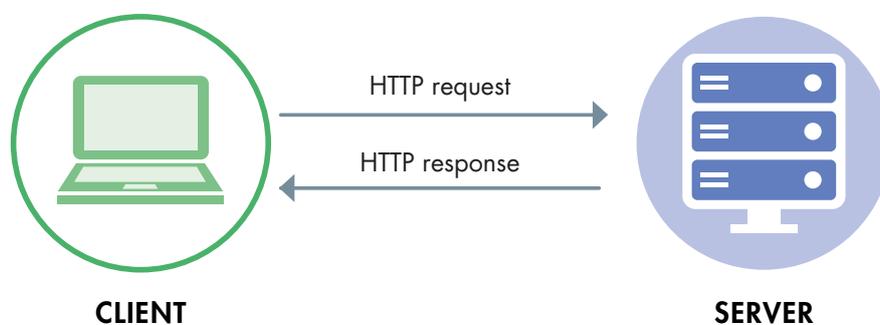


Figure 2.3: Diagrama de la comunicación Cliente y Servidor



Sin embargo, esta implementación fue puramente local, ocurriendo todo en el mismo ordenador (cliente y servidor) ya que la red de fabric se diseñó de manera local y no tenía sentido que la aplicación web no lo fuera. Sin embargo, si se continuara con el desarrollo del proyecto para instalar la red de fabric en múltiples ordenadores, sería suficiente con adaptar el código de la aplicación web.

El primer paso fue leer y analizar casos de uso de la extensión net/http para entender su funcionamiento y posibles limitaciones. Una vez el equipo se familiarizó con la estructura que se debía seguir a la hora de programar funciones y con los nuevos lenguajes usados se comenzó a programar la aplicación web. Dado que ya se había creado una aplicación para facilitar la interacción con la red de fabric se tenía una idea de la estructura que se debía seguir y de lo que debía hacer cada función.

A la hora de programar los archivos HTML y CSS se tomó la decisión de utilizar una herramienta de creación de páginas web (Nicepage), que permite copiar plantillas preprogramadas o crearlas de manera intuitiva para no tener que codificar la estructura y presentación de la página web, que puede ser tedioso.

A continuación, se muestra el set de front-end que se fabricó para este proyecto.



Figure 2.4: Menú principal de la interfaz de inserción de datos diseñada.

Se ha diseñado un menú principal que proporciona un sistema de navegación para la red. Las diversas opciones representan todas las operaciones que se han diseñado a lo largo de las semanas para la chaincode.



Figure 2.5: Creador de documentos diseñado.



Cada una de estas opciones despliegan una serie de formularios o cuadros de texto con las opciones deseadas. Cabe notar que no solo se puede introducir documentos en la red de blockchain sino que además se pueden añadir empresas y residuos para facilitar el relleno de datos de dicho formularios.

Salir al menú principal

PLADUR®

a.ID:12345

b.Datos generales:

Fecha Inicio Traslado:2022-07-07
 NT:2
 x.Hash:044411db272f9a34323e8ae29a9693d55980af0b0597118e897c02205d5a93f0

c.Operador:

d.Origen:

MENÚ PRINCIPAL

PLADUR®

Nueva empresa

NIF

Razón social

NIMA

Número de inscripción

Tipo de centro/operador

Dirección

Código Postal

Municipio

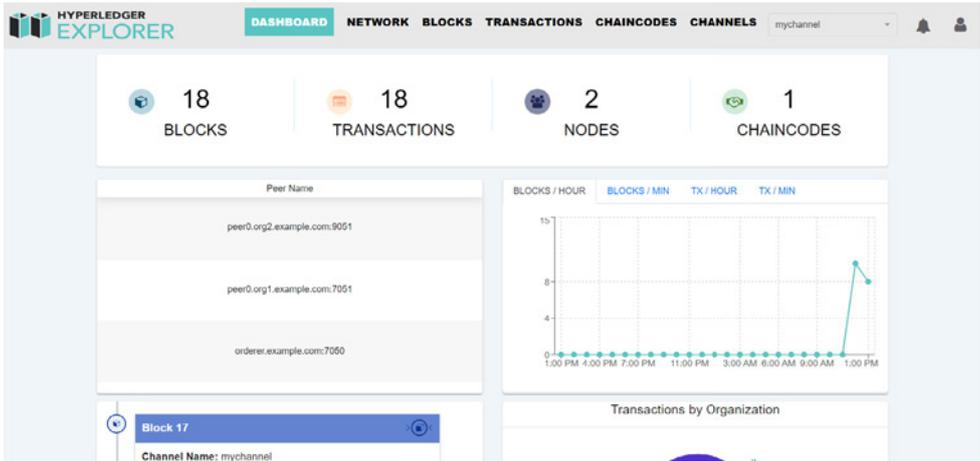


Figure 2.6: Dashboard principal del Explorer Tool.



La herramienta de Explorer – también disponible desde el menú principal – presenta una fuente de información mucho más profunda de la red. Esta herramienta permite analizar información de las transacciones, como los *hash*, las fechas de transacción, los operadores involucrados etc. Además, permite conocer los *chaincode* cooperativos y gestionar nodos y bloques.

Creator	Channel Name	Tx Id	Type	Chaincode	Timestamp
Org1MSP	mychannel	ec52of...	ENDORSER_TRANSACTION	Contrato	2022-07-14T11:46:27.825Z
Org1MSP	mychannel	35c783...	ENDORSER_TRANSACTION	Contrato	2022-07-14T11:30:05.216Z
Org1MSP	mychannel	0454e4...	ENDORSER_TRANSACTION	Contrato	2022-07-14T11:17:20.819Z
Org1MSP	mychannel	423a26...	ENDORSER_TRANSACTION	Contrato	2022-07-14T11:16:49.937Z
Org1MSP	mychannel	3b1978...	ENDORSER_TRANSACTION	Contrato	2022-07-14T11:15:41.742Z
Org1MSP	mychannel	Rf186...	ENDORSER_TRANSACTION	Contrato	2022-07-14T11:12:24.721Z
Org1MSP	mychannel	fad173...	ENDORSER_TRANSACTION	Contrato	2022-07-14T11:10:11.252Z

Figure 2.7: Menú de transacciones de Explorer.

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS:

El equipo asignado al proyecto ha cumplido con los objetivos y ha presentado un resultado satisfactorio al final de las prácticas. Se ha logrado crear una red blockchain basada en la arquitectura *hyperledger fabric*, diseñar y programar un *smart-contract* que permitiera las transacciones solicitadas por la empresa patrono IBM y codificar una aplicación web para facilitar las interacciones con la red y permitir en un futuro proyecto deshacerse de la limitación local.

A lo largo del proyecto se han debido sobrepasar numerosos contratiempos para llegar a ese resultado. El primero que se encontró fue aprender sobre la nueva tecnología que debía usar, las redes blockchain, y los nuevos lenguajes de programación que estas requerían. Este obstáculo era de esperar al embarcarse en el proyecto, pero no por ello fue más sencillo de superar que los demás, ya que la tecnología usada es muy reciente y por tanto hay escaso material. El siguiente obstáculo que se presentó fue la limitación de *minifabric*, la primera arquitectura usada basada en fabric simples, que no permitía la implementación de redes no locales. Esta limitación se presentó después de haber trabajado con la red, por lo que hubo que retroceder y adaptar el trabajo realizado a la nueva arquitectura, *fabric-samples*. El último de los principales desafíos a los que el equipo se enfrentó fue el uso de la extensión *net/http* del lenguaje Go, que a su vez implicaba el uso de HTML, CSS y JavaScript.

De cara a los siguientes pasos a tomar, si quisiera seguir con el proyecto se debería adaptar la red para que se pudiera interactuar con múltiples ordenadores. Por ahora el proyecto es una prueba de concepto, pero la fuerza de la tecnología blockchain proviene de la interconexión entre los peers, que garantizan la seguridad de las transacciones. En el caso presentado, al tratarse de un solo ordenador, bastaría con acceder a este para comprometer la seguridad de la red. Sin embargo, adaptar el proyecto no sería una labor muy extensa, ya que la *fabric-samples* permite conectar múltiples ordenadores y únicamente había que adaptar parte del código, principalmente el de la aplicación web.



ID LOGISTICS

Optimización de los procesos y funcionamiento de los Cobots autónomos para una operación de Picking unitario de E-Commerce

 Alumnos

Lucía Gómez del Río
Jaime Jarauta Gastelu
Daniel Navaridas Alejano

Juan Pérez Vilanova
Álvaro Ruiz Cabrera
María Paloma Vázquez Pérez-Palencia

1. INTRODUCCIÓN

El reto presentado por ID Logistics consiste en el estudio de la implementación de robots autónomos en el proceso de elaboración de los pedidos en un almacén. ID Logistics es el encargado de almacenar los productos y desarrollar las operaciones de los pedidos e-commerce de varios grupos textiles de relevancia en el mercado español.

Actualmente, con la finalidad de optimizar y aumentar el rendimiento de sus actividades, ID Logistics tiene implementados los robots Locus en uno de sus almacenes. Por ello, nos propone el reto de estudiar la viabilidad de dicha implementación en otra de sus localizaciones.

ID Logistics, al plantear la implementación en esta segunda ubicación, se encontró con varios problemas. Por un lado, la variabilidad de volúmenes diaria hace muy complicado encontrar el número de robots óptimo, y por otro, los almacenes tienen un layout muy diferente, y por ello, la nueva implementación LOC2 no sería parecida a la primera.

Por tanto, se ha decidido plantear el proyecto de la siguiente forma. Inicialmente, analizar el flujo de pedidos que hay en cada almacén y la información ya disponible de la actividad de los robots en la ubicación con robots en operación (LOC1), sin usar los modelos creados para su implementación. Posteriormente, simular el comportamiento de dichos robots en la nueva localización (LOC2).

En conclusión, el objetivo que se pretende alcanzar consiste en analizar los tiempos en los que se elaboran los pedidos para así poder optimizarlo.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. Primeros Pasos

Las primeras semanas de proyecto se intentó realizar un análisis de los datos de los pedidos del almacén de LOC2 proporcionados, pero dicho análisis resultó necesitar de mucho tiempo de procesamiento, debido a la gran cantidad de datos. Sólo se pudo hacer un análisis de los datos del funcionamiento de los robots en LOC1, y por tanto de los pedidos en dicho almacén.

También se hizo especial hincapié en entender el funcionamiento de los almacenes, tanto con robots autónomos como sin ellos. Por este motivo se realizó una visita a cada almacén para familiarizarnos con el entorno y observar a los robots funcionando.

Gracias a lo anterior, se pudo enfocar la principal vía de estudio del proyecto, que consiste en el estudio del tiempo de elaboración de los pedidos. Mediante el estudio de dicho tiempo, se observó que sería posible optimizar el número de pedidos que podrían recoger los robots y por tanto encauzar su simulación en el layout del almacén de LOC2.



2.2. Simulación

2.2.1. Planteamiento

Los siguientes pasos fueron intentar enfocar la simulación. Se propusieron varias formas de simularla y modelarla con Python, Gams, Unity, etc. y a corto plazo se ha optado por elaborarla en Python.

Antes de empezar a comentar la simulación, es necesario explicar el funcionamiento del almacén, concretamente el de LOC1; pues es en el cual los robots están ya en funcionamiento. El almacén está dividido en filas de estanterías y en cada estantería hay huecos en los que están dispuestas caóticamente las prendas.



