



FORO SOCIAL SOBRE LAS INGENIERÍAS

32

RESUMEN ACTIVIDAD

MARZO 2026



Organiza



Diputación
de Córdoba

Colabora



Con el apoyo técnico de

FORO SOCIAL SOBRE INGENIERÍAS para la Innovación y Desarrollo de la Provincia

El Foro Social Provincial sobre Ingenierías para la Innovación y el Desarrollo de la Provincia de Córdoba nace como una iniciativa impulsada por el Consejo Social de la Universidad de Córdoba y la colaboración de la Diputación de Córdoba con la vocación de convertirse en un espacio de encuentro estable entre la universidad pública y su entorno social, económico e institucional. Su finalidad trasciende la mera celebración de una jornada académica o divulgativa: se concibe como un proceso de reflexión compartida, análisis estratégico y generación de propuestas que permitan alinear la formación, la investigación y la transferencia de conocimiento en el ámbito de las ingenierías con las necesidades reales de la provincia y de su tejido productivo.

La Universidad de Córdoba, a través de sus centros y titulaciones vinculadas a las ingenierías, representa uno de los principales motores de conocimiento técnico y científico del territorio. Sin embargo, la evolución acelerada de los sectores productivos, la digitalización de los procesos, la transición energética, la sostenibilidad medioambiental y la creciente interdependencia entre disciplinas obligan a revisar de manera periódica los modelos formativos, las prioridades investigadoras y los mecanismos de conexión con empresas e instituciones. El Foro Social se configura así como una herramienta de gobernanza colaborativa, capaz de reunir voces diversas y convertir el diálogo en acciones concretas orientadas al desarrollo provincial.

Este proyecto no surge de manera aislada, sino que se inserta en la trayectoria consolidada del Consejo Social en la promoción de programas relacionados con la empleabilidad, la innovación y la transferencia del conocimiento. En esta ocasión, el foco se sitúa específicamente en las ingenierías como disciplinas vertebradoras del progreso económico,





Organiza



Colabora



Con el apoyo técnico de

tecnológico y social. La elección de este ámbito responde a la evidencia de que las profesiones técnicas desempeñan un papel determinante en sectores estratégicos para Córdoba, tales como la agroalimentación, la industria, la energía, la logística, la informática, la sostenibilidad, el medio ambiente o la defensa, entre otros. La ingeniería, entendida en su sentido amplio, no solo aporta soluciones técnicas, sino que también contribuye a la competitividad empresarial, a la creación de empleo cualificado y a la modernización de las infraestructuras y servicios públicos.

La metodología que dio lugar a la celebración del Foro en noviembre de 2025 se caracterizó por su enfoque progresivo y participativo. Lejos de limitarse a una convocatoria puntual, el proceso incluyó fases previas de consulta, recopilación de información y definición de objetivos. Se desarrollaron cuestionarios dirigidos a colectivos diversos —estudiantes, profesorado, profesionales, empresas, colegios profesionales y entidades públicas— con el propósito de obtener una fotografía inicial sobre la percepción de las ingenierías, sus fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora. Estas aportaciones permitieron construir una base diagnóstica que sirvió de soporte a las sesiones plenarias y, especialmente, a las mesas de trabajo sectoriales.

La jornada central del Foro, celebrada en el Campus de Rabanales, se estructuró en torno a ponencias de impacto y mesas de análisis organizadas por ámbitos de conocimiento. Las intervenciones plenarias abordaron cuestiones de carácter transversal, tales como el papel social de las ingenierías, el ejercicio profesional, la gestión del riesgo tecnológico o la evolución de las tecnologías duales. Posteriormente, las mesas de trabajo permitieron profundizar en ejes concretos: la mejora de la docencia y del currículo académico, la empleabilidad y la relación con el entorno profesional, las prácticas formativas del alumnado, la investigación orientada al desarrollo provincial, la transferencia de conocimiento y la innovación futura. La diversidad de perfiles participantes —académicos, estudiantes, egresados, representantes empresariales, colegios





Organiza



Colabora



Con el apoyo técnico de

profesionales y responsables institucionales— garantizó una visión plural y enriquecedora de los retos planteados.

El valor añadido del Foro no reside únicamente en el intercambio de ideas, sino en la voluntad explícita de traducir las conclusiones en documentos de referencia que perduren en el tiempo y sirvan como herramientas de consulta y orientación. En este contexto se enmarcan las dos publicaciones derivadas de la iniciativa: por un lado, el denominado “Libro Morado” de las ingenierías en la provincia de Córdoba, concebido como una obra de carácter más amplio y estratégico; y, por otro, la presente edición de ponencias, cuyo objetivo principal es preservar, ordenar y difundir el contenido intelectual generado durante la jornada del Foro.

Esta publicación de ponencias responde a una doble finalidad. En primer lugar, cumple una función de memoria institucional, al dejar constancia escrita de las reflexiones, diagnósticos y propuestas expuestas por especialistas y representantes de distintos ámbitos. En segundo lugar, actúa como instrumento de proyección y divulgación, facilitando que el conocimiento compartido durante el encuentro pueda ser consultado por futuros estudiantes, investigadores, responsables públicos, empresas y agentes sociales interesados en comprender la evolución de las ingenierías en el territorio cordobés. La recopilación no pretende ser un documento cerrado ni definitivo, sino un punto de partida que invite a la actualización periódica y al debate continuo.

El contenido que el lector encontrará en las páginas siguientes es, por tanto, el resultado de un proceso colectivo en el que convergen experiencias académicas, trayectorias profesionales, análisis técnicos y visiones estratégicas. Cada ponencia aporta una perspectiva singular sobre el presente y el futuro de las ingenierías, pero todas comparten un denominador común: la convicción de que la colaboración entre universidad y sociedad es un factor imprescindible para afrontar los desafíos contemporáneos. La formación de calidad, la investigación aplicada, la innovación tecnológica y la transferencia efectiva de conocimiento no





Organiza



Colabora



Con el apoyo técnico de

pueden entenderse como compartimentos estancos, sino como elementos interdependientes de un mismo ecosistema.

Asimismo, esta edición pone de manifiesto la importancia de situar a la provincia de Córdoba como un territorio de oportunidades en materia de ingeniería y tecnología. La existencia de titulaciones diversas, equipos de investigación consolidados y un tejido empresarial en transformación ofrece un escenario propicio para impulsar sinergias que generen valor añadido. El Foro ha evidenciado que la competitividad futura no dependerá únicamente de la disponibilidad de recursos materiales, sino de la capacidad para formar profesionales versátiles, fomentar la creatividad técnica y establecer canales ágiles de cooperación entre centros de conocimiento y organizaciones productivas.

En definitiva, la presente introducción pretende contextualizar una obra que no se limita a compilar intervenciones, sino que aspira a reflejar un momento significativo en la evolución del diálogo entre ingeniería, universidad y sociedad en Córdoba. Las ponencias aquí recogidas constituyen una invitación a continuar la reflexión, a cuestionar modelos establecidos y a proponer nuevas vías de desarrollo. Más allá de su dimensión documental, esta publicación es un testimonio del compromiso compartido por múltiples actores con el progreso técnico, económico y social de la provincia. Su lectura ofrece no solo información, sino también una oportunidad para identificar retos pendientes, detectar oportunidades emergentes y, sobre todo, comprender que el futuro de las ingenierías se construye de manera colectiva, desde la cooperación y la visión a largo plazo.



PROGRAMA

- Ponencia: *El papel de las ingenierías en la sociedad*
 - Prof. D. **Antonio J. Cubero Atienza**, Catedrático de la UCO
- Ponencia: *El Ejercicio Profesional de las Ingenierías*
 - D. **José Luis Caballano Alcántara**, Consejero Social UCO y Presidente de la Asociación Profesional de Ingenieros de Organización Industrial (AingOI)
- Ponencia: *Título*
 - D. **Iván Ballesteros Ballesteros**, Vicepresidente de la Asociación Española de Ingenieros de la Seguridad (AEINSE)
- Ponencia: *Título*
 - Prof. D. **Gonzalo León Serrano**, Catedrático de Ingeniería Telemática en la Universidad Politécnica de Madrid

EL PAPEL DE LAS INGENIERÍAS EN LA SOCIEDAD

Prof. Dr. Antonio Cubero Atienza

Cuando se plantea analizar el papel de las ingenierías en la sociedad en general, se está planteando analizar una cuestión muy complicada de abordar en sus diferentes vertientes. Si pretendemos desglosar los distintos tipos de ingenierías existentes y lo que cada una puede aportar a nivel social, estaríamos desmembrando este tema en multitud de enfoques que tienen puntos de divergencia. Así, podríamos citar ingenierías, llamemoslas “clásicas” como la Ingeniería Industrial, la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, la Ingeniería de Telecomunicación, la Ingeniería Agrónoma, y tantas otras. También podríamos desglosar ingenierías más de “nuevo o reciente cuño”, como pueden ser la Ingeniería Informática, la Ingeniería Medioambiental, la Ingeniería Biomédica, y multitud de ellas que están en continua evolución debido a la aparición de líneas que el nuevo conocimiento y tecnologías permiten desarrollar. Pero esto sería un análisis que difícilmente concluiría en cuestiones generales o universales en relación a la Ingeniería.

Pero si lo que planteamos es desarrollar el papel de la INGENIERÍA con mayúsculas, aunando todos los diferentes enfoques anteriores en una única visión, estaremos centrando este análisis en lo que es realmente importante a nivel conceptual. Esto es, ¿qué espera la sociedad de la ingeniería en general? ¿qué pretende la sociedad del papel que desempeña un ingeniero en cualquier sistema productivo?

Los sistemas productivos, su diseño, las herramientas de todo tipo que se utilizan, la planificación del trabajo que se desarrolla, y todos los demás factores que inciden en ellos, necesitan de una labor de definición, diseño, construcción, dirección, análisis de resultados y un ciclo de mejora continua que lleve a los sistemas a evolucionar en consonancia con las necesidades y con las tecnologías existentes en cada momento. Es decir, de un ingeniero (léase siempre este término en relación a ambos sexos, ingeniero o ingeniera) se espera capacidad de análisis, definición de necesidades, diseñar los sistemas para dar respuesta a las mismas, verificar que la construcción o plasmación en la realidad de los mismos es correcta, y cerrar el ciclo de análisis de resultados y reinicio. En definitiva, se espera que analice y piense teniendo siempre presente la necesidad que se pretende resolver.

Si consultamos en el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española el significado de la palabra “INGENIERÍA”, nos encontramos, en una de sus acepciones: “*Conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos naturales o para la actividad industrial*”. Es una acepción correcta, pero no evolucionada al punto que hoy necesita la sociedad. Por otra parte, si hacemos esta misma consulta a la tan traída y llevada Inteligencia Artificial (IA), nos responde: “*La ingeniería es la disciplina que aplica conocimientos científicos, matemáticos y técnicos para diseñar, construir y mantener sistemas, estructuras, dispositivos y procesos para resolver problemas de la sociedad.*” Así, nos encontramos con una acepción mucho más completa y actual de lo que la ingeniería debe ser.

Siguiendo sobre todo esta última definición, podemos afirmar que el objetivo principal de la Ingeniería es buscar **soluciones innovadoras y eficientes a necesidades existentes (USO ÓPTIMO DE LOS RECURSOS)**. Y no es que desde aquí se pretenda magnificar a la IA frente a nuestro tradicional y necesario diccionario de la RAE. Pero sí es cierto que la definición dada por la primera recoge la idea principal del cuerpo de doctrina de la Ingeniería. No es que sea más nueva (este enfoque arrastra muchos años de doctrina), es simplemente más completa.

Una vez establecido el objetivo prioritario de la Ingeniería (buscar soluciones innovadoras y eficientes a necesidades existentes), debemos empezar por el principio. Se trata de establecer siempre, y en primer lugar, de forma clara e inequívoca, cual es la necesidad a resolver. Para ello, la ingeniería se sitúa en el centro de un triángulo cuyos tres vértices son Sociedad, Ciencia y Tecnología (figura 1)

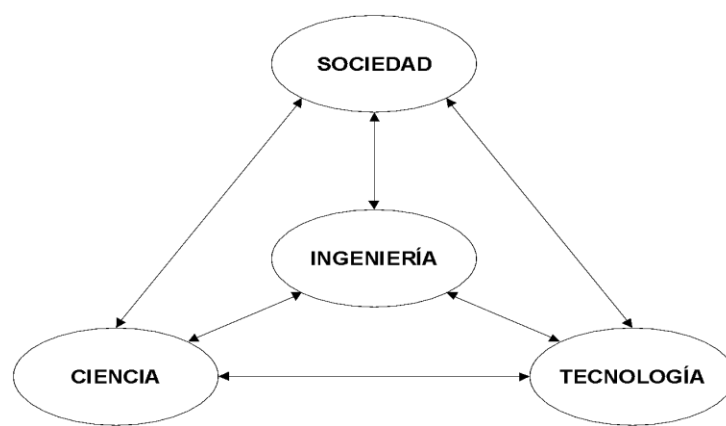
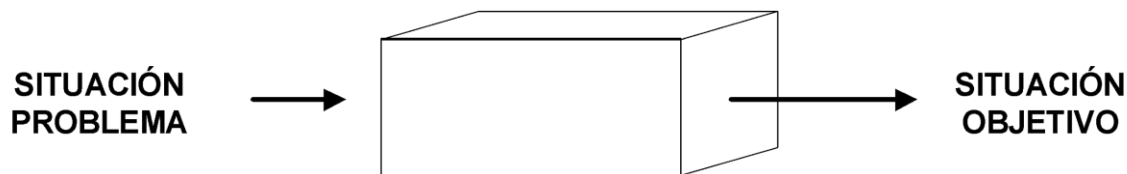


Figura 1. Triángulo de la Ingeniería

La Ingeniería debe interactuar con la sociedad para establecer las necesidades o problemas a resolver, y devolverle estas soluciones en formato de sistemas eficientes. Pero para buscar y diseñar estas soluciones, debe utilizar el conocimiento científico y tecnológico existente que, a su vez, la ciencia alimenta a la tecnología con nuevos conocimientos que toman forma en nuevas tecnologías. Esta interacción que se observa en la figura 1 es la que enriquece el desarrollo de soluciones eficaces y eficientes, y evoluciona con el nuevo conocimiento, para permitir que el proceso de Creación en la Ingeniería responda realmente a lo que se espera.

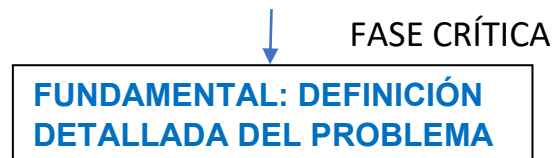
Por otra parte, el estudio de problemas y soluciones en Ingeniería consta de múltiples vertientes, que resumiremos en las que se consideran más importantes:

- El sistema o solución diseñada debe ser **técnicamente** válido. Es decir, debe resolver la necesidad planteada.
- A su vez, para considerarse adecuado, debe ser **medioambientalmente sostenible** y no dañar el medio. Esto hoy día es un factor irrenunciable.
- Por supuesto, debe ser **económicamente viable**. Y debemos entender esta viabilidad en función del contexto en el que se esté operando (empresa privada, administración pública, tipo de inversión necesaria, etc).
- Y, por último, deben ser sistemas diseñados teniendo como premisa principal su **uso y control por personas**. Y aquí podemos citar el ámbito de la Ergonomía, de las técnicas psicosociales y otras diversas que garantizan que lo diseñado está pensado para las personas.



Solo si estos cuatro enfoques son favorables (sin perjuicio de otros que puedan influir en cada caso), las soluciones diseñadas podremos considerarlas aceptables.

Figura 2. Esquema de proceso de proyecto



Una vez establecido lo anterior, debemos abordar la forma en que la ingeniería desarrollará lo indicado. Y esto nos lleva a la idea y concepto de PROYECTO. Realizando un análisis conceptual comparativo similar al anterior, encontramos las siguientes definiciones por la RAE y por la IA:

- RAE: PROYECTAR: *Idear, trazar, disponer o proponer el plan y los medios de ejecución de algo.*
- IA: PROYECTO: *combinación de recursos, humanos y no humanos, reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado.*

Nuevamente, la definición aportada por la IA nos lleva a un escenario más completo (que no de nuevo cuño) siguiendo las doctrinas de la Ingeniería de Proyectos. Este proceso proyectual se puede desarrollar en múltiples escenarios dentro de la actividad profesional del ingeniero, pero no abordaremos ese enfoque por salirse del objetivo de esta ponencia.

No pretenderemos tampoco desarrollar aquí en detalle todo lo que conlleva el proceso proyectual, pero sí desglosaremos la etapa inicial del mismo, que en la mayoría de los casos es el origen del éxito o el fracaso de una actuación ingenieril.