Ilustración 2. Detalle del layout de LOC1

El flujo del almacén es tal que se generan olas de pedidos a diferentes horas. Las olas están compuestas por "misiones", las cuales se asignan a cada robot. Una misión está formada por un número diferente de pedidos en función del volumen de las prendas, ya que los robots tienen un límite de capacidad de transporte, y se divide en tres etapas: "start", "picking" y "packing":

- **"Start"** corresponde con el momento en el que se le asigna dicha misión al robot y este genera la ruta óptima que va a recorrer durante el "picking". Además, se le asigna un "tote", que es el contenedor en el que se van depositando las prendas. Dichos "totes" pueden disponer de 6, 9 o 12 departamentos, de tal forma que cada uno corresponde con un pedido. Estos departamentos albergan las prendas correspondientes a dicho pedido.
- **"Picking"** es la etapa en la que el robot recorre las localizaciones de las prendas y completa los pedidos. Esta etapa comienza cuando el robot empieza a moverse hacia la primera localización. Cuando la alcanza, el robot se para y un operario se acerca a la posición para realizar el "pick" de la prenda. Este escanea su referencia y la coloca en el departamento correspondiente. Una vez la ha colocado, el robot está listo para ir a la siguiente localización y comienza un ciclo de recogida de prendas.

En esta etapa cabe mencionar los distintos tiempos en los que el robot se encuentra haciendo varias actividades.

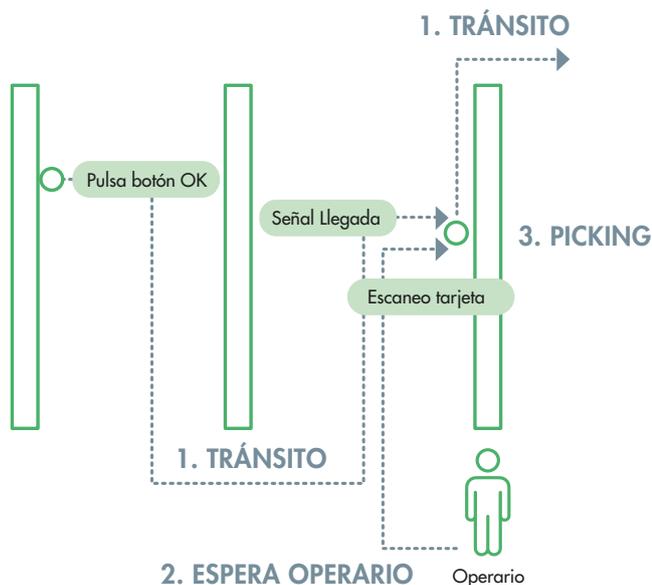


Ilustración 3. Representación gráfica del proceso de elaboración de un "pick"



Ilustración 4. Tiempos implicados en la elaboración de un "pick"

Momento salida: empieza el recorrido hacia la primera localización.
Tiempo de tránsito: tiempo que tarda en ir de una localización a la siguiente.

Momento llegada: llega a la localización del artículo.
Tiempo de espera al operario: Locus ha llegado a la localización y está a la espera de que un operario realice la operación de picking.

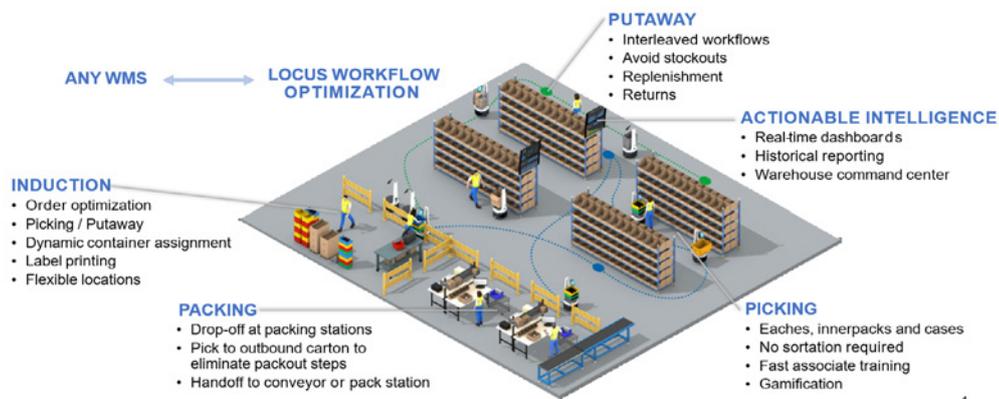
Momento tarjeta: el operario llega a la localización y por Bluetooth Locus le reconoce.
Tiempo de picking: lo que tarda el operario en realizar la operación de picking.

Momento salida: el picking actual ha terminado y Locus se dirige hacia la siguiente localización.



- Una vez ha recogido todas las prendas, finaliza la etapa de “picking” y comienza la de “**Packing**”. El robot se dirige a la zona de descarga de los pedidos, y una vez llega, finaliza su misión. En la zona de descarga, los operarios vacían el “tote” y empaquetan los pedidos de tal forma que están listos para su envío.

COMPREHENSIVE ROBOTICS-ENABLED WAREHOUSE EXECUTION PLATFORM



1

Ilustración 5: Proceso de elaboración de los pedidos por los robots

2.2.2. Estructura

El enfoque propuesto para la simulación en LOC2 es muy parecido al actual funcionamiento de los robots en LOC1. Además, cabe señalar que el almacén de LOC2 dispone de 2 plantas mientras que el de LOC1 sólo abarca 1 planta. A continuación, se explicará paso a paso el discurso de la simulación planteada en Python. En cada planta se realizará una simulación distinta, en la que sólo variará el layout, pues es la única diferencia entre ambas. De tal forma, los robots estarían funcionando en una planta o en la otra, y no existiría comunicación entre ellas.

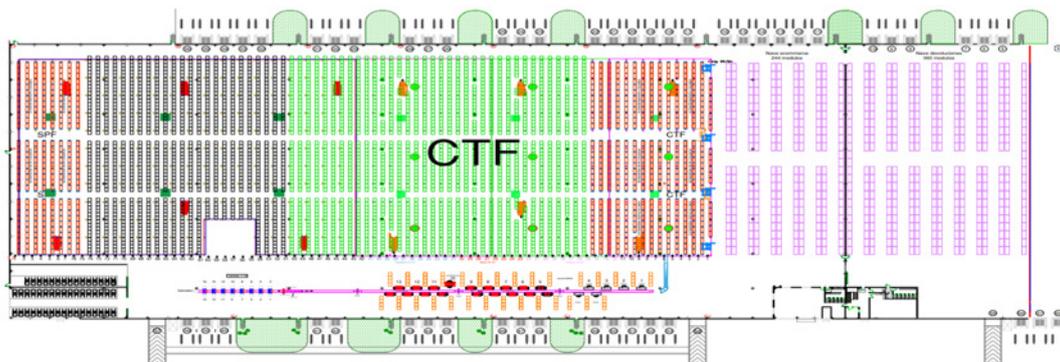


Ilustración 6. Detalle deñ layout de la planta baja de LOC2

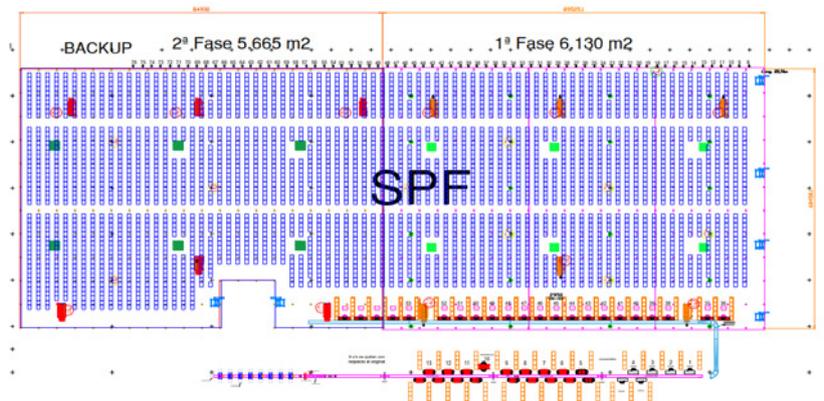


Ilustración 7. Detalle del layout de la planta alta de LOC2

En primer lugar, se han creado dos clases distintas, una de robots y otra de humanos (operarios). Como el principal objetivo es ver si es viable el funcionamiento de los robots en LOC2 y, en consecuencia, proponer el número óptimo de robots y operarios necesarios para ello, se probarán combinaciones de instancias para ambas clases.

Generar ola de misiones

Se generará una ola de misiones cada 2 horas, las cuales serán asignadas posteriormente a los robots. Para ello, se ha creado la función **GenerarOla**, que será llamada desde el Main cuando corresponda. Esta generará aleatoriamente el número de misiones que tendrá dicha ola. Este número oscilará en un rango específico, pues el número de misiones necesarias depende del momento del día (por la mañana las olas serán de más misiones debido a la aglomeración de pedidos generados la noche anterior).

Para cada misión, se genera un determinado número de pedidos, teniendo en cuenta que las prendas almacenadas en LOC2 tienen un volumen mayor a las de LOC1. Por ello sus "totes" tendrán una capacidad de 4, 6 y 9 pedidos. Además, a cada pedido se le asignará aleatoriamente un número de entre 1 y 6 artículos. Una vez realizadas estas asignaciones para cada robot, se procederá a asignar las localizaciones de las prendas de cada misión.

Generar misiones

Para ello, se ha creado la función **GenerarMision**, encargada de generar tantas localizaciones aleatorias como prendas tenga la misión, y que será llamada desde GenerarOla tantas veces como misiones se hayan creado. Dicha función tiene dos funcionamientos distintos, dependiendo de la demanda. Si el almacén se encuentra en período de pico, es decir, de alta demanda, las localizaciones se concentrarían en un sector específico, y si, por lo contrario, se encontrara en período de valle, es decir, de baja demanda, las localizaciones estarían dispersas por todo el almacén. Esto se debe a que, al haber un mayor número de artículos en el almacén en el periodo de pico, es más probable encontrar el artículo buscado en una posición próxima.

La función anterior genera localizaciones en el mapa de la planta del almacén, diseñado en una matriz. Se ha asignado un 1 a las celdas de la matriz por las que no podría circular en robot, ya que hay estanterías, escaleras o columnas, y un 0 por donde tiene libertad para ello.

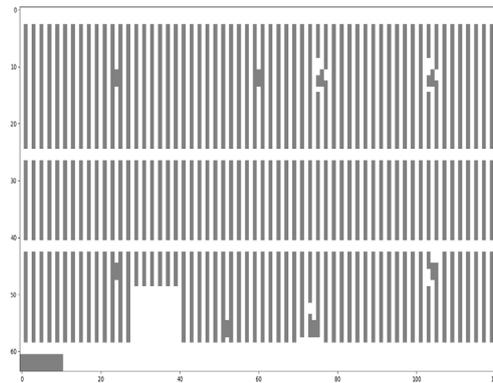


Ilustración 8. Detalle del layout de la primera planta de LOC2 en Python

Por tanto, las localizaciones generadas por la función corresponden con las celdas en las que el robot tiene que pararse, es decir, posiciones en las que el mapa tiene valor 0. Cabe destacar que los robots parten siempre de un mismo lugar, donde teóricamente se le colocaría el "tote". Esto conllevará que la primera localización de todas las misiones será la misma.

Las localizaciones generadas por función `GenerarMision` son ordenadas de forma que el robot tenga que recorrer la mínima distancia. Lo que devuelve esta función es una lista de tuplas con las localizaciones ordenadas.

Generar ruta

A continuación, se le asigna la primera ruta que tiene que recorrer el robot para llegar a la próxima localización. Para ello, se ha creado la función **GenerarRuta** haciendo uso del algoritmo A*. Esta función genera la ruta óptima por la que debe circular el robot. Será llamada cada vez que el robot alcance una localización, y por tanto generará la ruta entre la localización actual y la siguiente.

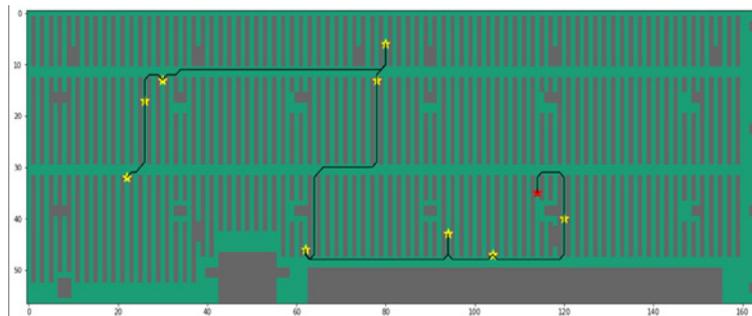


Ilustración 9. Generación de varias rutas para un mismo robot en Python

Al asignarle la ruta al robot, este comienza a circular. Una vez el robot ha llegado a una localización, es decir, el destino de la ruta, un operario tiene que ir a ella para realizar el "picking" del artículo. Irá a dicha posición el humano que se encuentre más cerca, quedando el robot parado esperando a que llegue. Una vez el humano ha llegado a la localización del robot, se crea un delay de entre 10 y 15 segundos, correspondiente al tiempo que tardaría el humano en coger la prenda y meterla en el "tote". Para generar la ruta del humano se usará también la función `GenerarRuta`.



El ciclo anterior se repite tantas veces como prendas tenga que recoger el robot. Una vez el robot haya completado todas las localizaciones, irá a la zona de “packing” en la que teóricamente un operario descargaría los artículos del tote para su empaquetamiento. En la zona de “packing” estará X tiempo y volverá a la posición de reposo, posición que coincide con el inicio de las rutas.

En la zona de reposo habrá una cola de robots que empieza en la posición desde la cual salen todos los robots. En esa misma fila se irán disponiendo los robots en orden de llegada. Una vez sale el primer robot para comenzar su misión, todos los que están detrás avanzarán una posición.

Gestión de conflictos

En cada iteración se comprobará si la ruta de un robot tiene o va a entrar en conflicto con la ruta de otro. Para ello, se ha creado la función **GestionConflictos**. A dicha función le llega la posición actual y la próxima de cada robot. Analiza si en ese momento o en el próximo un robot va a interferir en la ruta de otro. Si esto ocurre, el primer robot al que se le haya detectado dicho conflicto se desviará, y buscará otro camino por el que ir desde la posición actual a su destino. Para ello, esta función llama a GenerarRuta enviándole un mapa en el que temporalmente se le asigna un 1 a la posición del otro robot, y se genera una nueva ruta teniendo en cuenta el obstáculo encontrado.

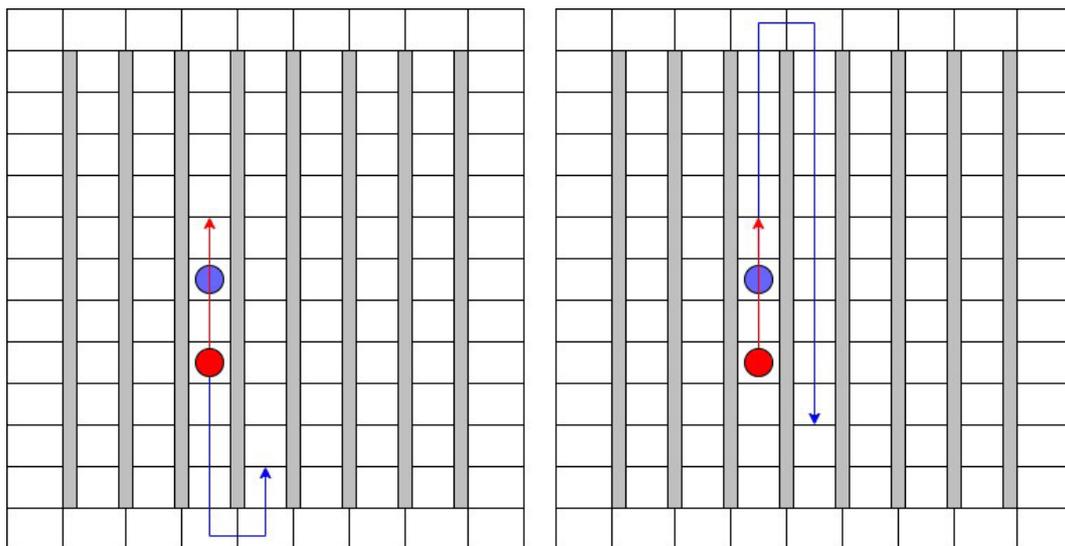


Ilustración 10. Ejemplo de la solución de un conflicto entre 2 robots

Proceso de la simulación

El siguiente paso es acoplar todas las funciones creadas, elaborando el proceso que ha de seguir el sistema. El esquema general de pasos que deberá seguir es el siguiente:

- En un primer lugar, se pedirá al usuario que determine una serie de parámetros a través de una interfaz.
- A continuación, se realizará una inicialización del sistema, donde se llevarán a cabo una serie de operaciones necesarios para el funcionamiento del sistema.
- Finalmente se encuentra el ciclo de trabajo principal, consistirá en un bucle que terminará cuando el tiempo de la simulación sea mayor que le tiempo prefijado.

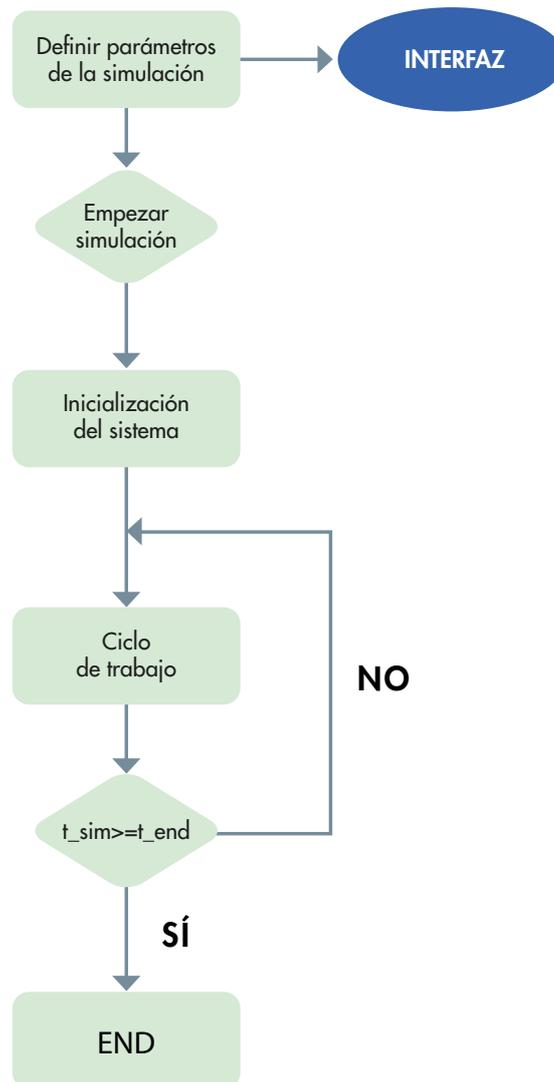


Ilustración 11: Diagrama del funcionamiento general de la simulación.

Definición de los parámetros de la simulación

La definición de los parámetros se realiza en una interfaz, tal y como se ha comentado previamente. En dicha interfaz, que se puede observar en la Ilustración 12, se pueden configurar los siguientes parámetros:

- Selección del mapa: LOC1, LOC2 SPF, LOC2 CTF
- Elección del número de robots
- Elección del número de humanos y su tipo de movimiento (caótico o de un lado a otro)
- Elección del número de días de alta y baja demanda
- Elección del número de pedidos por misión y el número de artículos por pedido
- Elección del número de olas y las misiones por ola



ID Logistics - Warehouse Simulation

Mapa

LOC1

Guardar

Número de robots

Número de humanos

Tipo de movimiento humano

Caótico

Guardar

Demanda

Días de alta demanda:

Días de baja demanda:

Guardar

Pedidos

Números de pedidos por misión:

Números de artículos por pedido:

Guardar

Olas

Número de olas:

Número de misiones por ola:

Guardar

Resumen

Mostrar los parámetros introducidos

Ilustración 12: Interfaz para la definición de los parámetros

Inicialización del sistema

En esta parte del proceso se realizarán todas aquellas operaciones que solo sea necesario obtener una vez. En la inicialización se obtendrán los siguientes parámetros:

- Generar el mapa seleccionado
- Crear las instancias de los robots y colocarlos en su posición inicial
- Crear instancias de los operarios y colocarlos en la posición requerida

Ciclo de trabajo principal

El ciclo de trabajo principal presentará la siguiente forma:

1. En primer lugar, se generará una ola de misiones en el caso de que haya pasado el tiempo entre ola y ola. En caso contrario se avanzará a la siguiente operación.
2. A continuación, se llevará a cabo un proceso de asignar misiones a robots. En el caso de que en la lista de misiones haya una misión sin un robot asignado y exista un robot que no esté realizando ninguna misión, ambos se enlazarán.



3. El siguiente paso es generar las rutas tanto de los robots como de los operarios. Un robot generará una nueva ruta cuando esté parado y no esté esperando a un operario, es decir, el operario ya habrá realizado el picking. Un operario generará una nueva ruta cuando exista un robot parado y esperando a un operario, y dicho operario sea el humano inactivo más cercano.
4. Después de esto se realizará un proceso de gestión de conflictos entre rutas. Esta función tendrá en cuenta las dos siguientes posiciones que tendrá cada robot. Gracias a esta información detectará un posible conflicto entre rutas y recalculará la ruta de los robots en caso de ser necesario, para que en la siguiente iteración no haya colisión.
5. Una vez se han depurado las rutas, se actualizará la posición tanto de operarios como de robots. Se modificará su posición a la siguiente de la ruta en caso de ser necesario, teniendo en cuenta para ello la velocidad de cada robot, el espacio recorrido y el tiempo transcurrido.
6. A continuación, se actualizará el estado de cada agente. Los distintos estados que puede presentar los agentes son los siguientes:
Robot:
 - a. Espera.
 - b. Movimiento.
 - c. Llegada al artículo.
 - d. Esperando a que el humano realice el picking.
 - e. Yendo a la zona de packing.Operario:
 - a. Parado.
 - b. Movimiento a por un robot.
 - c. Realizando picking.
7. Guardar los datos necesarios.
 - a. ID del robot
 - b. Número de picks realizados
 - c. Tiempo total en realizar el pedido completo
 - d. Tiempo de espera al humano
 - e. Tiempo de salida
 - f. Misiones que ha completado el robot
 - g. Distancia en casillas
 - h. Distancia en metros
 - i. Intersecciones
8. Actualizar el tiempo de la simulación, en función del periodo de muestreo.