La figura 2 recoge de forma esquemática este inicio. Siempre se partirá de una situación inicial que llamaremos “situación problema”, y querremos llegar a una situación final, en la que la necesidad ha quedado resuelta satisfactoriamente, que llamaremos “situación objetivo”.

Y para pasar de una situación a otra, el punto más crítico se centra en la definición detallada del problema o necesidad a resolver. Puede pensarse inicialmente que ello es fácil. Si se trata de un “cliente”, se le pregunta qué necesita. Si se trata de alguna necesidad detectada de forma directa por el equipo de ingeniería, simplemente se tratará de definirla. Y así sucesivamente. Pero esta visión implica un error grave que dará al traste con el desarrollo que se realice. Definir esta necesidad de partida es una labor realmente difícil y complicada, y requiere una alta capacidad por parte del equipo de ingeniería para ponerse “en la cabeza” o “en el lugar” de ese cliente o ese sector social que será objeto de la recepción del desarrollo.

Es realmente difícil conseguir esta identificación. El cliente tenderá a pensar que con una breve descripción de su problema todo quedará entendido, y el resultado final, muy probablemente no responda a lo esperado. Serán necesarias varias sesiones de trabajo entre el equipo de ingeniería y el cliente para poder identificar con total claridad y de forma completa cual es la necesidad y resolver y cuáles pueden ser sus limitaciones, gustos, o tendencias del potencial cliente. Dejémoslo en este punto, dejando claro que esta definición es la piedra angular para el resto del proceso.

La figura 3 pretende ilustrar, a modo jocoso, lo que puede ocurrir, y de hecho ocurre en multitud de ocasiones, cuando la necesidad no se define correcta o completamente, y la información no se transmite de forma adecuada dentro del equipo de ingeniería.

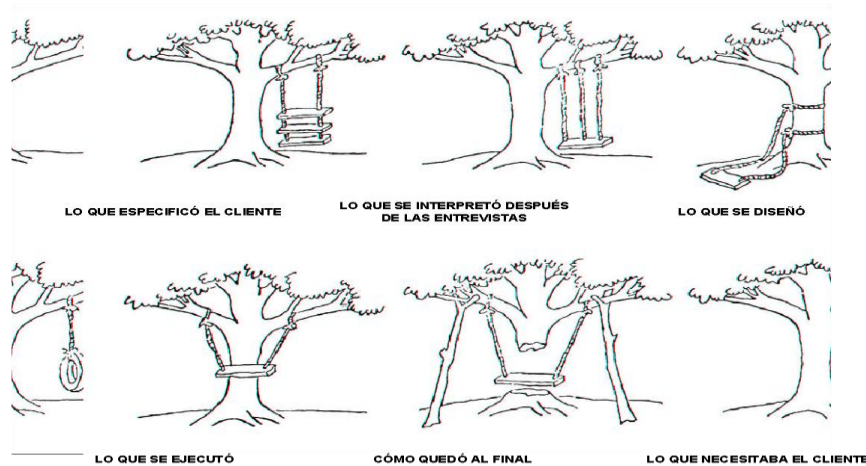


Figura 3. Posible cadena de errores en la definición del problema a resolver

No debemos sustraernos, antes de ir finalizando esta ponencia, a mencionar la Deontología profesional como un factor determinante e imprescindible en el desarrollo de la labor del ingeniero. La deontología profesional, como ciencia de los deberes o teoría de las normas morales, debe ser bandera del correcto ejercicio profesional, incidiendo en las relaciones ingeniero-cliente, en la firma y cumplimiento de contratos, en el mantenimiento del secreto profesional, en la responsabilidad sobre el trabajo realizado, y un largo etcétera de relaciones y situaciones que se producen en este desarrollo de la ingeniería, y en la que la sociedad siempre espera un comportamiento ético y deontológicamente intachable por parte del profesional.

Así, volviendo a la base inicial de esta ponencia, ¿qué espera la sociedad de la ingeniería? ¿Cuál es el papel de la ingeniería en la sociedad? Podríamos resumirlo en una frase: **Resolución de necesidades de personas por parte de personas**. La Ingeniería siempre marcará un camino adelante que busque lo mejor en cada momento para resolver lo presente y evolucionar hacia el futuro. Sin perder nunca de vista tres palabras clave: Eficiencia, Sostenibilidad y Respeto. Solo así, el papel que aporte la Ingeniería a la sociedad será efectivo en satisfacer las necesidades del ser humano, no considerado de forma individual, sino inmerso en un entorno complejo que debe respetarse.



FORO SOCIAL SOBRE INGENIERÍAS



Diputación
de Córdoba

para la Innovación y Desarrollo de la Provincia

El papel de las ingenierías en la sociedad

Prof. Dr. Antonio J. Cubero Atienza
Catedrático UCO en Proyectos de
Ingeniería

Córdoba, 13 de noviembre de 2025

1



PAPEL DE LA INGENIERÍA EN LA SOCIEDAD



Diputación
de Córdoba

- Dos opciones
 - Una más descriptiva del papel de la ingeniería en la sociedad. Pero... esto creo que todos lo podemos tener claro en este foro.
 - Ingeniería industrial
 - Ingeniería medioambiental
 - Ingeniería biomédica
 - Ingeniería informática
 - Ingeniería de Telecomunicación
 - Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos
 - Ingeniería de Organización y logística
 - Ingeniería automática y robótica
 - Y un largo etcétera

La ingeniería está presente en la mayor parte de los sectores productivos, y en la mayor parte de las actividades

2



PAPEL DE LA INGENIERÍA EN LA SOCIEDAD



- Dos opciones

- Otra en la que vayamos al fondo de la cuestión: ¿qué papel se espera de la ingeniería? ¿Qué papel se espera de un ingeniero?



DEFINIR



DISEÑAR



CONSTRUIR



DIRIGIR



ANALIZAR

EL PAPEL DE LAS INGENIERIAS EN LA SOCIEDAD

CORDOBA, 13 DE NOVIEMBRE DE 2025

3



PAPEL DE LA INGENIERÍA EN LA SOCIEDAD



EMPECEMOS POR EL PRINCIPIO

EL PAPEL DE LAS INGENIERIAS EN LA SOCIEDAD

CORDOBA, 13 DE NOVIEMBRE DE 2025

4



¿QUÉ ES LA INGENIERÍA?



• RAE:

“Conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos naturales o para la actividad industrial.”

• Según la IA:

“La ingeniería es la disciplina que aplica **conocimientos científicos, matemáticos y técnicos**

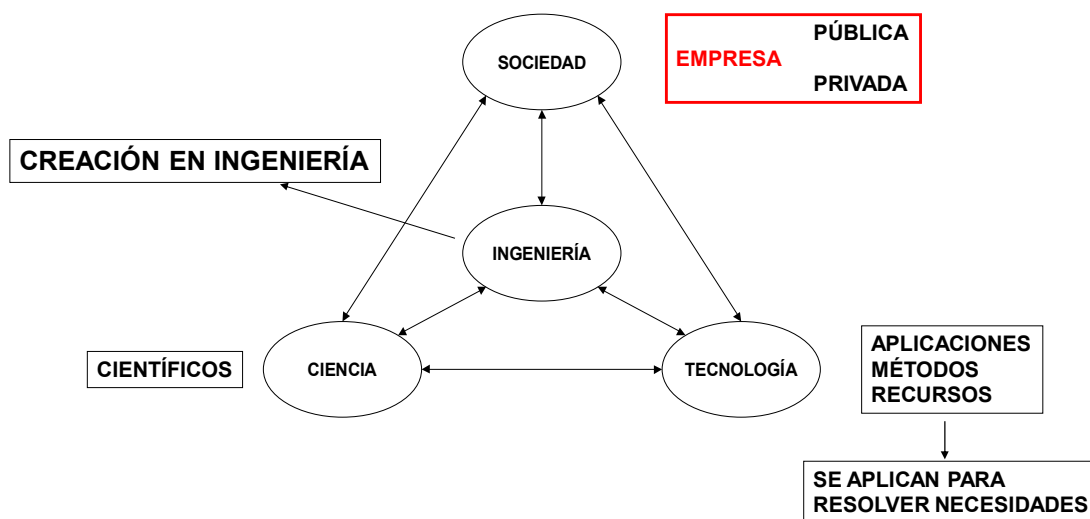
para **diseñar, construir y mantener** sistemas, estructuras, dispositivos y procesos

para **resolver problemas de la sociedad.**”

Objetivo principal: soluciones innovadoras y eficientes a necesidades existentes (USO ÓPTIMO DE LOS RECURSOS)



¿CÓMO ACTÚA LA INGENIERÍA?





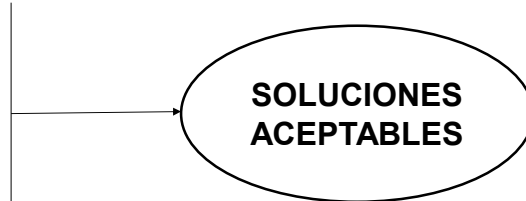
VERTIENTES QUE DEBE CONTEMPLAR LA INGENIERÍA



- ESTUDIO DE PROBLEMAS EN INGENIERIA

- VERTIENTES:

- Técnica
- Medioambiental
- Económica
- Humana



¿CÓMO ACTÚA LA INGENIERÍA? EL PROYECTO DE INGENIERÍA



- **Definición:**

- **RAE:** PROYECTAR

Idear, trazar, disponer o proponer el plan y los medios de ejecución de algo.



- **IA:** PROYECTO: *combinación de recursos, humanos y no humanos, reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado.*



TEMPORALIDAD DEL PROYECTO



¿CÓMO ACTÚA LA INGENIERÍA?



LA ACTIVIDAD PROFESIONAL ES MUY DIVERSA

PERO DE ESTO TRATA LA SIGUIENTE PONENCIA



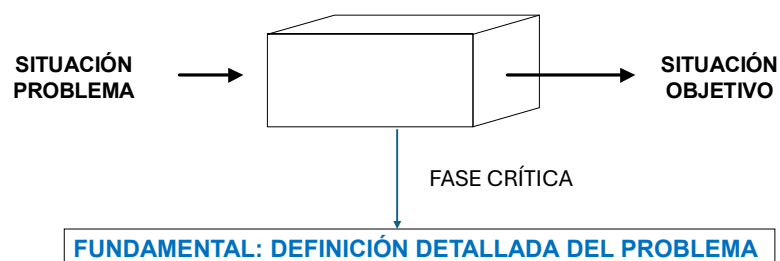
EL PAPEL DE LAS INGENIERIAS EN LA SOCIEDAD

CORDOBA, 13 DE NOVIEMBRE DE 2025

9



EL PROYECTO DE INGENIERÍA



EL PAPEL DE LAS INGENIERIAS EN LA SOCIEDAD

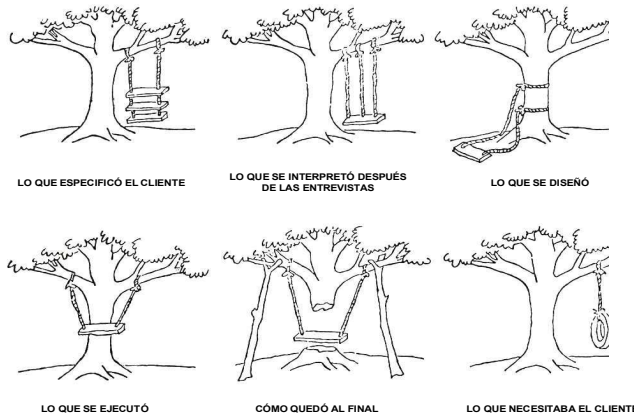
CORDOBA, 13 DE NOVIEMBRE DE 2025

10



EL PROYECTO DE INGENIERÍA

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA



EL PAPEL DE LAS INGENIERIAS EN LA SOCIEDAD

CORDOBA, 13 DE NOVIEMBRE DE 2025

11



ACTIVIDAD PROFESIONAL



Y EN ELLA NO OLVIDEMOS NUNCA:

DEONTOLOGÍA: ciencia de los deberes o la teoría de las normas morales.

Dentro del ámbito profesional de la ingeniería, como en cualquier otra profesión, el comportamiento ético es la base de la convivencia y el desarrollo positivo.

responsabilidad
libre estudios cliente
derecho legalidad
asociación secreto
regulación incompatibilidades
respeto relaciones
contratos obreros
profesional cooperación

EL PAPEL DE LAS INGENIERIAS EN LA SOCIEDAD

CORDOBA, 13 DE NOVIEMBRE DE 2025

12



¿CUAL ES EL PAPEL DE LA INGENIERÍA EN LA SOCIEDAD?



CAMINO ADELANTE



RESOLUCIÓN DE NECESIDADES DE PERSONAS PARA PERSONAS



EL PAPEL DE LAS INGENIERIAS EN LA SOCIEDAD

CORDOBA, 13 DE NOVIEMBRE DE 2025

13



¿CUAL ES EL PAPEL DE LA INGENIERÍA EN LA SOCIEDAD?



PERO NO OLVIDEMOS LO IMPORTANTE:

- Eficiencia
- Sostenibilidad
- Respeto



EL SER HUMANO

EL PAPEL DE LAS INGENIERIAS EN LA SOCIEDAD

CORDOBA, 13 DE NOVIEMBRE DE 2025

14



ACTIVIDAD PROFESIONAL



**MUCHAS
GRACIAS**



EL EJERCICIO PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA

D. José Luis Caballano Alcántara

1. Introducción. Un poliedro llamado “ejercicio profesional de la ingeniería”

El ejercicio profesional de la ingeniería es, en esencia, una realidad poliédrica: un cuerpo con múltiples planos, aristas y vértices que se entrecruzan para conformar una visión necesariamente compleja de lo que significa ser ingeniero hoy. Cada una de esas caras representa dimensiones distintas —formación, ejercicio profesional, regulación, mercado laboral, política industrial, transformación tecnológica— que solo adquieren sentido si se contemplan de forma conjunta.

Esa mirada poliédrica no es una abstracción teórica, sino el resultado de una trayectoria personal que me ha permitido observar la ingeniería desde perspectivas muy diversas.

Me formé en la Universidad de Córdoba con un título de ingeniería habilitante —correspondiente al actual nivel de Grado— y, posteriormente, cursé un segundo título en la Universidad de Jaén, esta vez no habilitante, correspondiente al nivel de Máster. Más tarde regresé a Córdoba para cursar el Diploma de Estudios Avanzados en el ámbito de los principios y políticas comunes de la Unión Europea, con especial atención a la política energética comunitaria, una estrategia que se desmoronó con la crisis financiera de 2007-2008.

En la actividad profesional, tras un breve periodo en la docencia, di el salto al sector privado incorporándose a una empresa que tiene presencia en distintos países. He redactado proyectos de ingeniería, dirigido obras y puestas en marcha de instalaciones. Actualmente desempeño mi labor como funcionario de carrera en la Diputación de Córdoba.

Desde el ámbito de la participación, formo parte de la Junta Directiva del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Córdoba, presido la Asociación Profesional de Ingenieros de Organización Industrial de España, y recientemente he sido nombrado consejero del Consejo Social de la Universidad de Córdoba.

Asimismo, he tenido la oportunidad de contribuir a la redacción de artículos de la Ley de Industria y Autonomía Estratégica, ambas actualmente en tramitación parlamentaria.

Desde este punto de partida, y manteniendo la metáfora del poliedro, propongo una reflexión articulada en dos grandes bloques. En primer lugar, la situación actual de la ingeniería: su presente en términos de empleabilidad, disponibilidad de profesionales, ámbitos de ejercicio y regulación. En segundo lugar, el entorno futuro previsible en el que la ingeniería deberá desplegarse: la nueva política industrial europea, la respuesta del Estado español y el papel de Andalucía en ese contexto. Solo a partir de ese análisis será posible abordar la pregunta

clave: ¿qué debemos hacer para consolidar y ampliar la presencia de la ingeniería en el tejido económico y social, y aumentar el valor añadido que aporta?

2. Situación actual: presente de la ingeniería

2.1. Empleabilidad y retribuciones

Si acudimos a la última Encuesta de Inserción Laboral de Titulados Universitarios del Instituto Nacional de Estadística, el diagnóstico es inequívoco: las ingenierías, junto con las titulaciones sanitarias, lideran de manera sistemática los indicadores de empleabilidad en España. Cuando se analiza la tasa de ocupación de las diferentes titulaciones, las primeras posiciones están copadas por ingenierías y ciencias de la salud.

Entre las carreras con mayor tasa de ocupación se encuentran, entre otras, las siguientes:

- Ingeniería Electrónica: 97,5 %
- Ingeniería Informática: 97,4 %
- Ingeniería de Telecomunicación: 97,1 %
- Podología: 96,9 %
- Ingeniería de Organización Industrial: 96,7 %
- Ingeniería Aeronáutica: 96,6 %
- Medicina: 95 %
- Ingeniería Industrial: 94,4 %
- Ingeniería Eléctrica: 93,4 %

Estos datos muestran que, desde el punto de vista del acceso al empleo, las titulaciones de ingeniería y las sanitarias ofrecen una de las mejores garantías de inserción y estabilidad. No se trata de un fenómeno coyuntural, sino de una tendencia sostenida en el tiempo.

Si cambiamos de perspectiva y analizamos las retribuciones económicas, el cuadro es similar. El salario medio de incorporación al mercado laboral para los egresados en ingeniería se sitúa en torno a los 34.500 euros brutos anuales, con un intervalo aproximado entre los 32.000 y los 38.000 euros, y con una evolución claramente ascendente conforme aumenta la experiencia profesional. Conviene subrayar que se trata de una media nacional; las diferencias territoriales responden a la presencia o ausencia de sectores industriales fuertes, ecosistemas de innovación y empresas de alto valor añadido.

Cuando se combinan tres variables —tasa de empleo, nivel retributivo y adecuación entre los estudios cursados y el puesto de trabajo desempeñado—, el panorama se vuelve aún más revelador. Medicina presenta un salario medio superior a los 41.000 euros y prácticas de casi pleno empleo con una adecuación muy alta entre la formación y el ejercicio profesional. La Ingeniería de Organización Industrial, con una retribución media cercana a los 38.250 euros, ofrece un perfil técnico-gestor muy equilibrado, una excelente inserción laboral y un salario competitivo. La Ingeniería Informática y la Ingeniería Electrónica reflejan, igualmente, una altísima demanda vinculada a la digitalización y a la industria avanzada, con salarios medios en la franja alta. La Ingeniería de la Energía, la Automática, la Mecatrónica y la Robótica se benefician del impulso de la transición energética y de la automatización de procesos. La

Ingeniería Industrial, por su carácter generalista y versátil, mantiene una posición sólida en prácticamente todos los sectores. Concretamente:

- Medicina: 41.839 €
- Ingeniería de Organización Industrial: 38.248 €
- Enfermería: 35.731 €
- Ingeniería Informática: 38.000 €
- Ingeniería Electrónica: 37.544 €
- Ingeniería Eléctrica: 33.933 €
- Odontología: 33.482 €
- Ingeniería de Telecomunicación: 36.503 €
- Ingeniería Automática, Mecatrónica y Robótica: 34.067 €
- Ingeniería de la Energía: 34.493 €
- Farmacia: 32.860 €
- Ingeniería Civil: 33.026 €
- Ingeniería Agronómica, Forestal y Medioambiental: 32.643 €
- Ingeniería Aeronáutica: 35.409 €
- Ingeniería Industrial: 34.461 €

Estos indicadores, tomados en conjunto, constituyen uno de los vértices superiores del poliedro del ejercicio profesional de la ingeniería: altísima empleabilidad, buenas retribuciones y adecuada correspondencia entre la formación recibida y las funciones desempeñadas. Garantizan el futuro de los estudiantes, aportan tranquilidad a las familias y son motivo de legítimo orgullo para las universidades, que ven cómo su esfuerzo docente e investigador se traduce en resultados tangibles para la sociedad.

2.2. Disponibilidad de profesionales: el vértice en tensión

Sin embargo, si giramos el poliedro y observamos otra de sus caras —la disponibilidad real de ingenieros— la imagen cambia de forma preocupante.

¿Qué ocurre cuando una empresa industrial quiere incorporar ingenieros a sus plantillas? ¿Qué sucede cuando una administración pública convoca plazas técnicas para reforzar sus servicios? La experiencia, tanto en el sector privado como en los procesos selectivos de empleo público, muestra un patrón que se repite: el número de candidatos disponibles es reducido, y con frecuencia no es suficiente para asegurar la cobertura óptima de los puestos con los perfiles más adecuados.

Los datos cuantitativos respaldan esta percepción. En el curso 2002-2003, las universidades españolas registraban 361.133 estudiantes matriculados en titulaciones de ingeniería. Veinte años después, en el curso 2022-2023, el número se redujo a 219.020. La caída supera el 40 % en apenas dos décadas. Podríamos pensar inicialmente que esto obedece a un descenso general de la población universitaria derivado de la evolución demográfica. Pero el dato global desmiente esa hipótesis: en el mismo periodo, el número total de estudiantes universitarios en España ha pasado de 1.589.166 a 1.722.247, lo que supone un incremento superior al 8 %. Es decir, tenemos más universitarios, pero menos jóvenes eligen estudiar ingeniería.

Todo ello se refleja en la realidad de las aulas y en las notas de corte de acceso. En no pocas titulaciones de ingeniería, la nota de acceso se sitúa en torno al 5, lo que permite la entrada

de estudiantes cuya preparación previa en disciplinas clave —especialmente matemáticas y física— puede resultar insuficiente para afrontar con éxito los primeros cursos. Esto contribuye a elevadas tasas de abandono temprano, refuerza en el imaginario colectivo la idea de que las ingenierías son “demasiado difíciles” y alimenta un círculo vicioso que desincentiva aún más las vocaciones.

En paralelo, el Observatorio de la Ingeniería de España estima que el país afrontará un déficit del orden de 200.000 nuevos ingenieros en los próximos años si no se corrige esta tendencia. De nuevo, nos situamos en uno de los vértices más tensos del poliedro: titulaciones con los mejores indicadores de empleabilidad y retribución, pero con una caída sostenida de vocaciones y de profesionales disponibles.

El resultado se aprecia con nitidez en procesos concretos. En la oferta de empleo público de 2024 para el Cuerpo de Ingenieros Industriales del Estado se convocaron 220 plazas. Solo 312 aspirantes fueron finalmente admitidos al proceso selectivo y, tras las pruebas, únicamente 52 superaron la oposición. 168 plazas quedaron desiertas. Es difícil encontrar un ejemplo más gráfico de la brecha entre las necesidades del sistema productivo y la disponibilidad real de ingenieros con la cualificación exigida.

2.3. Ámbitos de empleabilidad: transversalidad y liderazgo

Otra de las caras del poliedro es la extraordinaria transversalidad de la ingeniería. Los ingenieros están presentes en prácticamente todos los sectores de la actividad económica: desde la minería y la producción energética hasta la industria manufacturera, la agroindustria, la logística y los servicios avanzados, pasando por la digitalización, la consultoría, la I+D, la administración pública, la docencia o las organizaciones del tercer sector.

La ingeniería no pertenece a un “rincón” del sistema productivo, sino que lo vertebra. Allí donde hay procesos que optimizar, recursos que gestionar, infraestructuras que construir, datos que analizar o sistemas complejos que coordinar, la presencia de ingenieros tiende a ser determinante. Esta transversalidad se refleja incluso en los puestos de máxima responsabilidad empresarial. Entre los consejeros delegados de las empresas que cotizan en el IBEX-35, aproximadamente un 40 % son ingenieros. El resto se distribuye fundamentalmente entre titulados en economía o empresariales, derecho y ciencias. La conclusión es clara: la formación ingenieril no solo habilita para tareas técnicas, sino que proporciona una base sólida para liderar organizaciones complejas en sectores altamente competitivos.

En cuanto a los ámbitos concretos de ejercicio profesional, la distribución aproximada de los ingenieros en España puede sintetizarse así: entre un 7 % y un 11 % se dedica a la redacción de proyectos, dirección de obra y puesta en marcha de instalaciones; entre un 6 % y un 10 % ejerce en empleo público técnico no docente, tanto en la administración civil como en la de defensa; alrededor del 15 % trabaja en docencia —bachillerato, formación profesional o universidad—; otro 15 % desarrolla su actividad como consultor o profesional autónomo; aproximadamente un 52 % lo hace por cuenta ajena en empresas y organismos de muy diversa índole; y entre un 8 % y un 13 % desempeña funciones no directamente vinculadas con la ingeniería, aunque a menudo con un fuerte componente de gestión y organización.

Esta diversidad de salidas profesionales pone de manifiesto que la ingeniería, además de generar empleo cualificado, actúa como cantera de cuadros directivos y líderes sociales, precisamente por su capacidad para combinar análisis riguroso, orientación a resultados, gestión de recursos y visión sistémica.

2.4. Regulación profesional: la arista más sensible

Para comprender con profundidad las dos primeras actividades mencionadas —la redacción de proyectos y el empleo público técnico— es imprescindible introducir una variable clave: la regulación profesional.

Desde un punto de vista jurídico, una profesión puede definirse como un conjunto de actividades que requieren determinados conocimientos y competencias. Estamos ante una profesión regulada cuando el acceso a esas actividades está condicionado a la posesión de una cualificación técnica específica. Hablamos de profesión titulada cuando esa cualificación se acredita mediante un título concreto, establecido en la norma. Y, dentro de ellas, se consideran profesiones colegiadas aquellas que exigen, además, la colegiación obligatoria en el correspondiente colegio profesional para poder ejercer.

Durante décadas existió una coordinación razonablemente armónica entre tres planos: la evolución tecnológica y económica, la creación de nuevos títulos universitarios y la definición de atribuciones profesionales. A grandes rasgos, a nuevos ámbitos tecnológicos se correspondían nuevas titulaciones y, cuando era necesario garantizar la seguridad de las personas, de los bienes o del medio ambiente, se articulaban profesiones reguladas con actividades reservadas.

Esa coherencia se interrumpió en 1986, año en que se promulgó la Ley 12/1986 sobre regulación de las atribuciones de los Ingenieros Técnicos y Arquitectos Técnicos, en un contexto marcado por la entrada de España en la entonces Comunidad Económica Europea. Para evitar barreras injustificadas a la libre circulación de profesionales y a la prestación de servicios, la Unión Europea comenzó a limitar la proliferación de profesiones reguladas. Desde entonces, la creación de nuevas profesiones reguladas en el ámbito de la ingeniería ha sido prácticamente inexistente, pese a que el sistema universitario sí ha continuado generando nuevos títulos y especialidades para dar respuesta a los avances tecnológicos y a las necesidades del tejido empresarial.

En España, el marco se ha visto reforzado, además, por las denominadas Órdenes CIN de 2009, que acompañan a los títulos con acceso a profesión regulada y que fijan con un alto grado de detalle el contenido de los planes de estudios para los grados “habilitantes”. Este esquema, aunque aporta seguridad jurídica, dificulta notablemente la adaptación ágil de los planes de estudio a los cambios tecnológicos y a las demandas del mercado laboral. En la práctica, universidades y escuelas de ingeniería se ven constreñidas por descriptores muy rígidos, mientras que las empresas operan en un entorno de transformación acelerada.

En este contexto, algunas universidades, como la de Córdoba, han optado por la prudencia: ofrecer titulaciones con una base técnica sólida, pero sin prometer atribuciones profesionales que la normativa no reconoce. Solo de forma excepcional se han mantenido o articulado títulos habilitantes, como ocurrió con el extinguido Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial o como sucede hoy con determinadas ramas de la Ingeniería Informática.

El resultado es que, dentro del poliedro del ejercicio profesional de la ingeniería, la arista de la regulación se ha convertido en una de las más delicadas. A pesar de los cambios profundos en la economía y en la tecnología —digitalización, inteligencia artificial, transición energética, industria 4.0— el mapa de profesiones reguladas sigue anclado en un esquema que responde, en buena medida, a la realidad de hace varias décadas.

Los datos lo ilustran con crudeza: hoy, aproximadamente el 56 % de los egresados en titulaciones de ingeniería obtienen títulos no habilitantes, mientras que solo el 44 % culminan estudios que dan acceso a profesiones reguladas. Si cruzamos estas cifras con la caída del 40 % en el número de estudiantes de ingeniería en veinte años, el resultado es que, en comparación con 2002, el sistema aporta actualmente alrededor de un 26 % de ingenieros con atribuciones profesionales respecto a los que generaba entonces. Es decir, el volumen de profesionales habilitados para redactar proyectos, dirigir obras, poner en marcha instalaciones o acceder a determinados cuerpos técnicos de la función pública se ha reducido drásticamente.

A la falta de vocaciones se suma, por tanto, una segunda constricción: incluso entre quienes estudian ingeniería, una mayoría obtiene títulos sin acceso a atribuciones profesionales. En términos de sistema, el riesgo es evidente: si no hay suficientes ingenieros, y de ellos solo una parte tiene la habilitación necesaria, la capacidad del país para ejecutar proyectos, impulsar la industria, innovar y gestionar infraestructuras críticas se verá seriamente limitada.

3. Entorno futuro: adaptación y desafíos de la ingeniería

Una vez descrito el presente de la profesión —ese poliedro con vértices brillantes y aristas en tensión— resulta obligado proyectar la mirada hacia el futuro. Solo si entendemos dónde estamos y en qué dirección evoluciona el contexto económico, tecnológico y normativo podremos definir qué papel debe jugar la ingeniería en los próximos años y qué ajustes son necesarios para que siga aportando valor.

La presencia de ingenieros en un territorio es uno de los indicadores más fiables de su nivel de desarrollo económico. Allí donde hay una masa crítica de ingenieros suele existir actividad productiva basada en el conocimiento, cadenas de valor complejas y una capacidad significativa de innovar, mejorar procesos y generar valor añadido de calidad. Pero esta relación solo funciona plenamente en doble sentido cuando concurren dos condiciones: por un lado, que la actividad económica sea capaz de absorber, integrar y retener a los ingenieros; por otro, que los ingenieros sean capaces de hacerse imprescindibles en los procesos de innovación, eficiencia y competitividad, es decir, que aporten un valor diferencial real.

En última instancia, el paradigma de referencia es la mejora de la cadena de valor: cómo obtenemos materias primas, cómo las transformamos, cómo organizamos la producción, cómo distribuimos los productos y servicios, y cómo gestionamos el mantenimiento y la posventa a lo largo de todo el ciclo de vida. La ingeniería está presente en cada uno de estos eslabones.

La noción de “industrial” ayuda a contextualizar esta reflexión. Históricamente, se consideraba industrial a quien contribuía al progreso mediante la organización del trabajo, la inversión y la asunción de riesgos, con independencia del sector específico en el que operara. En ese sentido, cuando hablamos de política industrial no nos referimos exclusivamente a las

ingenierías ligadas a la producción manufacturera, sino a todo el conjunto de ingenierías que intervienen en sectores clave.

En el ámbito de la minería y la energía, por ejemplo, Andalucía goza de una posición singular: dispone de las mayores reservas de cobre de Europa y, de los 34 minerales considerados estratégicos por la Unión Europea, 22 se encuentran en su subsuelo, aunque solo una parte se explota actualmente. El cobre, junto con otros minerales críticos, es esencial para la transición energética, la electrificación y la producción de tecnologías renovables.

En el ámbito agroforestal, la región desempeña un papel fundamental para la compensación de emisiones, la bioeconomía y la industrialización agrícola, configurando una de las cadenas de valor más relevantes para provincias como Córdoba. Y en el ámbito de la informática y las tecnologías de la información, la ingeniería aporta la base necesaria para la digitalización de procesos, la automatización, el despliegue de la inteligencia artificial y la creación de nuevos modelos de negocio.

Si queremos anticipar el entorno en el que la ingeniería deberá desenvolverse, debemos mirar a tres niveles de decisión: la Unión Europea, el Estado y la Comunidad Autónoma de Andalucía. En cada uno de ellos se están adoptando decisiones que marcarán el tipo de proyectos, sectores y oportunidades que demandarán ingenieros en los próximos años.

3.1. Unión Europea: reindustrialización y autonomía estratégica

Durante demasiado tiempo, Europa, y con ella España, descuidaron la política industrial. A Carlos Solchaga se le atribuye la frase “la mejor política industrial es la que no existe”, que sintetiza una época en la que se consideró que la apertura de mercados y la deslocalización de la producción hacia países con menores costes salariales bastarían para garantizar la competitividad y el bienestar. El resultado fue una progresiva pérdida de capacidad productiva propia y un aumento de la dependencia respecto a terceros países.

Las crisis recientes han funcionado como un doble aviso contundente. La pandemia de la COVID-19 evidenció la fragilidad de las cadenas de suministro: Europa descubrió que no era capaz ni siquiera de producir por sí misma equipos básicos como mascarillas, EPIs o determinados medicamentos en los volúmenes necesarios. La invasión de Ucrania por parte de Rusia puso de manifiesto, además, la elevada dependencia energética del exterior y la vulnerabilidad que ello suponía para la economía y la seguridad.