CICLO DE TRABAJO (BUCLE WHILE)

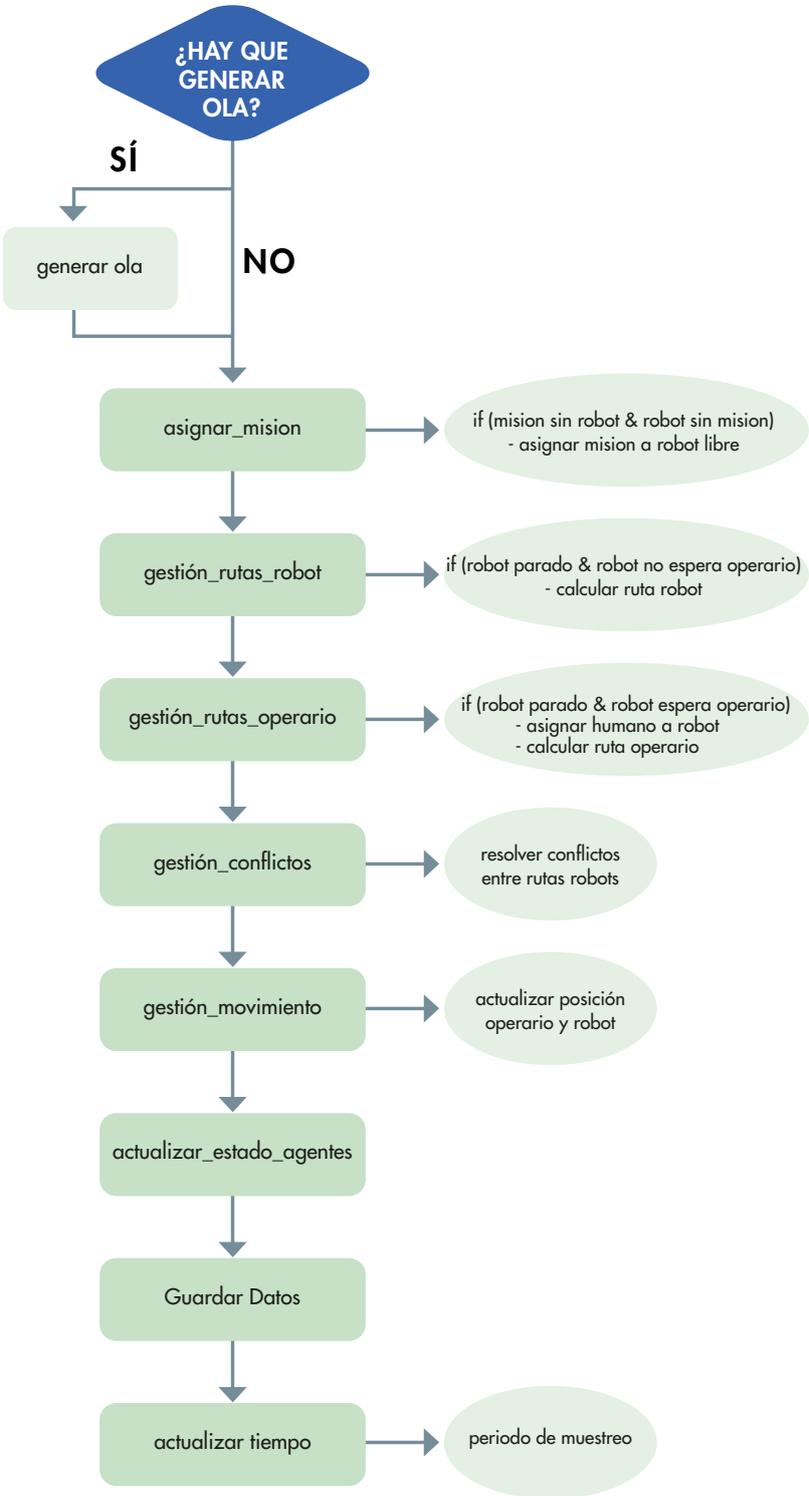


Ilustración 13: Diagrama del ciclo de trabajo principal de la simulación.



9. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

Este proyecto muestra la gran complejidad que rodea la logística de un almacén, sumado además al hecho de implementar una flota de robots autónomos. La cantidad de datos que se manejan, la optimización de los tiempos de todos los procesos, la cantidad de personas y variables que intervienen, son problemas complicados a los que hay que enfrentarse.

Debido a la gran envergadura del proyecto no se ha podido llevar a cabo completamente el desarrollo del mismo y, en consecuencia, obtener los resultados que se pretende conseguir. Este es un proyecto de largo recorrido con el que se seguirá avanzando a lo largo del próximo curso.

Otro de los posibles pasos futuros que se han planteado es implementar la simulación en Unity, con el fin de dar una perspectiva más visual de cómo funcionaría el almacén con la flota de robots. Además, también se intentará analizar los datos que no ha dado tiempo a analizar en esta primera parte del proyecto.

Actualmente se ha conseguido dejar planteado todo el funcionamiento de la simulación, además de realizar el código necesario para poder implementarla. Aunque no se hayan obtenido los datos, el proyecto se encuentra a un paso de poder conseguir todo lo necesario, siendo ya el tiempo para realizar la simulación lo único necesario.



1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene como objetivo mejorar y ampliar la usabilidad de la herramienta de planificación de cubicaje creada en la edición anterior del CICLAB Verano. Esta herramienta consiste en un entorno de visualización del contenido de los contenedores de Pladur usando un entorno tridimensional creado en Unity.

Tras el *deployment* de la herramienta, los operarios tenían distintas peticiones para mejorar el programa. La petición principal era rediseñar los controles de movimiento de los pallets dentro de la simulación ya que se usaba un esquema de controles no estándar. Por otra parte, también pedían que el movimiento de estos fuese tal que hubiese colisiones entre ellos. De esta forma se requiere implementar un sistema de físicas para evitar que se produzca *clipping* entre pallets.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

Durante el desarrollo del proyecto se han solventado las peticiones principales de los usuarios. Por otra parte, se han realizado otras mejoras menores de usabilidad.

Control de cámara

Inicialmente, la cámara se usaba utilizando las teclas WASD del teclado, de esta forma se conseguía poder orbitar la cámara alrededor del punto central del contenedor. Aunque este método de control es completamente válido, tiene el problema de que nos inhabilita de usar estas teclas para el movimiento de los pallets. Para evitarlo, se ha cambiado el modo de control de la cámara de tal forma que esta se controle al mover el ratón mientras se pulsa el botón izquierdo. Además, se ha añadido la posibilidad de hacer zoom en la cámara con la rueda del ratón para facilitar el movimiento preciso de los pallets dentro del contenedor.

Por otra parte, se ha añadido un *gizmo* a la interfaz que permite mover la cámara entre unas vistas predeterminadas y cambiar entre proyección en perspectiva (por defecto) y ortográfica. La cámara ortográfica usada en conjunto con las vistas predeterminadas resulta muy útil a la hora de hacer un movimiento preciso de los pallets, ya que permite tener una vista de perfil, alzado y perfil del contenedor.

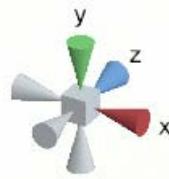


Figura 5 Gizmos de la cámara

Movimiento de pallets

Se ha replanteado también el movimiento de pallets desde cero. De esta forma se pretende conseguir que el movimiento de estos sea mucho más intuitivo. Se ha decidido apostar por otro sistema basado en *gizmos*, de tal forma que al hacer click derecho sobre un contenedor, aparezcan unos ejes sobre este. Al arrastrar estos *gizmos*, el pallet se moverá en la dirección de arrastre.

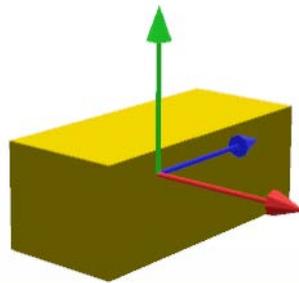


Figura 6 Gizmos de movimiento de pallets.

Este método tiene una gran ventaja respecto a un sistema basado en teclas. El movimiento basado en teclas está basado en un sistema de coordenadas absoluto. De esta forma, el movimiento del contenedor va a ser igual independientemente de la posición de la cámara. Por ello, el usuario ha de saber la orientación del contenedor en el espacio en cada momento para así saber que tecla pulsar.

El nuevo sistema basado en *gizmos* por su parte, no tiene este problema, ya que se ha diseñado para funcionar de tal forma que las ordenes funcionen en un sistema de coordenadas relativo, de forma que, al arrastrar el ratón hacia la izquierda provocará a su vez un movimiento del contenedor hacia la izquierda en la cámara.

Para gestionar las colisiones entre pallets, se ha decidido usar un sistema de colisiones propio, ya que el sistema propio de Unity puede dar errores si se hacen movimientos muy bruscos. De esta forma, se ha creado una matriz de *RayCast* en la dirección del movimiento que se encargan de comprobar si va a ocurrir una colisión inminente, en dicho caso, se frena el contenedor para evitar la colisión.

Por último, cabe resaltar que no se ha desactivado el sistema anterior de movimiento de pallets. Este sistema tiene la ventaja sobre el nuevo de que permite el movimiento de varios pallets a la vez, por lo que podría resultar útil en algunas ocasiones.

3. CONCLUSIONES

La incorporación de estas pequeñas mejoras ha conseguido revolucionar la experiencia de usuario con la herramienta de visualización en Unity, por lo que se puede concluir que este proyecto ha sido satisfactorio de cara a fomentar la utilización de la herramienta en un futuro.



PROSEGUR

Proyecto de robótica en entornos virtuales

Alumnos

Gonzalo Dorao
Pedro Ureña
Raquel González

1. DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS

El reto consiste en simular en un entorno virtual varios robots de los modelos que posee Prosegur. Entre los objetivos se distinguen:

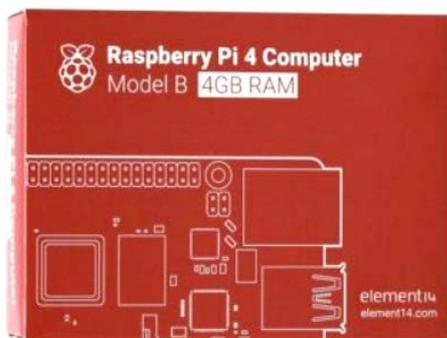
- Controlar el movimiento de los robots
- Establecer trayectorias hasta un punto
- Definir rutas por distintos puntos de un mapa
- Reproducir el entorno de trabajo con dos operadores y una centralita

2. HARDWARE

El entorno de simulación y centralita está instalado en un ordenador portátil, cuyas características son:

- Procesador: Intel® Core™ i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz x 8
- Gráfica: Intel® HD Graphics 530 (SKL GT2)
- Memoria RAM: 16GB

Los dispositivos que simulan el funcionamiento como operadores son Raspberry Pi 4¹ Modelo B (versión 1.5) equipado con 4GB de memoria RAM.