En paralelo, entre 2019 y 2023, mientras la Unión Europea registraba un crecimiento del orden del 3 %, Estados Unidos crecía en torno al 9 %. Más allá de las cifras, el mensaje es claro: Europa corría el riesgo de perder posiciones en la carrera por la competitividad, la innovación y el liderazgo tecnológico.

En respuesta, la Unión Europea ha impulsado una nueva política industrial común, recogida en comunicaciones como “Una nueva estrategia industrial para Europa” (COM(2020) 102) y su actualización de 2021 (COM(2021) 350), y reforzada normativamente por el Reglamento (UE) 2024/1252 sobre materias primas críticas y el Reglamento (UE) 2024/1735 sobre tecnologías de cero emisiones netas. A ello se añade la conexión con los planes de recuperación y resiliencia, de los que forman parte medidas específicas para reindustrializar y descarbonizar la economía europea.

Dos informes de alto nivel contribuyen a marcar el rumbo de esta nueva etapa. El Informe Letta, de abril de 2024, bajo el título “Mucho más que un mercado”, subraya que Europa necesita mejorar su productividad y diversificar sus fuentes de financiación, reduciendo la dependencia casi exclusiva del crédito bancario y fortaleciendo los mercados de capitales. El Informe Draghi, de septiembre de 2024, “El futuro de la competitividad europea”, insiste en la necesidad de acometer una inversión masiva en redes de transporte eléctrico, telecomunicaciones y sistemas de I+D, al tiempo que reclama una recualificación de millones de profesionales para afrontar la doble transición energética y digital.

La dirección marcada por la Unión Europea puede resumirse en tres grandes prioridades:

- reindustrializarse apostando por industrias limpias y digitalizadas;
- reducir la dependencia energética del exterior y avanzar hacia un modelo más autónomo y sostenible;
- ganar autonomía estratégica en ámbitos como la energía, la farmaindustria, los semiconductores, los minerales críticos y la defensa.

En todas estas dimensiones, la ingeniería desempeña un papel insustituible: desde el diseño de infraestructuras y procesos hasta la gestión de datos, la optimización de recursos, la innovación tecnológica o la integración de sistemas complejos.

3.2. El Estado: Ley de Industria y Autonomía Estratégica

En coherencia con este giro europeo, España está tramitando la nueva Ley de Industria y Autonomía Estratégica, que aspira a actualizar un marco jurídico que, hasta ahora, venía regido en lo esencial por la Ley 21/1992, de Industria. Esta última apenas abordaba la política industrial en sentido estricto; se centraba más bien en la seguridad industrial y en la ordenación básica del sector.

La nueva ley incorpora la dimensión estratégica de la industria y la necesidad de reforzar la autonomía productiva del país. Entre sus elementos esenciales cabe destacar:

- la formulación de una Estrategia Industrial y de Autonomía Estratégica, apoyada en instrumentos de planificación estables y en órganos de gobernanza que permitan coordinar políticas, recursos e iniciativas a medio y largo plazo;
- la definición y regulación de los Proyectos Industriales Estratégicos, concebidos como iniciativas tractores capaces de arrastrar cadenas de valor completas y de generar empleo cualificado de alto impacto;
- la creación de la Reserva Estratégica basada en Capacidades Nacionales de Producción Industrial (RECAPI), que busca garantizar que el país dispone de capacidades mínimas en sectores considerados críticos —desde equipos médicos hasta componentes electrónicos o determinados materiales—;
- el refuerzo de la competitividad, la sostenibilidad y la seguridad industrial, alineando la normativa con los objetivos de descarbonización, economía circular y digitalización;
- y el impulso de la digitalización industrial, tanto en la modernización de procesos productivos como en la adopción de tecnologías habilitadoras (inteligencia artificial, sensórica avanzada, big data, gemelos digitales, etc.).

He tenido el honor de participar en la redacción de algunos de los preceptos de esta ley y de intervenir en la formulación de enmiendas relacionadas con el ejercicio profesional y con la función pública. Ello refuerza la convicción de que la ingeniería no solo debe adaptarse a las políticas industriales, sino contribuir activamente a diseñarlas y a ejecutarlas.

3.3. Comunidad Autónoma de Andalucía: industria emergente y diversificación

El tercer nivel de análisis es el autonómico. Andalucía ha sido históricamente una región fuertemente vinculada al sector primario y a determinadas industrias de transformación. Sin embargo, en los últimos años se observa un proceso de reconfiguración y fortalecimiento industrial que merece ser destacado.

El Índice de Producción Industrial andaluz ha registrado incrementos cercanos al 9 %, lo que supone, en determinados periodos, cuadruplicar el crecimiento medio nacional. Este dinamismo se explica, en parte, por una política de agilización administrativa en la tramitación de proyectos y por el apoyo explícito a sectores considerados estratégicos, entre ellos las energías limpias, el sector aeroespacial y de defensa, la minería y la digitalización. A ello se suma una progresiva diversificación de las exportaciones, que ya no descansan únicamente en productos agroalimentarios, sino también en bienes industriales y servicios avanzados.

En este contexto, los espacios productivos adquieren un papel central. La modernización de polígonos industriales, parques tecnológicos y áreas logísticas es condición necesaria para atraer y retener inversiones. La Diputación de Córdoba está impulsando un convenio con las ocho diputaciones andaluzas y el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA) para identificar y planificar los principales entornos industriales de la comunidad, en línea con la futura Ley de Espacios Productivos. El objetivo es disponer de un mapa claro de las áreas con potencial, dotarlas de infraestructuras y servicios avanzados y conectarlas adecuadamente con los nodos logísticos y de transporte.

Paralelamente, la Junta de Andalucía ha definido como actividad tractora prioritaria el sector aeroespacial y de defensa, y ha identificado diecinueve cadenas de valor estratégicas que abarcan ámbitos como la automoción y la movilidad sostenible, la industria digital y electrónica, la química y los nuevos materiales, la metalurgia y la metalmecánica, la agroindustria auxiliar, la madera y el mueble, el textil y la joyería, la salud, la industria farmacéutica y biotecnológica, o la construcción industrializada y los materiales innovadores. Todas estas cadenas tienen un componente intensivo en ingeniería.

Para que estas apuestas se traduzcan en resultados tangibles, la Formación Profesional Dual y la adecuada articulación entre universidad y empresa son decisivas. Solo si el sistema formativo se alinea con las necesidades reales del tejido productivo se podrá garantizar el flujo de técnicos, tecnólogos e ingenieros que estas cadenas de valor requieren.

4. Conclusiones

A la luz de lo expuesto, es posible sintetizar algunas conclusiones principales que, en realidad, son líneas de trabajo y llamadas a la acción.

En primer lugar, estudiar ingeniería constituye hoy, más que nunca, una elección estratégica y con visión de futuro. Las altas tasas de empleabilidad, la coherencia entre la formación recibida y el puesto de trabajo desempeñado, y unos salarios de incorporación en clara tendencia ascendente avalan la ingeniería como una opción que ofrece seguridad, estabilidad y oportunidades reales. A ello se suma un campo de actuación extraordinariamente amplio: la ingeniería es transversal a prácticamente todos los sectores productivos y a buena parte de los servicios avanzados.

En segundo lugar, esta realidad positiva convive con un problema de enorme gravedad: el número de vocaciones ha caído en torno al 40 % en las últimas décadas y existe un déficit evidente de profesionales. Resulta imprescindible aplicar sentido común al diseño del sistema formativo y del marco de ejercicio profesional. Un título de ingeniería debe habilitar, en términos razonables, para ejercer como ingeniero en aquello para lo que se ha formado al estudiante. No podemos seguir atrapados en un marco normativo rígido que congeló profesiones y titulaciones en un momento histórico concreto, mientras la tecnología, la economía y la sociedad han seguido evolucionando a gran velocidad.

En tercer lugar, es necesario recuperar el espíritu original del modelo de Bolonia: grados con una base generalista sólida, que garanticen competencias transversales y fundamentos técnicos robustos, seguidos de másteres de especialización que permitan profundizar en campos concretos. Motivar a los estudiantes para continuar con estudios de máster no exige grandes artificios si se respeta esa lógica: un itinerario formativo que combine amplitud de miras con especialización progresiva.

En cuarto lugar, la nueva política industrial —europea, estatal y autonómica— exige más ingenieros y mejor preparados. La reindustrialización, la transición energética, la digitalización, el despliegue de redes de telecomunicaciones avanzadas, la robótica, la automatización, la optimización de procesos, la inteligencia artificial o la ciberseguridad son ámbitos intensivos en ingeniería. Sin una masa crítica suficiente de profesionales, las mejores estrategias se quedarán en papel.

En quinto lugar, en el caso concreto de Andalucía se añaden retos estructurales. La densidad de la red de infraestructuras eléctricas es sensiblemente inferior a la media nacional —entorno a un 40 % menos— y ese déficit se ha convertido en un cuello de botella para la implantación de nuevos proyectos industriales, energéticos y tecnológicos. A ello se suma la necesidad de mejorar la conectividad logística, especialmente a través del corredor ferroviario central que enlaza Algeciras, Antequera, Córdoba, Linares, Madrid y Zaragoza, puerta de acceso hacia el resto de Europa. Sin logística avanzada, no hay industria competitiva.

En sexto lugar, conviene recordar que la logística no se reduce al transporte y al almacenamiento. La logística comprende el conjunto de procesos estratégicos, tácticos y operativos que planifican, coordinan y controlan el flujo eficiente de materiales, información y recursos desde el origen hasta el usuario final. Incluye el aprovisionamiento, la producción, la distribución, el servicio posventa y el mantenimiento a lo largo de todo el ciclo de vida del producto. Entendida así, la logística es un campo natural para la ingeniería, tanto por su dimensión técnica como por su componente organizativo y de optimización.

En séptimo lugar, proyectos singulares como la Base Logística del Ejército de Tierra representan oportunidades relevantes para territorios como Córdoba, pero no garantizan por

sí mismos el despliegue industrial asociado. Otras provincias andaluzas —Sevilla, Cádiz, Málaga, Jaén— están trabajando intensamente para atraer actividad económica vinculada a estos polos estratégicos. Aprovechar estas oportunidades exige visión, planificación y una estrategia clara que conecte la instalación con redes de proveedores, empresas auxiliares, centros de investigación y formación especializada.

Por último, es necesario asumir con realismo que durante décadas hemos ido abandonando progresivamente los sectores primario y secundario, confiando en que otros países producirían más barato y que bastaría con importar. Esa dinámica nos ha vuelto dependientes y vulnerables. La autonomía estratégica no es un eslogan ni una consigna política: es una necesidad económica, social y de seguridad. Debemos recuperar capacidad productiva en ámbitos esenciales como la energía, la farmaindustria, los semiconductores, los materiales críticos y la defensa. En esos planos se juega el futuro de nuestro país y el bienestar de las próximas generaciones.

Y ahí la ingeniería tiene un papel insustituible. Cada reto —la reindustrialización, la transición ecológica, la digitalización, la mejora de infraestructuras, la gestión inteligente de los recursos— es, al mismo tiempo, una oportunidad para la profesión. Si queremos que territorios como Córdoba compitan en un mundo cada vez más exigente, necesitamos que la ingeniería participe activamente en la construcción de ese futuro: diseñando soluciones, aportando método, organizando recursos, liderando proyectos y contribuyendo, en definitiva, a que ese poliedro complejo que llamamos “ejercicio profesional de la ingeniería” siga siendo una de las mejores palancas para el progreso económico y social.

FORO SOCIAL SOBRE INGENIERÍAS para la Innovación y Desarrollo de la Provincia

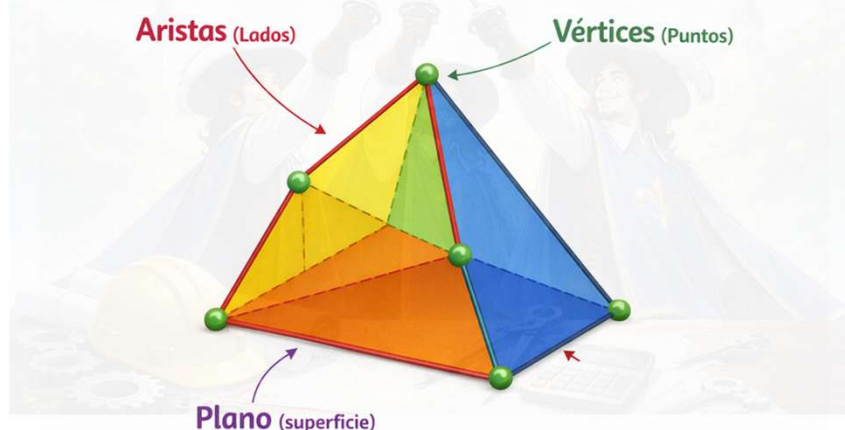
EL EJERCICIO PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA

José Luis Caballano Alcántara

Ingeniero de Organización Industrial + Funcionario de Carrera de la Diputación Provincial de Córdoba +
Consejero Consejo Social Universidad de Córdoba + Interventor del Colegio Oficial de Ingeniero Técnicos Industriales de Córdoba +
Presidente de la Asociación Profesional de ingenieros de Organización Industrial de España
jose Luis@caballano.com jlca01@dipucordoba.es presidente@aingoi.com

1

El ejercicio profesional de la ingeniería = poliedro



2

Presente: empleabilidad y retribuciones (I)

Entre las carreras con mayor tasa de ocupación destacan:

- Ingeniería Electrónica: **97,5 %**
- Ingeniería Informática: **97,4 %**
- Ingeniería de Telecomunicación: **97,1 %**
- Podología: **96,9 %**
- Ingeniería de Organización Industrial: **96,7 %**
- Ingeniería Aeronáutica: **96,6 %**
- Medicina: **95 %**
- Ingeniería Industrial: **94,4 %**
- Ingeniería Eléctrica: **93,4 %**

Presente: empleabilidad y retribuciones (II)

Cuando combinamos **empleabilidad, salario y adecuación entre estudios y puesto de trabajo**, el ranking se reorganiza:

- Medicina: **41.839 €**
- Ingeniería de Organización Industrial: **38.248 €**
- Enfermería: **35.731 €**
- Ingeniería Informática: **38.000 €**
- Ingeniería Electrónica: **37.544 €**
- Ingeniería Eléctrica: **33.933 €**
- Odontología: **33.482 €**
- Ingeniería de Telecomunicación: **36.503 €**
- Ingeniería Automática, Mecatrónica y Robótica: **34.067 €**
- Ingeniería de la Energía: **34.493 €**
- Farmacia: **32.860 €**
- Ingeniería Civil: **33.026 €**
- Ingeniería Agronómica, Forestal y Medioambiental: **32.643 €**
- Ingeniería Aeronáutica: **35.409 €**
- Ingeniería Industrial: **34.461 €**

Presente: disponibilidad de profesionales

Los datos lo confirman:

- En el curso 2002-2003 había **361.133 estudiantes** matriculados en ingenierías.
- En 2022-2023, apenas **219.020**.
- = Descenso del **40 %** en dos décadas.

El número total de estudiantes universitarios, en el mismo periodo, **ha aumentado** (de 1.589.166 a 1.722.247, +8 %). Es decir: hay **más universitarios**, pero **menos jóvenes eligen ingeniería**.

Presente: ámbitos de empleabilidad (I)

La ingeniería está presente en prácticamente **todos los sectores de actividad**: extracción de recursos, industria, energía, logística, servicios avanzados, innovación tecnológica, gestión del conocimiento y actividades sociales y sin ánimo de lucro.

Su **transversalidad** se refleja incluso en la dirección empresarial: entre los consejeros delegados de las empresas del **IBEX 35**, el **40 %** son ingenieros (14 de 35).

Presente: ámbitos de empleabilidad (II)

En cuanto a los ámbitos profesionales donde ejercen los ingenieros, la distribución aproximada es:

- Redacción de proyectos, dirección de obra y puesta en marcha de instalaciones: **7–11 %**
- Empleo público técnico (civil y defensa): **6–10 %**
- Docencia (bachillerato, FP y universidad): **15 %**
- Consultoría por cuenta propia: **15 %**
- Empleo por cuenta ajena (empresas): **52 %**
- Trabajos no directamente vinculados con la ingeniería: **8–13 %**

Presente: regulación profesional (I)

Desde un punto de vista jurídico:

- Una profesión regulada implica **actividades reservadas** que requieren cualificación técnica específica.
- Si esa cualificación debe acreditarse mediante un título concreto, hablamos de **profesión titulada**.
- Si además exige colegiación obligatoria, estamos ante una **profesión colegiada**.

Durante décadas existió coherencia entre **evolución tecnológica**, **creación de nuevos títulos** y **atribuciones profesionales**. Esta coherencia se rompió en 1986, con la entrada de España en la CEE.