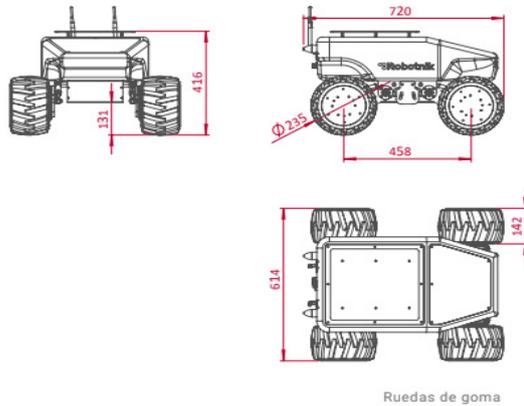
1

<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>

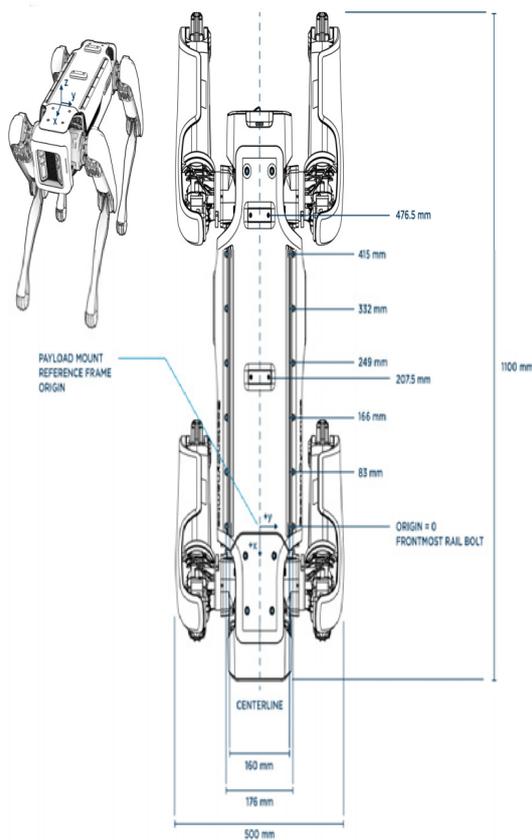


Los modelos de robot que se simulan en el reto son:

- SUMMIT-XL² (Robotnik):



- SPOT³ (Boston Dynamics):



- 2 <https://robotnik.eu/es/productos/robots-moviles/summit-xl-es/>
- 3 https://www.bostondynamics.com/products/spot#id_third



3. SOFTWARE

El software empleado para la simulación de la centralita en el portátil se muestra en la siguiente tabla.

La utilización de **ROS 1 Melodic** en el proyecto y no de ROS 2 es debido a que los robots están diseñados para trabajar con ROS 1 *Melodic*.

ROS 1 permite su instalación en diferentes sistemas operativos⁴. Se ha optado en la centralita por **Ubuntu v18.04.6**⁵ por ser LTS (Long-Term Support) y la instalación es más sencilla que en Windows. En las Raspberry Pi 4 B se ha instalado en **Raspbian Buster**⁶ por la facilidad que da ROS para su instalación en ellas.

Gazebo se ha instalado solamente en la centralita para la visualización del seguimiento. Su instalación es automática con la versión *ros-melodic-desktop-full*⁴.

ROS 1 utiliza **Python 2.7**⁷ por predeterminado.

Para la interfaz gráfica se ha empleado **Tkinter**⁸ dado que es una librería cómoda para el objetivo y compatible con la versión de Python requerida.

Sistema operativo	Ubuntu v18.04.6
Simulador	Gazebo v9.0 ⁹ + Rviz
Robot Operating System, ROS	ROS 1 <i>Melodic</i> ⁴
Python	v2.7.17
Tkinter	for Python v2

El software empleado para la simulación de los operadores en las Raspberry Pi 4 B se muestra en la siguiente tabla. Para mayor comodidad, se ha optado por una conexión remota a las Raspberrys mediante VNC¹⁰ y así poder manipularlas mediante otros dispositivos.

Sistema operativo	Raspbian Buster
Robot Operating System, ROS	ROS 1 <i>Melodic</i>
Python	v2.7.17
Tkinter	for Python v2
Acceso remoto	VNC

Los repositorios de GitHub utilizados en este proyecto son:

- **SUMMIT-XL:** Se emplea el repositorio oficial de Robotnik de acceso público [RobotnikAutomation/](https://github.com/RobotnikAutomation). Contiene los paquetes necesarios para la simulación del modelo.
- **SPOT:** Se ha utilizado el repositorio más completo encontrado, ya que, no existe un repositorio oficial de la empresa proveedora [chvmp/robots/configs/spot_config/](https://github.com/chvmp/robots/configs/spot_config).

4 <http://wiki.ros.org/melodic/Installation>

5 <https://releases.ubuntu.com/18.04/>

6 <https://www.raspberrypi.com/software/operating-systems/>

7 <https://www.python.org/downloads/release/python-2717/>

8 <https://docs.python.org/2.7/library/tkinter.html>

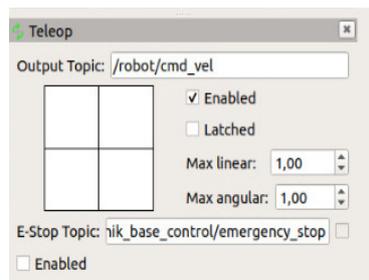
9 <https://gazebo.org/home>

10 <https://www.realvnc.com/en/connect/download/viewer/>



4. FUNCIONALIDADES

Para el controlar el movimiento básico de cada uno de los modelos de robots se parte de los archivos de lanzamiento para Gazebo. Dentro del visualizador Rviz se puede definir el movimiento del robot con la ventana de teleoperación del robot, **teleop**, que manda los parámetros y comandos al *topic*: `/cmd_vel`.



El dominio de las trayectorias se consigue empleando los archivos de los repositorios previamente definidos. Cada uno de ellos presenta un archivo de lanzamiento diseñado para el cálculo de trayectorias de los modelos

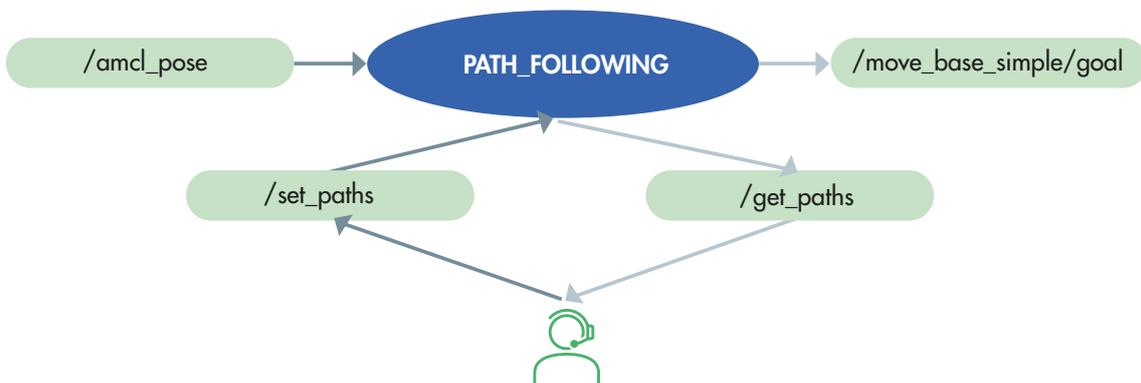
- Establecer trayectorias hasta un punto
- Definir rutas por distintos puntos de un mapa
- Reproducir el entorno de trabajo con dos operadores y una centralita

4.1. Programas

El objetivo del código desarrollado es la comprobación de la posición del robot en la simulación hasta que alcanza la posición definida por el usuario a través de la interfaz.

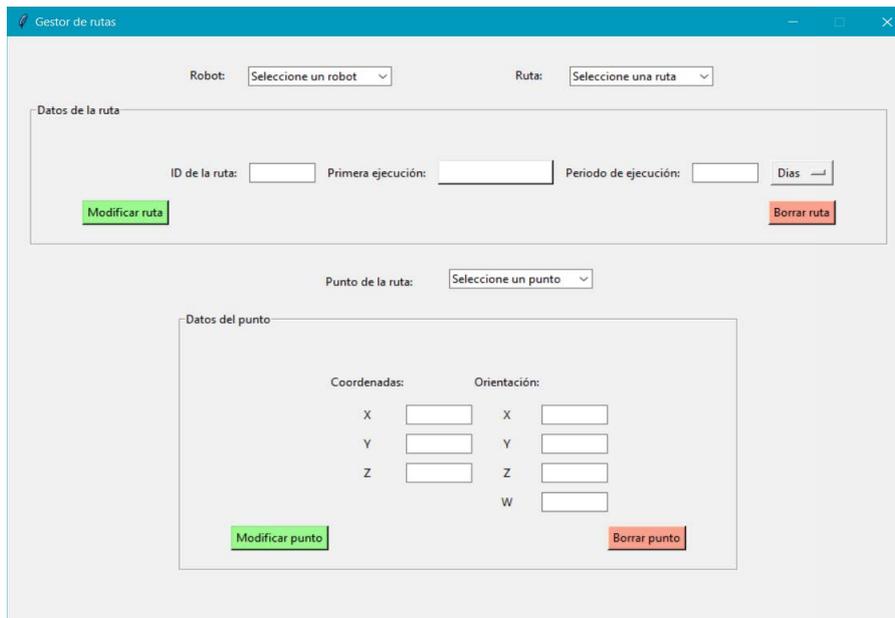
Se ha modelado dos códigos `/path_following.py` e `/interface.py`, cuyas funciones son:

- **`/path_following.py`**
 - o Recibe posiciones
 - o Ejecuta rutas





- **/interface.py**
 - o Define la interfaz y su funcionamiento
 - o Lee rutas de los nodos `path_following` de cada robot y es capaz de modificarlas, borrarlas o crear nuevas rutas



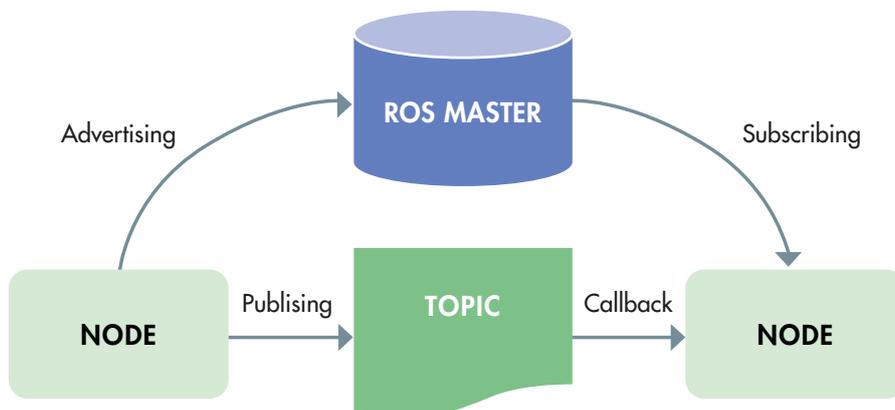
Ambos programas intercambian información de las rutas mediante *nodos* y *topics* del sistema de comunicación ROS.

4.2. Comunicación

Se ha replicado lo más fielmente posible el funcionamiento del **SOC**, *Security Operations Center*.

Para ello, se han usado los dispositivos Raspberry para simular los operadores mandando solicitudes de posición a los distintos robots, que obtiene la información de las rutas con una interfaz gráfica.

A través de la red local, estas solicitudes se envían a un ordenador que simula el funcionamiento de los robots para corroborar su ejecución y poder ejecutar el código `path_following.py`.





4.3. Nodos y topics de ROS

El *topic* `/path_following` recibe las rutas de cada uno de los robots por el respectivo *node* `/path_following`.

El *node* de la interfaz del operador, `/interface`, está suscrito al *topic* previo desde el que informa a dicho operador de las rutas que ya están publicadas para cada robot. A su vez, permite modificar rutas de robots en el *topic* `robot/set_paths`.

Finalmente, el *node* `robot/path_following` de cada robot está suscrito a sus respectivos *topics* `robot/set_paths` previamente comentado y `robot/amcl_pose` que calcula su posición. Con esta información permite publicar el siguiente objetivo en su *topic* `robot/move_base_simple/goal` y en `/path_following` para retroalimentar la interfaz.

En el **Anexo I** se dispone el diagrama de *nodos* y *topics* generado por `ros_graph` con mayor resolución.

4.4. Interfaz

Permite seleccionar un robot y ejecutar una ruta ya prediseñada o crear una nueva determinando la fecha, hora y periodo de ejecución. Además, se pueden modificar las rutas añadiendo puntos desde el mapa o borrándolas.

Para una mejor comprensión, se recomienda la visualización de los videos proporcionados.

5. FUNCIONAMIENTO

Previamente a iniciar ROS es necesario instanciarlo y todos los paquetes que se vayan a utilizar junto a él en cada terminal que se use. Para ello, hay que ejecutar el comando `'source /.../setup.bash'`, donde ... es el directorio del archivo.

Para iniciar ROS y permitir que los nodos se comuniquen es necesario ejecutar el comando `'roscore'`, aunque solo se debe ejecutar una vez y en un dispositivo, que será conocido como Maestro.

```

roscore http://ubunters-HQ:11311/
File Edit View Search Terminal Help
... logging to /home/ubunters/.ros/log/328f41ca-034a-11ed-9acf-a402b9b72799/roslaunch-ubunters-HQ-11537.log
Checking log directory for disk usage. This may take a while.
Press Ctrl-C to interrupt
Done checking log file disk usage. Usage is <1GB.

started roslaunch server http://ubunters-HQ:34129/
ros_comm version 1.14.13

SUMMARY
=====
PARAMETERS
* /rostdistro: melodic
* /rosverlon: 1.14.13

NODES

auto-starting new master
process[roscore]: started with pid [11548]
ROS_MASTER_URI=http://ubunters-HQ:11311/

setting /run_id to 328f41ca-034a-11ed-9acf-a402b9b72799
process[rosout-1]: started with pid [11559]
started core service [/rosout]

```



Para habilitar las comunicaciones entre operadores y centralita es necesario configurar algunos parámetros. Cuando se haya ejecutado el comando 'roscore' se dispondrá en pantalla el mensaje 'ROS_MASTER_URI=http://IP_MAESTRO:11311', donde IP_MAESTRO es la IP del Maestro. A los demás dispositivos es necesario exportar esta IP mediante 'export ROS_MASTER_URI=http://IP_MAESTRO:11311' y además habilitar el envío y recibo de mensajes por 'export IP', donde IP es la IP de cada dispositivo.

Una forma automática de que todos los terminales estén instanciados y conectados es modificar el archivo '.bashrc'.

```
# enable programmable completion features (you don't need to enable
# this, if it's already enabled in /etc/bash.bashrc and /etc/profile
# sources /etc/bash.bashrc).
if ! shopt -oq posix; then
  if [ -f /usr/share/bash-completion/bash_completion ]; then
    . /usr/share/bash-completion/bash_completion
  elif [ -f /etc/bash_completion ]; then
    . /etc/bash_completion
  fi
fi

source /opt/ros/melodic/setup.bash
echo melodic sourced
source catkin_ws/devel/setup.bash
echo catkin_ws sourced
source spot_ws/devel/setup.bash
echo spot_ws sourced
```

Una vez preparadas las comunicaciones, se pueden lanzar todos los *nodes* y *topics* necesarios desde los archivos *launch*. El operativo desde la interfaz y la visualización de la simulación se puede observar desde los videos proporcionados.

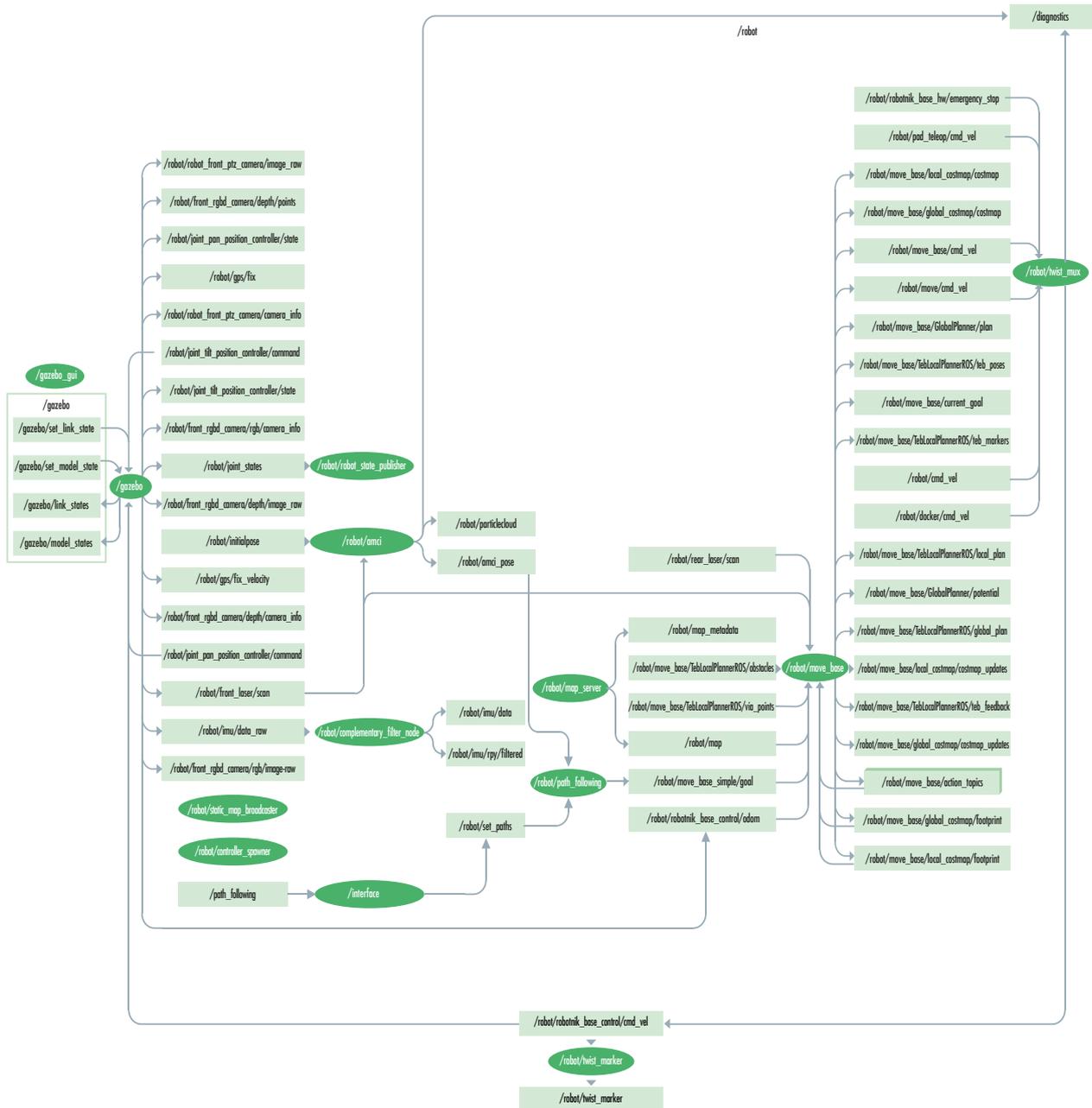
6. FUTURAS IMPLEMENTACIONES

Finalmente, el reto se ha completado. Adicionalmente, se sugieren las siguientes mejoras y futuras líneas de desarrollo:

- Visualización desde los operadores de los robots en tiempo real
- Repositorio oficial del SPOT
- Actualización de los robots a ROS 2
- Mejora de las especificaciones técnicas (CPU, GPU y RAM) de la centralita de simulación porque con las actuales hay problemas al simular ambos robots a la vez.



7. ANEXO I





SAARGUMMI

Preparación de una base de datos para la aplicación de Machine Learning a una línea de fabricación de componentes para automoción

 Alumnos

Juan Diego Bustos Acitores

José Gil Fernández

Javier Rodríguez Silva

1. INTRODUCCIÓN / DESCRIPCIÓN / OBJETIVOS DEL RETO

El proyecto surge con el objeto de afrontar el riesgo de la pérdida del valor que conlleva la posible baja de los actuales operarios. Estos a través de la experiencia han alcanzado una pericia en la gestión de las líneas de fabricación que tiene un gran valor para la empresa. El problema es que estos conocimientos sobre el funcionamiento de la línea no están registrados ni están disponibles para los nuevos integrantes. Con el objetivo de solucionarlo y dar uso a los sistemas de calidad actuales, surge la idea del proyecto colaborativo entre la empresa patrono Saargummi y la Cátedra de Industria Conectada de la Universidad Pontificia de Comillas.

El proyecto, mediante la aplicación de Machine Learning, conseguirá obtener y grabar la relación entre los parámetros de producción y la calidad del producto final. Este se dividirá en tres fases; la creación de una base de datos, la aplicación de Machine Learning para extraer las relaciones y la muestra final de estas relaciones. La edición de CIC Lab de 2022 se encargará de completar la primera fase del proyecto.

2. EVOLUCIÓN / DESARROLLO DEL PROYECTO

La preparación de la base de datos parte de un reconocimiento de los distintos parámetros la línea de producción (Figura 1). La adquisición de datos está dividida en tres bloques. Un primer bloque con los parámetros de línea, SCADA, y dos bloques de equipos de control de calidad, CLD y Pix Argus. El objetivo de esta fase es almacenar conjuntamente los datos de producción de los tres bloques para cada muestra del producto final. Para ello se creará una base de datos SQL en un servidor local en la empresa.

El registro de datos se realizará diariamente al finalizar la jornada. Para esto el código contará con distintas funciones sobre las que se profundizará más adelante. El concepto de funcionamiento es el siguiente. El programa comienza con un tratamiento de "logs" generados por el Pix Argus. La función "checker" comprueba los archivos presentes en la carpeta donde el Pix Argus almacena sus datos y en caso de encontrar nuevos datos, procede a procesarlos. El proceso de estos archivos se realiza con la función "Pix_cleaner". Esta función prepara el contenido de los logs eliminando las líneas que no aportan valor al análisis como son los comentarios iniciales o las líneas vacías y devuelve un archivo csv con los registros ya limpios del Pix Argus.

La siguiente etapa es el acoplamiento de los datos del Pix Argus con el resto de los bloques. Tanto el bloque de datos del SCADA como el CLD se adquieren a través de una llamada a la API preparada por el equipo técnico de SAARGUMMI, mediante la función "Api_join". Esta hace uso de la velocidad



medida de la línea y las distancias entre los distintos puntos de operación para poder acoplar todos los datos correspondientes a cada muestra en un único archivo csv.

Para almacenar los datos en SQL, hay que hacer una preparación previa. La función "Create_tables" genera una tabla con los índices que encuentra en el archivo csv anterior. Es decir, se genera automáticamente y solo la primera vez, ya que el objetivo es rellenar una tabla, no sobrescribirla.

Una vez se tiene el archivo con todos los datos de la jornada y la base de datos preparada, la función "insert" introduce el contenido del csv en la base de datos.

A continuación, se comentan las propiedades más importantes de las funciones, las entradas y salidas de estas y las posibles variaciones. Estas se han diseñado para ser lo más modulares posibles.