Presente: regulación profesional (I)

Desde un punto de vista jurídico:

- Una profesión regulada implica **actividades reservadas** que requieren cualificación técnica específica.
- Si esa cualificación debe acreditarse mediante un título concreto, hablamos de **profesión titulada**.
- Si además exige colegiación obligatoria, estamos ante una **profesión colegiada**.

Durante décadas existió coherencia entre **evolución tecnológica, creación de nuevos títulos y atribuciones profesionales**. Esta coherencia se rompió en 1986, con la entrada de España en la CEE.

Presente: regulación profesional (II)

El resultado es este:

- Hoy, **el 56 %** de los titulados en ingeniería obtiene **un título no habilitante**.
- Solo el **44 %** obtiene un título habilitante.
- Si comparamos con el descenso del 40 % de estudiantes en veinte años, significa que **hoy sólo aportamos al sistema un 26 % de ingenieros con atribuciones profesionales** respecto a 2002.

Futuro: UE -> reindustrialización y autonomía estratégica (I)

Las crisis recientes lo evidenciaron:

- **COVID-19** (incapacidad para fabricar incluso mascarillas).
- **Invasión de Ucrania** (dependencia energética y fragilidad de las cadenas de suministro).

Mientras tanto, entre 2019 y 2023:

- Crecimiento económico de **EE. UU.:** +9 %
- Crecimiento económico de **UE:** +3 %

Futuro: UE -> reindustrialización y autonomía estratégica (II)

Europa reaccionó. Nace así una **nueva política industrial común**, recogida en:

- La comunicación de la Comisión “**Nueva Estrategia Industrial para Europa**” (COM(2020) 102) y su actualización de 2021 (COM(2021) 350)
- Reglamento (UE) 2024/1252 sobre **materias primas críticas**
- Reglamento (UE) 2024/1735 sobre **tecnologías de cero emisiones netas**

Además, dos informes están marcando el rumbo estratégico:

- **Informe Letta (2024): “Mucho más que un mercado”**
 - Europa necesita mejorar **productividad**
 - Acceso más diverso a **capitales**, sin depender solo de la banca
- **Informe Draghi (2024): “El futuro de la competitividad europea”**
 - Inversión masiva en **infraestructuras energéticas, telecomunicaciones e I+D**
 - Recualificación de **millones de profesionales** para la transición digital y energética

Futuro: UE -> reindustrialización y autonomía estratégica (III)

La UE ha fijado sus tres prioridades:

1. **Reindustrializarse** mediante industria limpia y digital.
2. **Reducir la dependencia energética** del exterior.
3. **Ganar autonomía estratégica:** energía, farmaindustria, chips, minerales críticos y defensa.

Futuro: Estado -> industria y autonomía estratégica

En España se está tramitando en el Congreso la **Ley de Industria y Autonomía Estratégica**, norma en cuya redacción he tenido la oportunidad de colaborar.

La Ley contempla:

- **Estrategia Industrial y de Autonomía Estratégica**, con planificación estable.
- **Proyectos Industriales Estratégicos (PIE).**
- **Reserva Estratégica basada en Capacidades Nacionales de Producción Industrial (RECAPI).**
- Impulso a **competitividad, sostenibilidad, seguridad industrial y Digitalización industrial.**

Futuro: Andalucía -> industria emergente y diversificación (I)

Tradicionalmente agrícola, Andalucía está protagonizando una transformación industrial. El **Índice de Producción Industrial** ha alcanzado incrementos cercanos al **9 %**, cuadruplicando el crecimiento nacional. Factores clave:

- Agilidad en la **tramitación de proyectos**.
- Apoyo a **sectores estratégicos**.

Futuro: Andalucía -> industria emergente y diversificación (II)

La Junta ha definido una actividad prioritaria tractor (**Aeroespacial y defensa**) y **19 cadenas de valor estratégicas**, entre ellas:

- Naval
- Automoción y movilidad sostenible
- Industria digital y electrónica
- Química y nuevos materiales
- Metalurgia y metalmecánica
- Agroindustria auxiliar
- Madera y mueble
- Energía, frío y climatización.
- Textil, moda y joyería
- Salud, farmacéutica y biotecnología
- Construcción industrializada y materiales innovadores

Conclusiones (I)

- 1.- Estudiar ingeniería es, hoy más que nunca, una elección **estratégica** y con visión de futuro. Sus altas tasas de **empleabilidad**, la coherencia entre la **formación** recibida y el **puesto** desempeñado, y unos **salarios** de incorporación en clara tendencia ascendente reflejan **seguridad, estabilidad y oportunidades reales**. Además, la ingeniería posee un ámbito de actuación extraordinariamente amplio: es **transversal** a todos los sectores productivos.
- 2.- A pesar de los buenos indicadores, existe un problema **grave**: las vocaciones han caído más de un **40 %** y hay un **déficit de profesionales**. Es necesario aplicar **sentido común**: un **título de ingeniería** debe habilitar para ejercer como ingeniero. No podemos seguir anclados en un **marco normativo rígido**; los **títulos universitarios** evolucionan y las **regulaciones** deben adaptarse con la misma rapidez.
- 3.- Es igualmente necesario **motivar a los estudiantes para continuar con un máster**, quizás la solución sea releer la **Carta de Bolonia (1999)**: grados generalistas, seguidos de másteres especialistas.
- 4.- La nueva política industrial **exige ingenieros**. La **reindustrialización** europea y española, la **transición energética**, la **digitalización** y sectores estratégicos como las **telecomunicaciones**, la **robótica**, la **optimización de procesos** o la **inteligencia artificial** necesitan más profesionales cualificados.

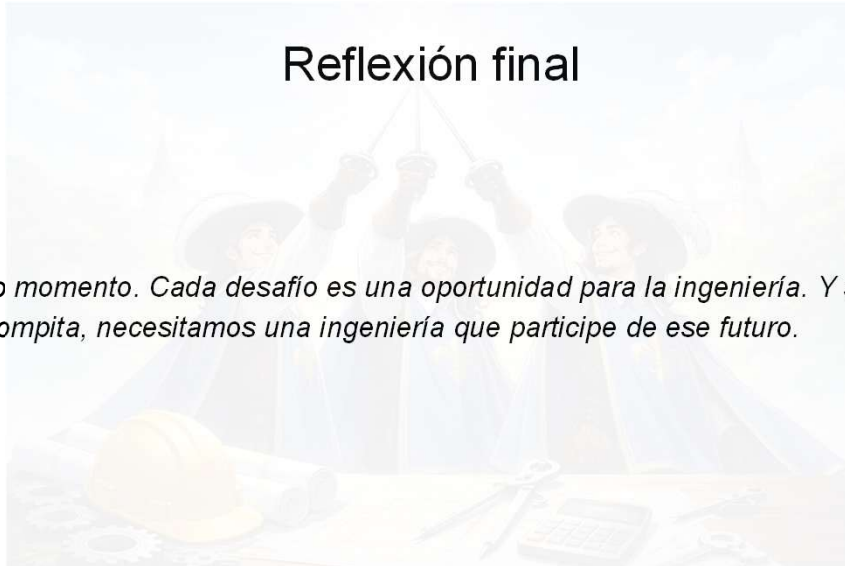
Conclusiones (II)

- 5.- En Andalucía, además, afrontamos retos específicos. Nuestra red de infraestructuras eléctricas es **un 40 % menos densa que la media nacional**, y ese déficit se ha convertido en el principal cuello de botella para atraer nuevas inversiones industriales, energéticas y tecnológicas. A ello se suma la necesidad de mejorar nuestras conexiones de transporte: el **corredor ferroviario central**.
- 6.- Conviene recordar que la logística no es solo transporte o almacenamiento: es el conjunto de **procesos estratégicos, tácticos y operativos** que planifican, coordinan y controlan el **flujo eficiente de materiales, información y recursos** desde el origen hasta el usuario final. Incluye el **aprovisionamiento**, la **producción**, la **distribución**, el **servicio posventa** y el **mantenimiento a lo largo de todo el ciclo de vida del producto**.
- 7.- La Base Logística del Ejército de Tierra es una oportunidad relevante, pero **no garantiza por sí misma** el despliegue industrial asociado. Las provincias de **Sevilla, Cádiz, Málaga y Jaén** están trabajando para atraer actividad económica.
- 8.- Durante décadas hemos abandonado los sectores **primario y secundario**, volviéndonos **dependientes y vulnerables**. La **autonomía estratégica** no es un eslogan: es una necesidad económica y de seguridad. Debemos recuperar **capacidad productiva en energía, farmaindustria, chips, materiales críticos y defensa**. En esos ámbitos se juega el futuro del país y el bienestar de las próximas generaciones.

Reflexión final

Este es nuestro momento. Cada desafío es una oportunidad para la ingeniería. Y si queremos una Córdoba que compita, necesitamos una ingeniería que participe de ese futuro.

Para ello...



19



Debemos alinear: **tecnología + titulaciones académicas + actividad económica**

20

INGENIERÍA BASADA EN EL RIESGO

D. Iván Ballesteros Ballesteros

AEINSE

(Asociación Española de Ingenieros de Seguridad)

Introducción

Identificar las variables que influyen en la demanda de ingeniería constituye una línea de trabajo clave para su desarrollo e innovación. En esta ponencia se analiza la relación entre la gestión del riesgo y la actividad de ingeniería en el contexto empresarial, tomando como eje cuatro cuestiones fundamentales: el papel del riesgo como impulsor de la ingeniería, su influencia en la generación de soluciones técnicas, la identificación de oportunidades y la interacción con otras disciplinas.

El riesgo un factor impulsor de la ingeniería

La evaluación y clasificación de los riesgos permiten identificar eventos potenciales que pueden afectar al logro de los objetivos estratégicos de la organización. En este contexto, la ingeniería se configura como una respuesta técnica a los riesgos que superan los niveles de tolerancia establecidos, aportando soluciones orientadas a la reducción de la incertidumbre y al refuerzo de la resiliencia.

Impulso del riesgo sobre la ingeniería

El proceso de gestión del riesgo contempla una fase específica dedicada a la selección del tratamiento más adecuado. Entre las opciones disponibles se incluyen evitar el riesgo, eliminar su fuente, aceptarlo o retenerlo, compartirlo o actuar sobre su probabilidad o consecuencias. Cuando la estrategia seleccionada implica modificar la probabilidad de ocurrencia o mitigar las consecuencias del evento adverso, la ingeniería desempeña un papel central como disciplina habilitadora de soluciones técnicas.

Identificación de oportunidades de ingeniería

Las oportunidades de ingeniería emergen de manera sistemática a lo largo de las fases de identificación, análisis, evaluación y clasificación de los riesgos. Aquellos riesgos que se sitúan por encima de la tolerancia definida por la organización requieren acciones correctoras, siendo la ingeniería una de las principales vías para su tratamiento eficaz y estructurado.

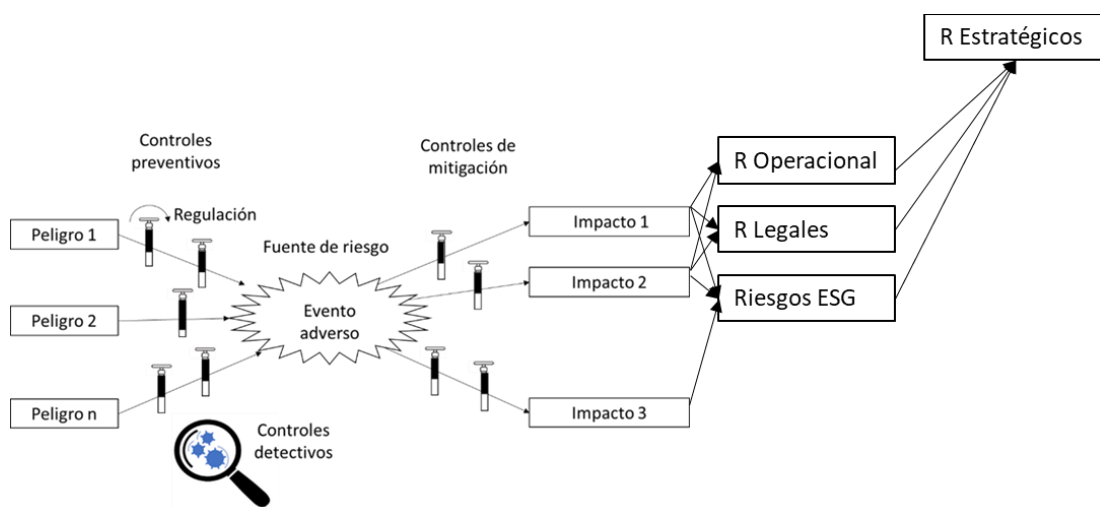
La ingeniería frente a otras disciplinas

La ingeniería compite en el tratamiento del riesgo con otras disciplinas de carácter organizativo, financiero o procedimental. La alternativa finalmente adoptada dependerá del valor global que aporte a la organización, siendo el análisis coste-beneficio un elemento determinante para justificar la aplicación de soluciones de ingeniería.

Riesgos que impulsan la actividad de ingeniería

Desde una perspectiva empresarial, los riesgos operacionales y los riesgos ESG destacan como los principales impulsores de la actividad de ingeniería. Los riesgos operacionales abarcan interrupciones de negocio, fallos de procesos y controles internos, errores humanos, fallos tecnológicos, riesgos intencionados, disrupciones en la cadena de suministro y riesgos de origen natural. En el ámbito de los riesgos ESG (Ambientales, Sociales y de Gobernanza), las oportunidades para la ingeniería se concentran principalmente en los riesgos medioambientales.

Algunos riesgos pueden relacionarse con otros y escalar la incertidumbre sobre los resultados de la empresa. La ingeniería debe aplicarse de forma sistémica para decidir las mejores opciones para la organización, y que no siempre se centrará en reducir la probabilidad o el impacto del evento adverso.



Ambitos de aplicación de la ingeniería

Para dar respuesta al riesgo, la ingeniería puede aplicarse en distintas fases del ciclo de vida de los sistemas y procesos: diseño, controles preventivos, controles detectivos y controles de mitigación.

La aplicación en la fase de diseño persigue la reducción del riesgo inherente mediante enfoques de seguridad por diseño. Cuando esta opción no es viable, se recurre a controles orientados a reducir la probabilidad o las consecuencias de los eventos adversos.

La ingeniería aplicada a los controles preventivos, se centra en el diseño técnico para reducir la probabilidad de que el evento adverso ocurra. Por ejemplo, son controles preventivos:

- ☐ Un control que reduzca la influencia del error humano.
- ☐ Un control que detecte y actúe de forma anticipada al incidente.

La ingeniería en los controles mitigadores o reactivos no intenta evitar que el evento adverso ocurra, se orienta a limitar sus consecuencias. En este caso la ingeniería asume que el fallo es

posible y diseña controles para un fallo controlado, que limite escalar el incidente y que permita un tiempo de respuesta para reducirlo o contenerlo.

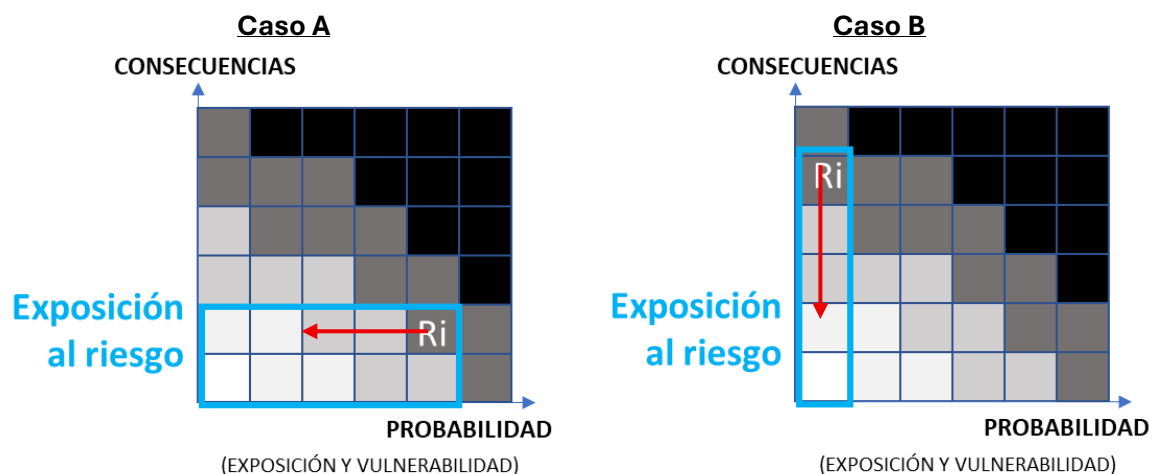
Los controles preventivos y reactivos deben supervisarse para que proporcionen conciencia del estado del sistema, qué está ocurriendo, qué ha ocurrido y si los controles son eficaces.