Checker:

Inputs: Ninguno

Outputs:

- Nombre de los archivos nuevos/editados. E04609_220715_080115_P1_E06525.log
- Variable (1 si hay archivos nuevos, 2 si el archivo está siendo editado, 0 en caso contrario)

Hace uso de un archivo csv "Log_history", donde se almacenan los nombres y tamaños de los logs en la carpeta "\\10.162.173.15\L1_PixDimLogFiles\E04609_Logs". La función, compara los archivos y tamaños con los de "Log_history" e identifica si hay nuevos archivos o si hay alguno que esté siendo editado. Finalmente actualiza "Log_history" con los nuevos archivos y los copia en la carpeta de dirección "C:\Users\pvc.produccion\Desktop\Saargummi_Pixargus\Pixargus" para su futuro uso en la función Pix_cleaner.

Pix_cleaner:

Inputs: Nombre del csv. "Pixargus_csv"

Outputs: Ninguno

Accede a la carpeta "local_directory\Pixargus" y lee los archivos añadidos por la función Checker. Además, prepara y junta todos los datos en un único csv con el nombre asignado. Finalmente se borran de la carpeta las copias de los archivos, puesto que ya han sido recogidos.

Api_join:

Inputs:

- Dirección del servidor. "10.162.168.18:50052"
- Nombre del csv creado por Pix_cleaner. "Pixargus_csv"
- Nombre del csv que va a ser creado. "Pixargus_Variables"

Outputs: Ninguno

Rellena las columnas restantes del Pixargus_csv mediante uso de un csv auxiliar "Indextag.csv".

En dicho csv auxiliar se encuentran los nombres de las variables, su tag y su distancia en la línea. Este archivo puede ser editado para seleccionar cuáles serán las variables que se acoplarán en la base de datos. Esta tarea principal es realizada por la función api_join que es ayudada por clean_mean.



Esta segunda se encarga de que en caso de que el servidor no devuelva velocidad se rellene una velocidad histórica media en su lugar. Además, se almacenarán dichos valores en un csv denominado como **“SpeedHistory.csv”**.

Create_tables:

Inputs:

- Nombre del csv creado por Api_join. “Pixargus_Variables”
- Nombre de la tabla SQL que va a ser creada, en caso de que se quiera crear una tabla distinta por línea. “Linea1”

Outputs: Ninguno

Esta función ejecuta un comando SQL para crear una nueva tabla en la base de datos. Los parámetros de conexión con la base de datos se configuran en el archivo **“database.ini”**. El comando se hace en función del archivo csv para que la tabla tenga las mismas dimensiones. Esta función solo debería ejecutarse una vez para crear las tablas. En caso de ya existir no se sobrescribe, simplemente salta un aviso.

Insert:

Inputs:

- Nombre del csv creado por Api_join. “Pixargus_Variables”
- Nombre de la tabla SQL sobre la que se van a insertar los datos. “Linea1”

Outputs: Ninguno

Esta función ejecuta un comando SQL para insertar datos en una tabla de la base de datos. Los parámetros de conexión con la base de datos se configuran en el archivo **“database.ini”**. Los datos del archivo csv son los insertados en la tabla indicada.

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS PASOS

El resultado del proyecto es positivo. Se ha conseguido crear la base de datos y todo lo necesario para almacenar los datos de cada jornada. El siguiente paso es enriquecer dicha base a lo largo de los próximos meses para poder comenzar con la fase 2 del proyecto, aplicación de Machine Learning.

Durante el proyecto también se planteó la posibilidad de introducir los datos en la base de datos a medida que Pix Argus crease los logs, obteniendo así una recolección “online” y aportando valor añadido para futuras soluciones como pudiera ser la monitorización en tiempo real de las medidas de Pix Argus. Para ello se empleó la función checker para detectar el archivo que está siendo editado en el momento y una nueva función se encarga progresivamente de detectar las nuevas líneas añadidas y crear csv’s. Estos son procesados con las funciones anteriores para insertar los datos en la SQL. Con el servidor en local fue un éxito. Sin embargo, al realizar la prueba con el servidor real, las peticiones a la API llevaban más tiempo, lo cual hacía imposible seguir en tiempo real. Para seguir progresando con esta solución habría que realizar peticiones grupales a la API en vez de individuales. Además, el tiempo de muestreo de Pix Argus en ocasiones era inferior al segundo, complicando el seguimiento. Por todo esto, se concluyó que la mejor solución para la recogida de datos sería la primera. Ejecutándose al final de cada jornada para cargar los datos de producción a la SQL.



FORMACIÓN

Nuestra ambición es apoyar la formación continua a lo largo de la vida profesional, cada vez más necesaria debido al entorno de cambios, que cada año se producen a una mayor velocidad.

Hemos conseguido crear vínculos entre los miembros de la **Red Alumni CIC** (#SoyAlumniCIC), que sirve como punto de encuentro entre todos los profesionales que se han formado en ICAI en ámbitos de Industria Conectada. Esta Red Alumni CIC, 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 están viendo que les resulta útil en sus trayectorias profesionales.

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 entre universidad y empresa.



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





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



Nuestros alumnos del máster habilitante para la profesión regulada de Ingeniero Industrial, pueden complementar simultáneamente sus estudios con otro máster complementario, que acerca a los alumnos a descubrir las posibilidades de las nuevas tecnologías y prepararles para puestos de reciente necesidad, que han surgido como resultado de los avances en la tecnología e innovación industrial.

Este máster, **Máster en Industria Conectada (MIC)** está dirigido a alumnos del **Máster en Ingeniería Industrial (MII)**, de forma que se desarrollen las habilidades y capacidades que requiere el mercado laboral. Ambos se realizan durante 2 años académicos, lo que supone un aumento de la carga lectiva para los alumnos, que necesita contar con alta capacidad de organización, estudio y trabajo.

La combinación de rigor académico y prácticas en proyectos reales, permite al alumno responder con solvencia y criterio a los nuevos retos de la industria (machine learning, big data, IoT, cloud computing, digital manufacturing, cybersecurity, etc.). Por otro lado, 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. Además, este título también proporciona acceso a los programas de Doctorado.

El acto de entrega de los reconocimientos tuvo lugar en la **XX Edición de los Premios Mejor Proyecto Fin de Carrera Comillas ICAI**, acto presidido por el rector Enrique Sanz Giménez-Rico, SJ y con Santiago Ojeda Couchoud, director de calidad, organización y apoyo operativo de Empresarios Agrupados como invitado de honor.

*Esta es la 6ª Edición
del Doble Máster
Universitario en
Ingeniería Industrial e
Industria Conectada
(MII-MIC), que cuenta
ya con 100 egresados*



Alberto Menéndez Ruiz de Azúa recibió el premio de la Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI por su trabajo “Mejora de sistemas de alarma y vídeo vigilancia mediante la incorporación de análisis de audio”. El propio presidente de la asociación, Jaime de Rábago Marín, entregó el premio.

Este proyecto ha sido dirigido por **Álvaro Jesús López López**, investigador en el IIT y coordinador de la Cátedra de Industria Conectada; y Lucía Güitta López, investigadora de la ETSI-ICAI.



La información de este trabajo se encuentra disponible en el **Repositorio Comillas:**



Lionel Güitta López fue reconocido por su proyecto “Sistema de picking de palés para un robot industrial equipado con una cámara RGB-D” para el premio de la Cátedra de Industria Conectada, que entregó su coordinador Álvaro Jesús López López.

Este proyecto ha sido dirigido por **Jaime Boal Martín-Larrauri**, investigador en el IIT y coordinador del Máster en Industria Conectada (MIC) y **José Antonio Rodríguez Mondéjar**, investigador en el IIT y coordinador del Máster en Transformación Digital en la Industria (MTDi)



La información de este trabajo se encuentra disponible en el **Repositorio Comillas:**





FORMACIÓN

2 Programa Avanzado en Industria Conectada. Liderazgo y Transformación Digital



El Programa Avanzado en Industria Conectada. Liderazgo y Transformación Digital ha sido diseñado para cubrir las habilidades y conocimientos que preparan para lo que el World Economic Forum, entre otros, visiona como **las profesiones más demandadas del futuro en los próximos 20 años**, así como el manejo de las tecnologías que están cambiando el marco en el que se desenvuelven las empresas. Del informe del "Futuro del Trabajo" se desprende la conclusión de que la barrera más importante que tienen las empresas en la actualidad es precisamente ese GAP entre las necesidades del negocio y las competencias del mercado laboral, puesto que no encuentran el talento específico que necesitan para desarrollar alguno de sus retos más importantes.

FIGURE 26 Perceived barriers to the adoption of new technologies

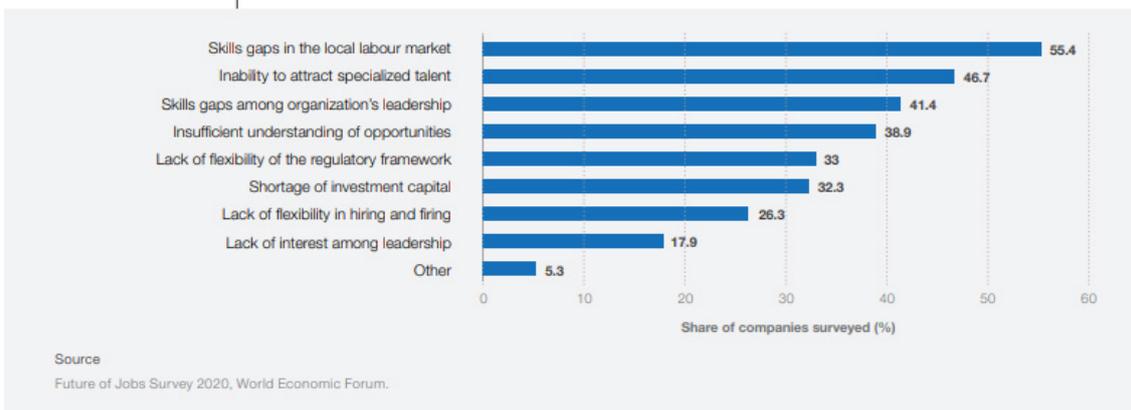
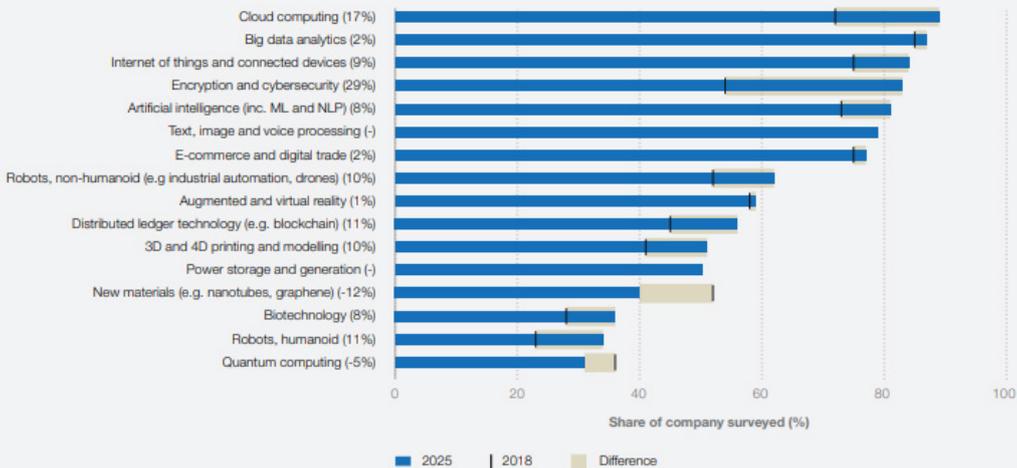




FIGURE 18 Technologies likely to be adopted by 2025 (by share of companies surveyed)



Source
Future of Jobs Survey 2020, World Economic Forum.

FIGURE 22 Top 20 job roles in increasing and decreasing demand across industries

➤ Increasing demand

1	Data Analysts and Scientists
2	AI and Machine Learning Specialists
3	Big Data Specialists
4	Digital Marketing and Strategy Specialists
5	Process Automation Specialists
6	Business Development Professionals
7	Digital Transformation Specialists
8	Information Security Analysts
9	Software and Applications Developers
10	Internet of Things Specialists
11	Project Managers
12	Business Services and Administration Managers
13	Database and Network Professionals
14	Robotics Engineers
15	Strategic Advisors
16	Management and Organization Analysts
17	FinTech Engineers
18	Mechanics and Machinery Repairers
19	Organizational Development Specialists
20	Risk Management Specialists

↘ Decreasing demand

1	Data Entry Clerks
2	Administrative and Executive Secretaries
3	Accounting, Bookkeeping and Payroll Clerks
4	Accountants and Auditors
5	Assembly and Factory Workers
6	Business Services and Administration Managers
7	Client Information and Customer Service Workers
8	General and Operations Managers
9	Mechanics and Machinery Repairers
10	Material-Recording and Stock-Keeping Clerks
11	Financial Analysts
12	Postal Service Clerks
13	Sales Rep., Wholesale and Manuf., Tech. and Sci.Products
14	Relationship Managers
15	Bank Tellers and Related Clerks
16	Door-To-Door Sales, News and Street Vendors
17	Electronics and Telecoms Installers and Repairers
18	Human Resources Specialists
19	Training and Development Specialists
20	Construction Laborers

Source
Future of Jobs Survey 2020, World Economic Forum.

Fuente: The Future of Jobs, WEF



En el mundo actual se abre un nuevo campo a explorar y son necesarios nuevos conocimientos y formación para afrontar con garantías de éxito la transformación digital: un cambio que implica nuevas formas de trabajo con plataformas digitales y colaborativas, con nuevas estrategias de *engagement* y nuevas fórmulas de atracción y gestión del talento, una nueva mentalidad hacia el trabajo. Una nueva mentalidad que repercute en la forma de hacer negocios, no solo en los procesos.

A través de este programa avanzado, la Cátedra de Industria Conectada, perteneciente a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (Comillas ICAI), forma a los líderes y profesionales en las más vanguardistas aptitudes de liderazgo y transformación digital.



La ceremonia de entrega de diplomas de la **5ª edición del Programa Avanzado en Industria Conectada, Liderazgo y Transformación Digital** se realizó en modalidad mixta, (presencial y virtual), el sábado 19 febrero de 2022, siguiendo las medidas de seguridad asociadas al protocolo COVID-19. En la ceremonia estuvieron presentes **Pablo García González**, director de los Estudios de Postgrado y Doctorado de Comillas ICAI y **Bernardo Villazán Gil**, director de este programa formativo y codirector de la Cátedra de Industria Conectada.

El premio al mejor proyecto de transformación digital se otorgó al equipo formado por Beatriz Alés Gómez, Lorenzo Pancorbo García, Daniel Peralta Pinar y Jesús Ramón Terriza Cimiano.

Testimonio de un profesor del Programa Avanzado en Industria Conectada. Liderazgo y Transformación Digital:



Mariano Jiménez Calzado, Responsable Laboratorios de Diseño y Fabricación, Universidad Pontificia Comillas

[Perfil LinkedIn](#)



- ¿Por qué es importante tener formación sobre Industria Conectada / Industria 4.0?

Los ingenieros deben conocer con detalle los nuevos factores socioeconómicos y las tecnologías de desarrollo de la industria que permita conseguir el uso generalizado de la IoT en los procesos industriales, la integración de sistemas ciberfísicos (Cyber Physical Systems, CPS), la construcción



de sistemas de producción ciberfísicos (Cyber Physical Production Systems, CPPS) y la puesta en marcha de fábricas inteligentes.

- ¿Qué ventaja tendrán los ingenieros que se quieran especializar en esta área?

El talento, el conocimiento y la capacidad de los ingenieros son imprescindibles en la innovación de las fábricas. Aquellos ingenieros que decidan especializarse en esta área serán claves en el desarrollo industrial durante los próximos años.

- ¿Por qué animarías a los alumnos a matricularse?

Si como futuro ingeniero desea estar a la vanguardia de la transformación digital desde el momento en el que pueda incorporarse al mercado laboral, no tiene otra opción que formarse durante su período de máster, y esté programa es un complemento idóneo.

- ¿Qué dirías que hace diferente este programa?

El Programa Avanzado en IC está concebido con un enfoque diferente a otros programas. Los casos prácticos y los recursos empleados son del más alto nivel, consiguiendo un contacto y un conocimiento directo y real en el campo del liderazgo y la transformación digital.

- ¿Qué es lo que más destacarías sobre el enfoque de las clases y del trabajo realizado durante el curso?

La metodología docente empleada, donde la combinación de conocimientos teóricos y su aplicación práctica en casos y recursos industriales reales, generan un proceso de aprendizaje rápido y efectivo.

- ¿Hay algo más que destacarías del máster y que quieras comentar?

El desafío global en el que nos encontramos exige que las experiencias digitales que se están poniendo en marcha sean reales, satisfactorias y generen eficiencia, valor comercial y estabilidad a las empresas. Ese reto, está en manos de los ingenieros, los mayores portadores de valor en el ámbito de la industria conectada.

Algunos testimonios de alumnos del Programa Avanzado en Industria Conectada. Liderazgo y Transformación Digital:



Laura Barquín Herrero, Responsable de Procesos industriales IT,
Grupo Antolin

[Perfil LinkedIn](#)



- ¿Cómo te ha ayudado el programa a afrontar tus retos profesionales?

Haber realizado el Programa Avanzado me ha ayudado a desempeñar mucho mejor, y con mayor conocimiento de las tecnologías disponibles, mi trabajo en el día a día. Además, el networking establecido, y las actividades que llevamos a cabo como Alumni, nos ha permitido conocer empresas, soluciones y proyectos llevados a cabo en otras compañías que se pueden incorporar perfectamente en nuestra cadena de valor, mejorando así el rendimiento de nuestra empresa.



- **¿Qué dirías que hace diferente este programa?**

La presencia de grandes profesionales que están en su día a día lidiando con la tecnología, no sólo en las clases, sino en los almuerzos con CEO que se hacen antes de cada clase. No se trata de clases teóricas impartidas por profesores que se centran en el ámbito teórico, sino por profesionales que conocen bien de lo que se habla.

- **¿Por qué animarías a otros profesionales a matricularse?**

No sólo por el gran aprendizaje que se consigue, sino también por el networking que se establece tanto durante el programa como a posteriori con Alumni.

- **¿Qué es lo que más destacarías del enfoque de las clases y del trabajo realizado durante el curso?**

La practicidad de cada una de las clases y el trabajo que tenemos que llevar a cabo los alumnos, tomando decisiones e implementando la tecnología que vamos viendo a lo largo de las clases.

- **¿Hay algo más que llamó tu atención y que quieras comentar?**

La disponibilidad para visitar empresas a lo largo del curso y ver los proyectos de primera mano.



Jaime Luis Sánchez Mata,
Supply Chain Coordinator
[Perfil LinkedIn](#)



- **¿Cómo te ha ayudado el programa a afrontar tus retos profesionales?**

De cara a afrontar los nuevos retos que plantea la Industria me parece que el programa es clave para tener una visión global de lo que se está haciendo en el sector y considero que el programa te da también las herramientas y la red de contactos para pasar a la acción.

- **¿Qué dirías que hace diferente este programa?**

La calidad de los ponentes, tanto CEOs invitados como el profesorado. Me parece que todo el ecosistema es de un nivel muy alto.

- **¿Por qué animarías a otros profesionales a matricularse?**

Animaría a aquellos que quieran obtener una visión global del estado del arte del sector y de las tecnologías habilitadoras existentes actualmente.



Puedes ver [aquí el video](#) de los testimonios de alumnos:



3 | Máster en Transformación Digital en la Industria (MTDi)



FORMACIÓN

El Máster en Transformación Digital en la Industria (MTDi) proporciona una visión completa y profunda del paradigma de la industria 4.0, abordándose formación técnica, nuevos modelos de negocio, financiación, legalidad y aspectos éticos en el proceso de toma de decisiones, todo ello en formato semipresencial y con un método de aprendizaje innovador y flexible.

Un Máster para formar profesionales que puedan liderar la transformación digital de las industrias

En particular, está estructurado de la siguiente forma:

- Actualización técnica en todas las tecnologías habilitadoras, siguiendo un modelo *“learning-by-doing”*.
- Entendimiento en profundidad de las implicaciones del paradigma de la industria 4.0/digitalización industrial en procesos, productos y personas.
- Claves de la financiación y vinculación con el horizonte Nextgen.
- Entendimiento de aspectos legales (ej. protección de datos) y éticos en la toma de decisiones.

Este máster se realiza durante un curso académico, con clases en fines de semana (viernes tarde y sábados mañana) en formato híbrido (bimodal). La posibilidad para los alumnos de poder combinar la presencialidad física con la asistencia síncrona y asíncrona ‘online’, 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.



El razonamiento que hay detrás de proponer un máster de estas características no es otro que el hecho probado de que 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.

Este programa está dirigido a personas con formación técnica y una experiencia laboral mínima de 2 años trabajando en cualquier sector industrial o tecnológico. 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.

El programa diseñado para este máster se compone de 11 módulos, junto con un Trabajo Fin de Máster (TFM), con la siguiente estructura:

- Industria conectada 4.0 (4,5 ECTS)
- Ética y transformación digital (1,5 ECTS)
- Internet de las cosas (IoT) y cloud computing (6 ECTS)
- Inteligencia artificial (6 ECTS)
- Diseño de productos y servicios digitales (6 ECTS)
- Finanzas para no financieros (3 ECTS)
- Robótica y drones (6 ECTS)
- Fabricación aditiva y nuevos materiales (6 ECTS)
- Realidad virtual, aumentada y mixta (6 ECTS)
- Operaciones y logística en la industria conectada (6 ECTS)
- Seguridad en la industria conectada (3 ECTS)
- Trabajo Fin de Máster (6 ECTS)



Puedes **ver aquí** un resumen de la presentación del Master:



O si lo prefieres puedes **ver aquí** el video completo de la presentación:



La primera edición del máster comenzó en enero de 2022, con 11 alumnos matriculados, de una diversidad de empresas y sectores industriales, que hicieron muy enriquecedores los debates en el aula.



FORMACIÓN



Puedes **ver aquí** el video del testimonio de la alumna Judith Morales:



Puedes **ver aquí** el video del testimonio del alumno Eugenio Infante:



Puedes **ver aquí** el video del testimonio del alumno Francisco Torres:



Puedes **ver aquí** el video del testimonio del alumno Hugo Vázquez:







COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICA1 ICADE CIHS

© Universidad Pontificia Comillas

EDITA:
Cátedra de Industria Conectada

DISEÑO Y REALIZACIÓN:
Alcuadrado, Diseño y Comunicación, S.L.