La ingeniería en los controles detectivos se centran en los aspectos técnicos de la detección de eventos no deseados, supervisión del sistema, trazabilidad de los eventos o los datos para la comprensión de los incidentes.

Requisitos del tratamiento del riesgo

Antes de iniciar el diseño del control, es necesario identificar el tipo de técnica empleada y los requisitos para el tratamiento. Para ello, se puede recurrir a herramientas de apoyo: Listas de comprobación orientadas al proceso, tormenta de ideas, técnicas Delphi, Dafo, Matriz Probabilidad Impacto, etc.

Una matriz probabilidad impacto orienta el tipo de control que se necesita, según se explica en los siguientes casos:



- A. Un riesgo de consecuencias moderadas y probabilidad alta, requiere que el control esté orientado a reducir la probabilidad. En este caso, hay más oportunidad reduciendo la probabilidad que reduciendo el impacto.
- B. Un riesgo de consecuencias altas y probabilidad baja, requiere que el control esté orientado a reducir las consecuencias. En este caso hay más oportunidad reduciendo las consecuencias que reduciendo el impacto.

Gestión del riesgo como vivero de oportunidades

La gestión del riesgo se ha consolidado como una función estratégica en la planificación empresarial, impulsada por entornos caracterizados por la incertidumbre y la necesidad de resiliencia.

La proliferación de normas y marcos de referencia internacionales para la gestión del riesgo refuerza su relevancia y evidencia su importancia como vivero de oportunidades para la ingeniería: ISO 31000 (Gestión del Riesgo), ISO 22301 (Continuidad de negocio), ISO 27001

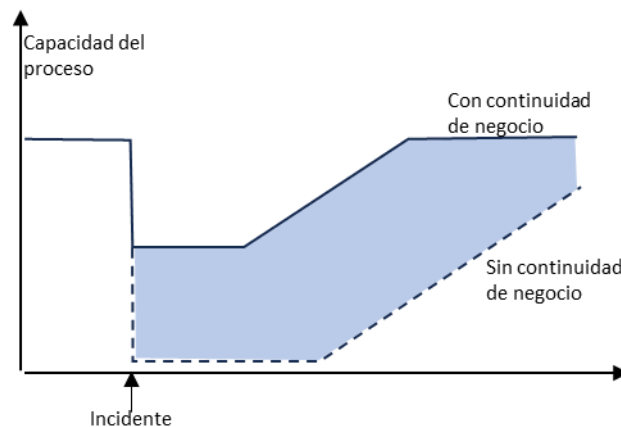
(Riesgo de información), ISO 28000 (Riesgo en la cadena de suministro), COSO ERM, NIST, Requisitos ESG, ESRM (Enterprise Security Risk Management), etc.

Oportunidades para la ingeniería en la gestión del riesgo

Analizar los riesgos aporta valor a la ingeniería, permite reformular los problemas, elimina restricciones absurdas, integra puntos de vista de otras disciplinas, entre otros beneficios. Para finalizar, se desarrollan algunas ideas para la ingeniería próximas a la gestión del riesgo.

- ☐ Si la empresa requiere asegurar que, ante un fallo, el servicio o el proceso siga funcionando, ¿Cuánta ingeniería se justifica para las medidas de continuidad de negocio?

La siguiente gráfica muestra la capacidad del proceso ante un incidente en dos circunstancias: Un proceso con continuidad de negocio y un proceso sin continuidad de negocio.



La reducción de la capacidad de proceso tiene un impacto monetario en la empresa, que se multiplica por el tiempo que permanece disminuida.

En la gráfica el espacio sombreado en azul representa el impacto potencial de un incidente concreto en la continuidad de negocio, y una proporción del área nos aporta la cantidad de ingeniería que se justificaría para su mejora.

- ☐ Supongamos que se pretende apoyar la ingeniería en un proceso de mejora continua de los procesos ¿Qué riesgos debemos analizar para identificar aquellos que están por encima de la tolerancia al riesgo de la empresa?

Analizar todos los riesgos posibles no es una opción adecuada, es necesario identificar los riesgos con mayor oportunidad a ser tratados con ingeniería.

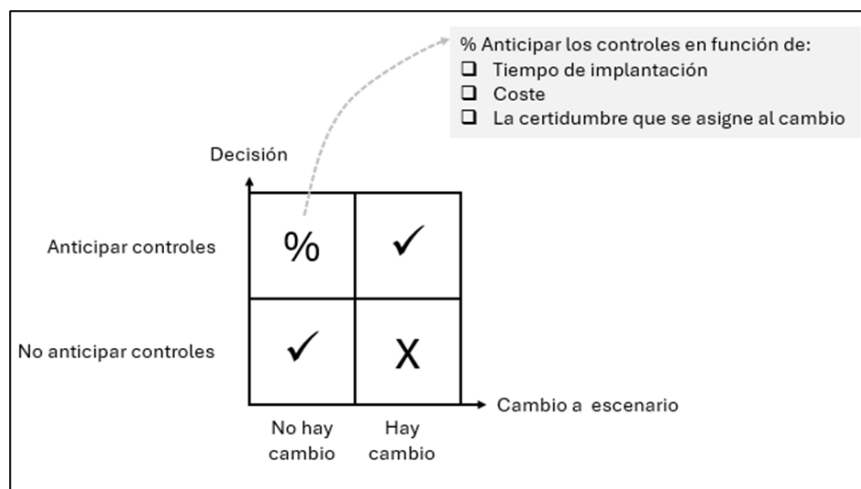
Para ello, identificamos los peligros a los que está expuesto el proceso y los activos del proceso sobre los que puede impactar. A continuación, mediante el análisis de experto se trata de identificar las duplas (peligro, activo) que pueden ser significativas y que pueden ser tratadas con soluciones de ingeniería.

Este planteamiento suele reducir significativamente los riesgos a analizar y enfocarse en los que tienen más oportunidad (usualmente entre un 10% y un 20% del total de riesgos).

En la ponencia se expuso un ejemplo en el que se redujo de 416 riesgos identificados a 67 riesgos a analizar. Y, finalmente se identificaron 7 riesgos que ofrecían verdaderas oportunidades de mejora con soluciones de ingeniería.

- Supongamos un futuro incierto que puede requerir un cambio muy importante en los procesos ¿Puede orientarse la ingeniería hacia un peor escenario?

En la ponencia se explicó el coste de anticipar controles que finalmente no resulten necesarios, y el coste de no anticipar controles hasta que no se alcance el peor escenario. La inteligencia de alertas ante un cambio de escenario es una herramienta muy útil, y la ingeniería permite avanzar en los controles para implementarlos cuando se confirme el cambio de tendencia.



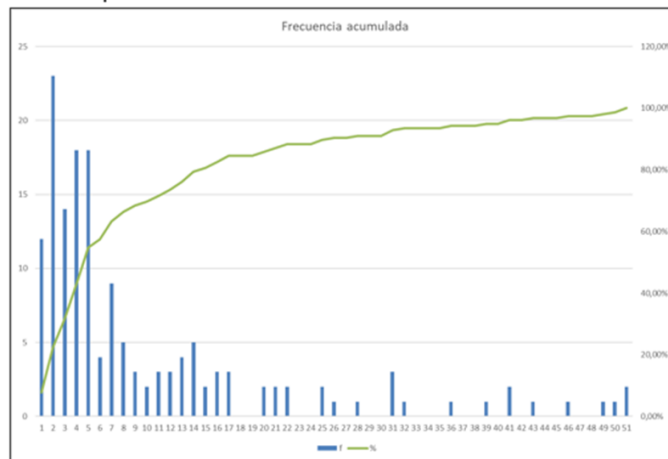
- El registro y clasificación de datos del proceso durante su explotación permitirá realizar mejores análisis del sistema. ¿Qué datos se requiere registrar?

La ingeniería debe hacer un esfuerzo por definir los datos que se requiere almacenar para los usos futuros del proceso: análisis avanzado, machine learning, análisis de logs y eventos.

Los datos registrados será información muy valiosa para la ingeniería, pero deben diseñarse para que pueda aportar el valor requerido, y ser una fuente de datos fiable tanto para el análisis como para el tratamiento de los riesgos.

En la ponencia se puso un ejemplo del análisis de log de eventos de alarma en un centro de control representado en la siguiente gráfica.

Ejemplo: Analice la siguiente gráfica, que indica la frecuencia de los tiempos de evaluación de los avisos de alarma.



El análisis de la frecuencia del tiempo de respuesta de cada incidente debería estar en los siguientes percentiles: 90 segundos para el $P_{80\%}$ y 180 segundos para el $P_{98,5\%}$. Esta información es útil, tanto para el análisis de riesgos como para su tratamiento.

Si el tiempo en atender un incidente es superior al requerido, la probabilidad que se produzca un daño aumenta considerablemente.

- ☐ ¿Tenemos en cuenta la madurez de los procesos en la ingeniería?

La madurez permite evaluar el avance de una nueva implantación de ingeniería que puede suponer un cambio de paradigma, y encontrar resistencias de las propias personas.

La madurez nos permite conocer el grado de integración de los medios técnicos, humanos y organizativos en los procesos, y nos aporta información tanto en el análisis de riesgos como en el tratamiento de los riesgos

Conclusiones

La ponencia confirma que el riesgo actúa como un factor impulsor de la ingeniería, al facilitar la identificación y priorización de oportunidades de mejora alineadas con los objetivos organizativos. La aplicación sistemática de la ingeniería basada en el riesgo contribuye a una asignación más eficiente de los recursos, refuerza la resiliencia empresarial y apoya la sostenibilidad de los procesos en entornos complejos e inciertos

Foro Social Sobre Ingenierías

para la Innovación y Desarrollo de la Provincia

Ingeniería basada en el riesgo

Por Ivan Ballesteros Ballesteros

Vicepresidente de AEINSE

13 de noviembre de 2025

RISK



Organiza



Diputación
de Córdoba

Colabora



Con el apoyo técnico



Ingeniería basada en el riesgo

Ivan Ballesteros Ballesteros

Ingeniería basada en el riesgo

¿Es el riesgo un factor impulsor o motriz de la ingeniería?

¿Cómo impulsa el riesgo la ingeniería?

Identifica oportunidades para mitigar o moderar el riesgo

¿Cómo se identifican las oportunidades de ingeniería a partir del riesgo?

Mediante el proceso de gestión del riesgo: Identificar, analizar, evaluar, clasificar.

Oportunidades para la ingeniería en el tratamiento de los riesgos que estén por encima de la tolerancia.

¿Compete la ingeniería en el tratamiento de los riesgos?

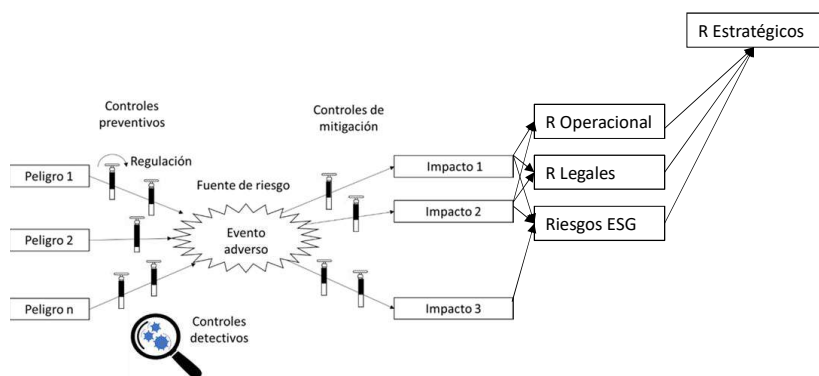
Si, y se aplica la mejor opción para la empresa.

¿Que riesgos pueden impulsar la ingeniería?

1. Riesgos estratégicos
2. Riesgos financieros
3. Riesgos operacionales
 - La interrupción de negocio
 - Fallos de procesos o controles internos
 - Errores humanos
 - Fallos tecnológicos o de sistemas
 - Intencionados (seguridad y ciberseguridad)
 - Interrupción de la cadena de suministro
 - Accidentes
 - De la naturaleza
4. Riesgos legales y de cumplimiento
5. Riesgos ESG
 - Medioambientales
 - Sociales
 - Gobernanza

Diapositiva 3 de 20

¿Cómo se relacionan los riesgos?



1. Riesgos estratégicos
2. Riesgos financieros
3. Riesgos operacionales
 - La interrupción de negocio
 - Fallos de procesos o controles internos
 - Errores humanos
 - Fallos tecnológicos o de sistemas
 - Intencionados (seguridad y ciberseguridad)
 - Interrupción de la cadena de suministro
 - Accidentes
 - De la naturaleza
4. Riesgos legales y de cumplimiento
5. Riesgos ESG
 - Medioambientales
 - Sociales
 - Gobernanza

Diapositiva 4 de 20

Ingeniería basada en el riesgo

¿Donde aplicamos la ingeniería?

En el diseño

En controles preventivos

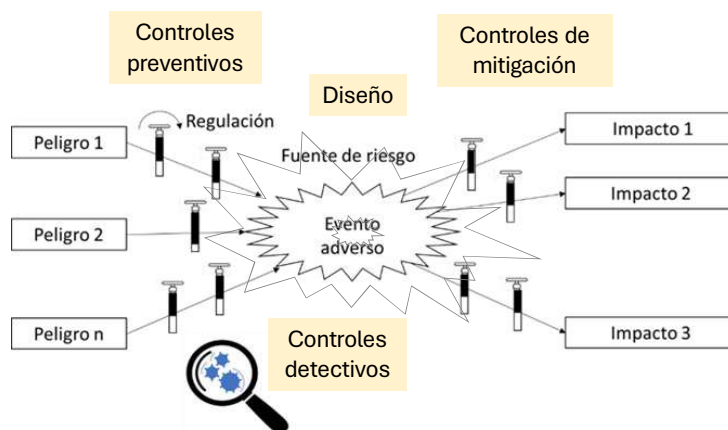
Actúan para reducir el peligro o el daño.

En controles detectivos

Orientados a encontrar errores en las operaciones, incluido en los controles.

En controles de mitigación

Se dirigen a reducir las consecuencias una vez se ha producido el daño.



Diapositiva 5 de 20

Enfoque de la ingeniería para el control del riesgo

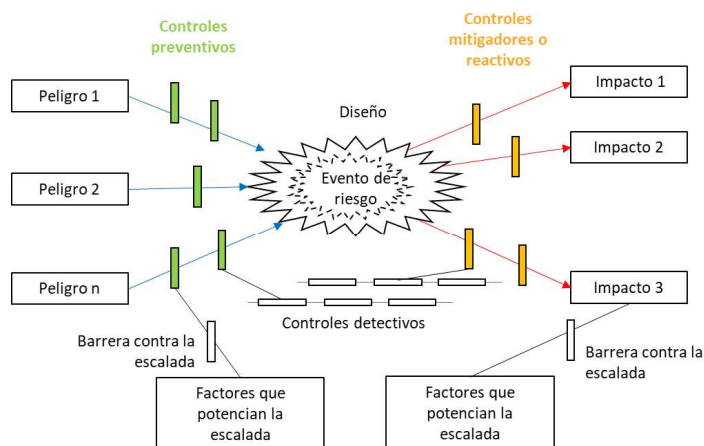
¿Dónde poner el foco?

Proceso iterativo para encontrar la forma mas eficaz y eficiente de reducir el riesgo.

1. En el diseño
2. En controles detectivos
3. En controles preventivos
4. En controles de mitigación

Herramientas de apoyo para identificar el control

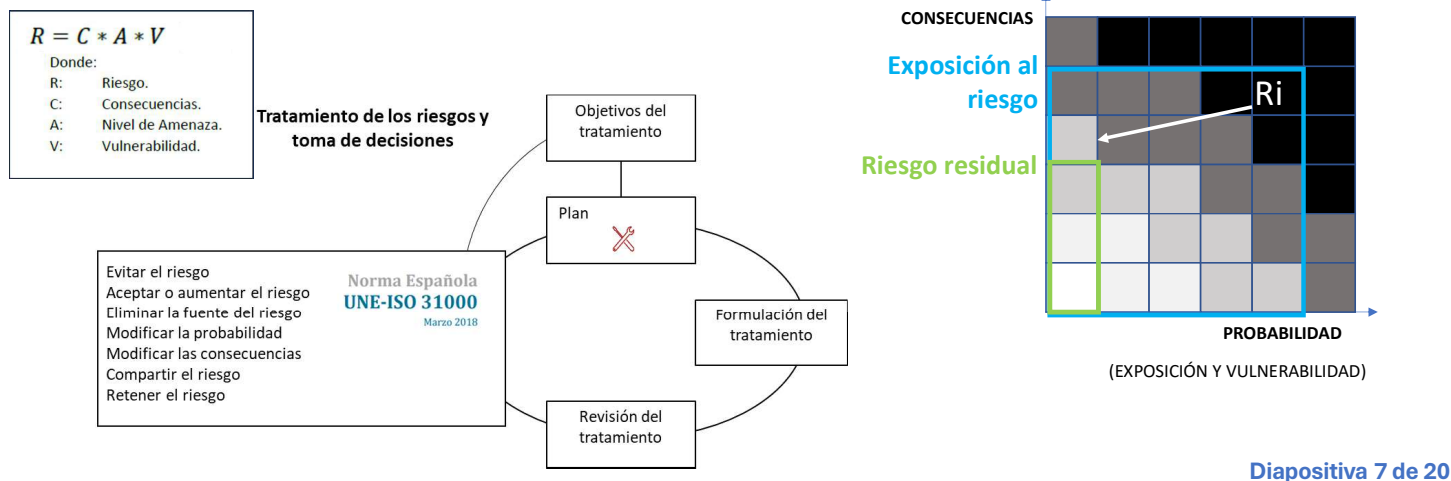
- Listas de comprobación
- Tormenta de ideas
- Delphi
- Dafo
- Matriz Probabilidad Impacto...



Diapositiva 6 de 20

Ejemplo de la Matriz Probabilidad Impacto

¿Dónde poner el foco?



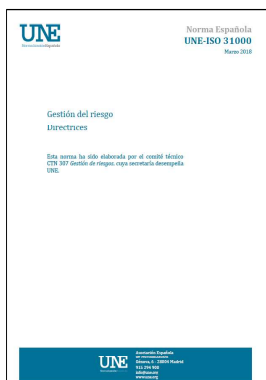
Ejemplo de la Matriz Probabilidad Impacto

¿Dónde poner el foco?



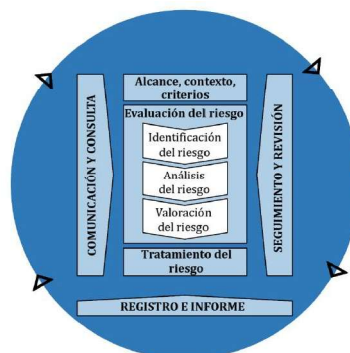
Gestión del riesgo

¿Es un vivero de oportunidades para la ingeniería?



Incluir:
ISO 27000 Seguridad de la Información
ISO 28000 Seguridad en la Cadena de Suministro

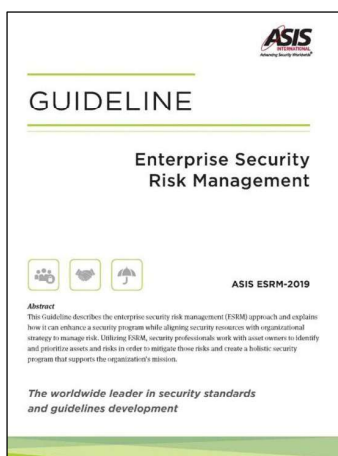
La gestión del riesgo es proceso periódico de identificación de oportunidades para el tratamiento del riesgo.



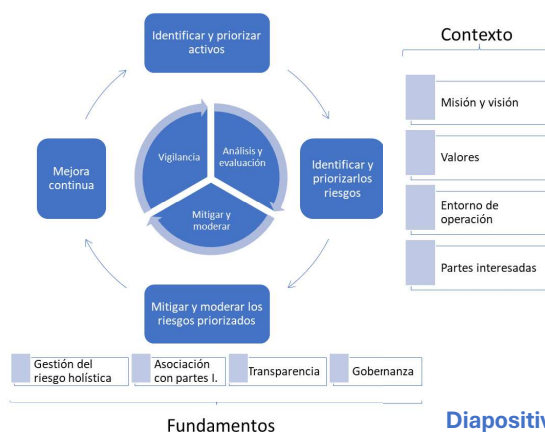
Diapositiva 9 de 20

Gestión del riesgo

¿Es un vivero de oportunidades para la ingeniería?



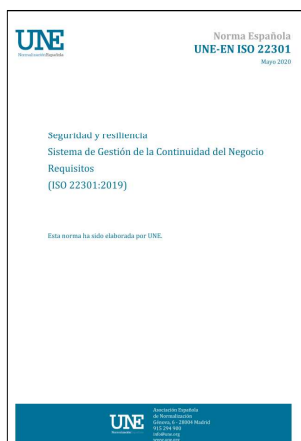
La gestión de la seguridad basada en el riesgo es proceso periódico de identificación de oportunidades para el tratamiento del riesgo.



Diapositiva 10 de 20

Gestión del riesgo

¿Es un vivero de oportunidades para la ingeniería?



Incluir:

ISO 22313 Directrices para la utilización de la norma ISO 22301

ISO 22317 Directrices para el análisis del impacto sobre el negocio

La gestión de la continuidad de negocio es un proceso periódico de identificación de oportunidades para mejorar la continuidad.

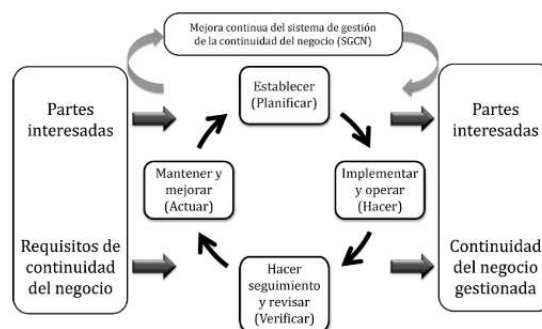


Figura 1 – Ciclo PDCA aplicado a los procesos de SGCN

Diapositiva 11 de 20

Ideas: Continuidad de negocio

¿Cuánta ingeniería justifica?

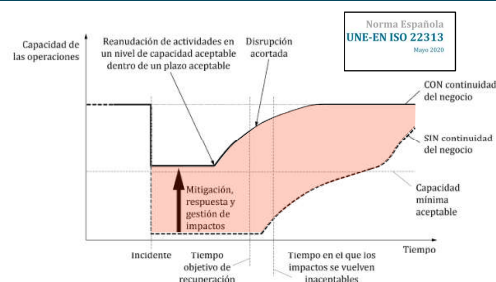


Figura 2 – Ilustración de la continuidad del negocio eficaz en un caso de interrupción repentina

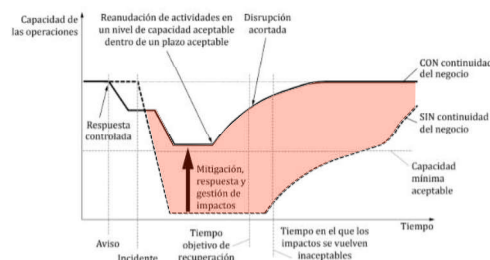


Figura 3 – Ilustración de la continuidad del negocio eficaz en un caso de interrupción gradual (por ejemplo, una pandemia que está avanzando)

Diapositiva 12 de 20

Ideas: Proceso de gestión de riesgos

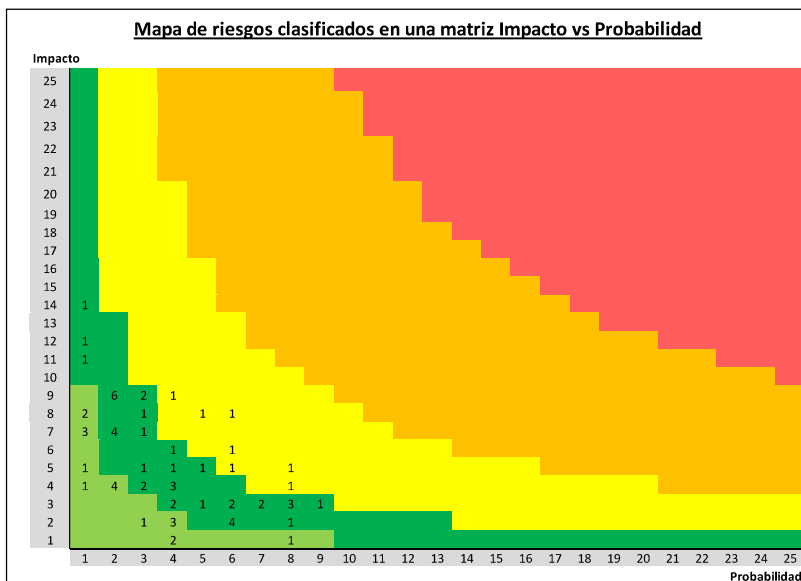
¿Qué riesgos debo analizar?

No se percibe	349	83,9%
Se percibe	67	16,1%
	416	

	Peligro 1	Peligro 2	Peligro 3	Peligro 4	Peligro 5	Peligro 6	Peligro 7	Peligro 8	Peligro 9	Peligro 10	Peligro 11	Peligro 12	Peligro 13	Peligro 14	Peligro 15	Peligro 16
Activo 1	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe
Activo 2	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 3	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 4	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe
Activo 5	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe
Activo 6	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	Se percibe
Activo 7	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe
Activo 8	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 9	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 10	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 11	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 12	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 13	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 14	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 15	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 16	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 17	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 18	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	Se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 19	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 20	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 21	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	Se percibe
Activo 22	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 23	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	Se percibe
Activo 24	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 25	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe
Activo 26	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	Se percibe	No se percibe	No se percibe

Diapositiva 13 de 20

Mapa de riesgos por clasificación de tratamiento		
Clasificación de los riesgos para el tratamiento	Nº de riesgos	Proporción
Muy bajo	18	26,9%
Bajo	42	62,7%
Medio	7	10,4%
Alto	0	0,0%
Muy alto	0	0,0%
Total	67	100,0%



Diapositiva 14 de 20

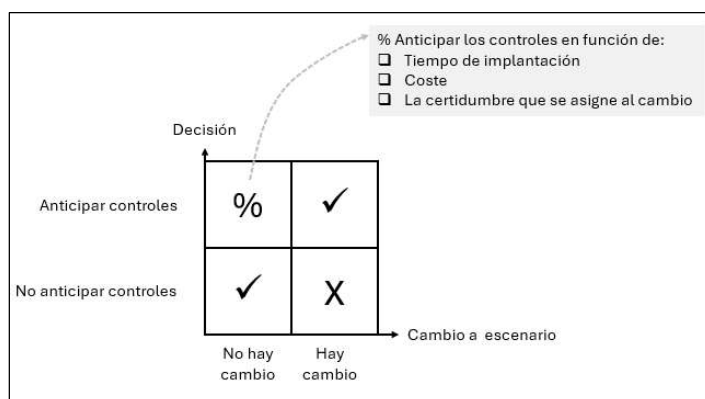
Ideas: **Hacia un peor escenario**

¿Ingeniería en avanzada?

El análisis de riesgos es un proceso dinámico y continuo. Los cambios en la exposición al riesgo son evaluados y tratados nuevamente.

¿Cuánto tenemos que anticipar la ingeniería?

¿Podemos anticipar la ingeniería hacia un peor escenario?



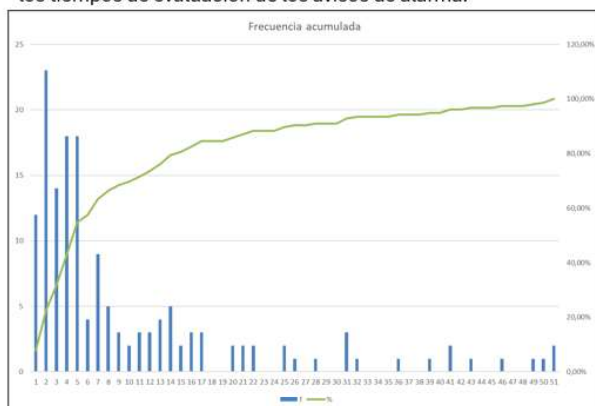
Diapositiva 15 de 20

Ideas: **Registros de incidentes y eventos**

¿Qué datos utilizo para el análisis?

Ejemplo: Tiempo de resolución de avisos

Ejemplo: Analice la siguiente gráfica, que indica la frecuencia de los tiempos de evaluación de los avisos de alarma.



TAPA FSR

El puesto de control reconoce la activación de la alarma y la escala en menos de 3 minutos.

Norma UNE-EN 50518 Centro de supervisión y recepción de alarmas

- ☐ Atracos, incendios, y otras alarmas de máxima prioridad:
30s para el P_{80%} y 60s para el P_{98,5%}
- ☐ Otras alarmas:
90s para el P_{80%} y 180s para el P_{98,5%}

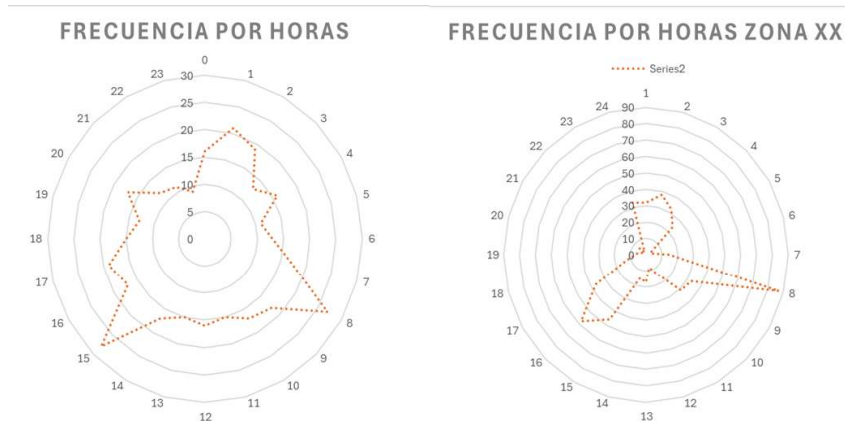
Diapositiva 16 de 20

Ideas: Registros de incidentes y eventos

Registro de los datos del cliente

Ejemplo: Frecuencia de ocurrencia de eventos

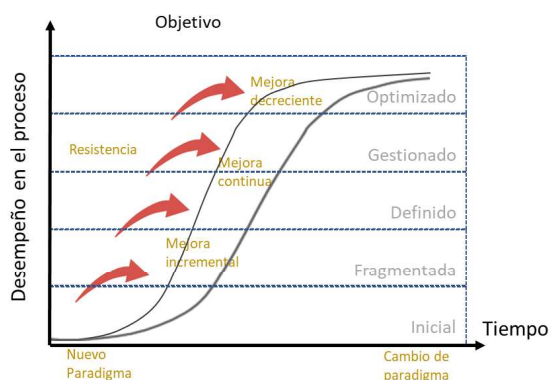
Límites sugeridos para la atención de alarmas por operador - IEC 62682/ISA-18.2	
Promedio de alarmas por hora	≤6
Promedio de alarmas por 10 minutos	≤1
Frecuencia de alarmas en un pico (10 minutos)	≤10
Máximo de alarmas por día	150
Máximo de alarmas en un pico sostenido	≤1 por minuto sostenido



Diapositiva 17 de 20

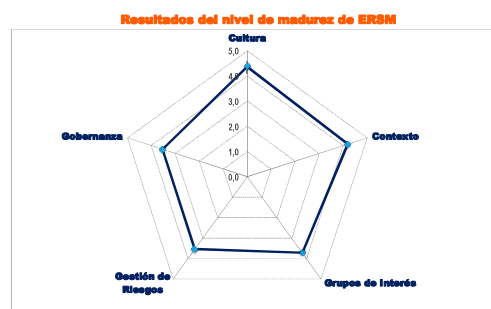
Ideas: Resistencia al cambio

¿Influye en la ingeniería?



Modelo de madurez

	CALIFICACIÓN					
	Componente	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Cultura	4,4	3,1	4,4	5,0	4,4	5,0
Contexto	4,2	5,0	3,3	5,0	3,4	4,2
Grupos de Interés	3,7	3,8	3,3	3,3	4,2	4,0
Gestión de Riesgos	3,5	2,5	3,1	5,0	3,8	4,4
Gobernanza	3,5	3,3	3,8	3,5	3,8	3,3
Programa ESRM	3,91					



Diapositiva 18 de 20

Ingeniería basada en el riesgo

¿Es el riesgo un factor impulsor o motriz de la ingeniería?

¿Cómo impulsa el riesgo la ingeniería?

Identifica oportunidades para mitigar o moderar el riesgo

¿Cómo se identifican las oportunidades de ingeniería a partir del riesgo?

Mediante el proceso de gestión del riesgo: Identificar, analizar, evaluar, clasificar.

Oportunidades para la ingeniería en el tratamiento de los riesgos que estén por encima de la tolerancia.

¿Compite la ingeniería en el tratamiento de los riesgos?

Si, y se aplica la mejor opción para la empresa.

Diapositiva 19 de 20

¡Muchas gracias!

EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE USO DUAL: OPORTUNIDADES Y RETOS

Prof. Dr. Gonzalo León Serrano

Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid

1. Carácter dual de la tecnología

El funcionamiento de una sociedad avanzada descansa en el despliegue y uso de *sistemas tecnológicos muy complejos*. Para el ciudadano medio *el funcionamiento* de los procesos y sistemas tecnológicos asociados a *servicios críticos de la sociedad* se da por hecho como si estuvieran asegurados para siempre (electricidad, comunicaciones, ...), pero eso no es así, ni siquiera en sociedades avanzadas. Además, *la evolución de la tecnología es muy rápida* y mantener la competitividad a nivel global requiere realizar frecuentes y complejos procesos de adquisición y sustitución de tecnologías para los que no siempre se está preparado.

Esta situación ha derivado en el interés de los gobiernos en **dominar las tecnologías clave e impedir que sus competidores las dominen**. Se emplean para ello tanto instrumentos de **poder duro** de carácter coercitivo como sanciones, bloqueos, o aranceles, así como otros de **poder blando** basados en influir en la toma de decisiones como son inversiones en otros países, créditos de bajo interés, formación, licencias de uso gratuitas, etc.

El **dominio de una tecnología** supone el conocimiento y control de un conjunto de elementos entre los que destacan los siguientes, y que ningún país consigue plenamente:

- **Acceder al conocimiento tecnológico** necesario.
- Disponer **de los materiales y componentes** requeridos para el desarrollo de productos y servicios tecnológicos avanzados.
- **Distribuir y desplegar productos y servicios** a usuarios en todo el mundo mediante redes de distribución globales fiables, eficientes, y con uso controlado.
- Disponer de un **marco legislativo y regulatorio inteligente** para la gobernanza de la tecnología que reduzca riesgos, proteja al ciudadano, y asegure su cumplimiento.
- Formar, atraer y retener **suficientes recursos humanos con conocimientos cualificados** sobre la tecnología.

La disponibilidad de todos estos elementos no está garantizada en una situación en la que **todos ellos se pueden convertir en armas geopolíticas**. De hecho, conseguir la interrupción del acceso a componentes básicos necesarios para el funcionamiento estable de la sociedad se ha convertido en un **“arma”** empleada en los conflictos geopolíticos entre países. En la figura 1 se puede ver algunas de estas armas de carácter geopolítico entre las que se ha destacado el **acceso a productos y servicios tecnológicos** que, a su vez, influye y se ve influido por los problemas en el acceso a productos tecnológicos en rutas comerciales y el intercambio de datos en redes satelitales, terrestres o submarinas, así como asegurar la integridad de la información que se intercambia.



Figura 1. Armas empleadas en los conflictos geopolíticos entre países. Fuente: elaboración propia

El incremento de los riesgos geopolíticos está modificando la forma en la que **evoluciona el proceso de globalización**. En la figura 2 puede verse el paso desde una fase en la que era común la búsqueda de eficiencia económica en la producción y distribución de productos, deslocalizando geográficamente la producción a dónde fuese económicamente más conveniente y fabricando cuando fuese necesario (producción “just in time”), a otra en la que la ruptura de las cadenas globales de provisión, hizo priorizar la resiliencia de las cadenas globales y a atender crisis generales como sucedió con el COVID-19.

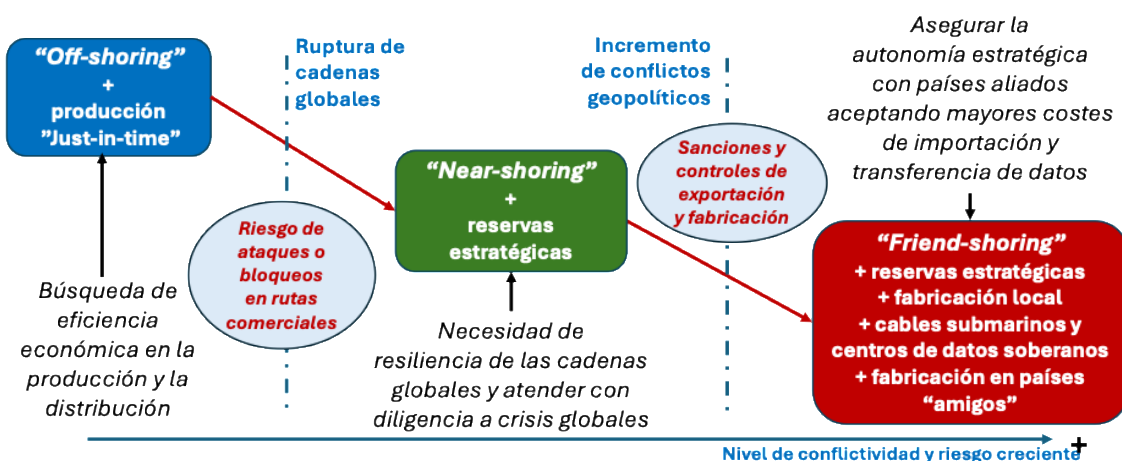


Figura 2. Evolución del proceso de globalización en función del nivel de conflictividad y del riesgo geopolítico. Fuente: elaboración propia

Finalmente, el incremento de la conflictividad y los riesgos geopolíticos ha derivado en el objetivo de **asegurar la autonomía estratégica**, apoyándose en países aliados, aunque ello suponga aceptar mayores costes de importación de productos y de transferencia de datos. En resumen, si bien la **globalización no ha muerto**, se está transformando y no necesariamente con la vuelta de la producción a los países de origen.

A todo lo indicado, se suma la necesidad de asegurar los suministros en el caso de que se produzca una situación de conflicto con implicaciones en aquellas tecnologías de uso dual: con aplicaciones civiles y militares. Ello ha incrementado la **relevancia de asegurar el uso dual de muchos sistemas tecnológicos** en los que **las fronteras entre ambos dominios son cada vez más borrosas**. Sin un análisis detallado del fenómeno de la dualidad no es posible establecer las políticas públicas y empresariales focalizadas más convenientes para aprovechar el esfuerzo dedicado a su desarrollo y **dotar a la sociedad de una mayor resiliencia** ante potenciales conflictos.

El término de "**doble uso**" se refiere de manera informal a *bienes, software y tecnologías que pueden utilizarse tanto con fines civiles como militares*. Este doble uso no es un fenómeno nuevo, pero su interpretación, sus riesgos, y su importancia estratégica han cambiado fundamentalmente con el tiempo. Hoy día, el concepto de uso dual es mucho más amplio, y no se limita a determinados productos físicos; incluye también sistemas software, conjuntos de datos, y el conocimiento sobre tecnologías emergentes y disruptivas.

La figura 3 presenta de forma esquemática un **marco de análisis del uso dual de las tecnologías** dentro del marco global del uso de la tecnología, tanto civil como militar. La figura pretende mostrar que, salvo en el caso de algunos sistemas de armas, **es posible "adaptar" un producto tecnológico diseñado para una aplicación civil a una militar y viceversa con diferentes grados de coste y complejidad**.

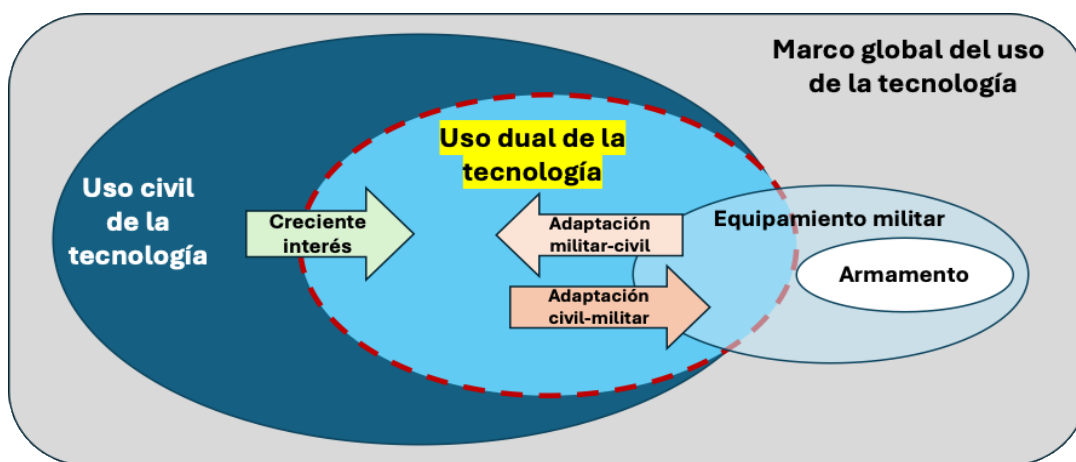


Figura 3. Marco global del uso de la tecnología. Fuente: elaboración propia

Partir de un producto preexistente en el mercado civil para su uso en el mercado militar requiere un **proceso de adaptación** que puede afectar a tecnologías, sistemas, procesos, proyectos o servicios; proceso que será más o menos largo, complejo y costoso en función del producto concreto y de la experiencia de la empresa implicada. En la figura 3 se han representado esquemáticamente **posibles procesos de adaptación tecnológica** en el sentido **civil-militar**, así como en el sentido **militar-civil**. Estos procesos adaptativos tienen su fundamento económico en que el incremento de **riesgos geopolíticos** ha incrementado la presión para desarrollar tecnologías y sistemas derivados que puedan emplearse para proporcionar "**soluciones**" a **necesidades urgentes** aprovechando resultados previos en plazos relativamente cortos.

La historia de la tecnología está repleta de ejemplos de **desarrollos militares que han desembocado en aplicaciones civiles de enorme impacto** (p.ej. el radar, los ordenadores, los semiconductores, la Internet, el microondas, o el sistema de navegación GPS). Se trata de tecnologías que, casi siempre, han surgido (o se ha acelerado su madurez) en el contexto de periodos de conflictos militares de alta intensidad.

Actualmente, vivimos un periodo en el que la adaptación militar-civil ha cambiado de signo; hoy día, son múltiples las **tecnologías ideadas para los mercados civiles las que se adaptan a los mercados militares** en un momento de incremento de los conflictos geopolíticos y la necesidad de disponer de soluciones de forma urgente; mucho mejor, si la base de esas soluciones estaban ya desarrolladas en mercados civiles y el proceso de adaptación fuese factible técnica y económicamente. Los **mercados civiles**, impulsados por miles de millones de usuarios de sus

servicios, enormes inversiones, y modelos de innovación acelerada, son los que han marcado la pauta de su desarrollo y expansión en la sociedad.

Generalmente, el desarrollo de un producto de cierta complejidad obliga a emplear un **conjunto de tecnologías con papeles y condiciones de uso muy diferentes** en función del producto y del sector de aplicación. Referido al papel que diversas tecnologías pueden jugar en un desarrollo concreto, algunas tecnologías han adquirido un **papel “habilitador”**; es decir, sirven como base para el desarrollo de sistemas tanto civiles como militares integradas junto a otras tecnologías. Las **tecnologías habilitadoras** actuales más relevantes son las siguientes:

- Microelectrónica (base de los circuitos integrados de semiconductores).
- Nanotecnología (base de nuevos materiales empleados en muchos sectores).
- Inteligencia artificial (base de la automatización de decisiones y robótica inteligente).
- Tecnologías cuánticas (base de la próxima disrupción en ámbitos de comunicaciones, sensores y computación).
- Biología sintética (base de la generación de fármacos, productos agroalimentarios, nanobiomateriales, nanobioelectrónica).

Asimismo, puede hablarse de **tecnologías transversales duales** como es el caso de la **ciberseguridad** y de la **simulación** que, aunque específicas, y ellas mismas apoyadas en las tecnologías habilitadoras, se integran en la mayor parte de sistemas tecnológicos para incrementar su nivel de seguridad en la operación o para facilitar su desarrollo y evolución posterior, respectivamente. Realmente, parte de la competición tecnológica con repercusiones militares entre China y Estados Unidos se lleva a cabo en el terreno de la **ciberseguridad**.

Con el enfoque presentado, el desarrollo de un sistema tecnológico de uso dual, ya sea un producto, proceso o servicio, requiere **integrar un conjunto de componentes y subsistemas que harán uso de diversas tecnologías habilitadoras, transversales o específicas** del dominio concreto del que se trate. La importancia relativa de cada una de ellas puede ser muy diferente, pero, en todo caso, los diseñadores deberán disponer de un dominio suficiente de las mismas junto al conocimiento detallado del sector y del tipo de producto, y asegurar la provisión de los componentes y sistemas necesarios a través de **redes de provisión globales eficientes y seguras**.

Con el fin de precisar mejor el concepto de uso dual en aplicaciones civiles y militares debe distinguirse entre **infraestructuras duales**, **productos duales**, **servicios duales**, y **procesos de diseño y fabricación duales** (véase la figura 4). El uso de cualquiera de los ejemplos señalados en la figura 4 surgidos del ámbito civil para su uso militar puede implicar, además, la necesidad de satisfacer diversas **restricciones de acceso que no son técnicas sino políticas**. Entre estas últimas deben considerarse los procedentes de situaciones derivadas de conflictos militares o geopolíticos entre grandes potencias que han llevado a establecer **controles de exportación** a determinados países o de **importación** desde otros países de determinados componentes (p.ej. dispositivos semiconductores o materiales).

Un ejemplo de estos condicionamientos políticos es el de la **dualidad de los servicios de acceso a Internet proporcionados por constelaciones de satélites de órbita baja**. Este servicio es **muy relevante** cuando se ofrece en zonas conflictivas o remotas en las que no es posible emplear otros métodos. El caso de los **servicios de comunicaciones satelitales** proporcionados por **Starlink** (desarrollado por la empresa *Space X*) en *Ucrania* desde 2022 indica que, aunque fuese técnicamente posible acceder a Internet distribuyendo o vendiendo los equipos de conexión a los usuarios finales, su uso estaba sometido a **restricciones políticas de la empresa y del gobierno de Estados Unidos**.

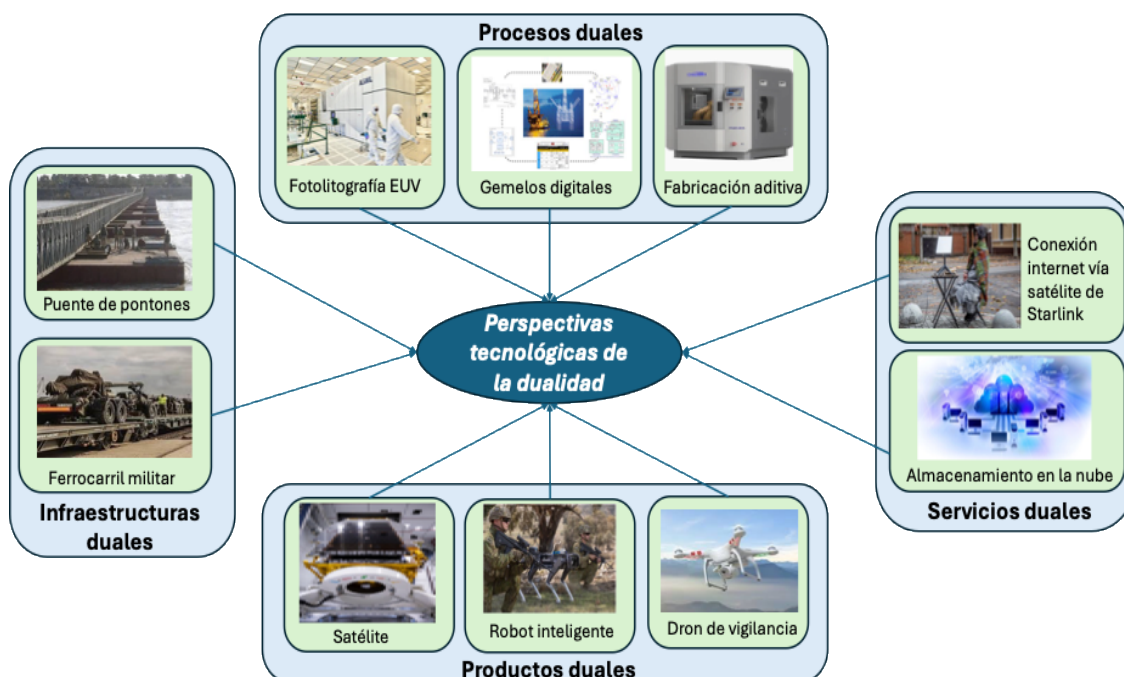


Figura 4. Taxonomía de sistemas tecnológicos duales. Fuente: elaboración propia

Dede una visión tecnológica, la figura 5 indica cómo las tecnologías habilitadoras de uso dual, se emplean en áreas tecnológicas duales, y se integran en sistemas militares que nutren las **plataformas militares finales** como son los aviones de combate, buques, tanques o satélites.

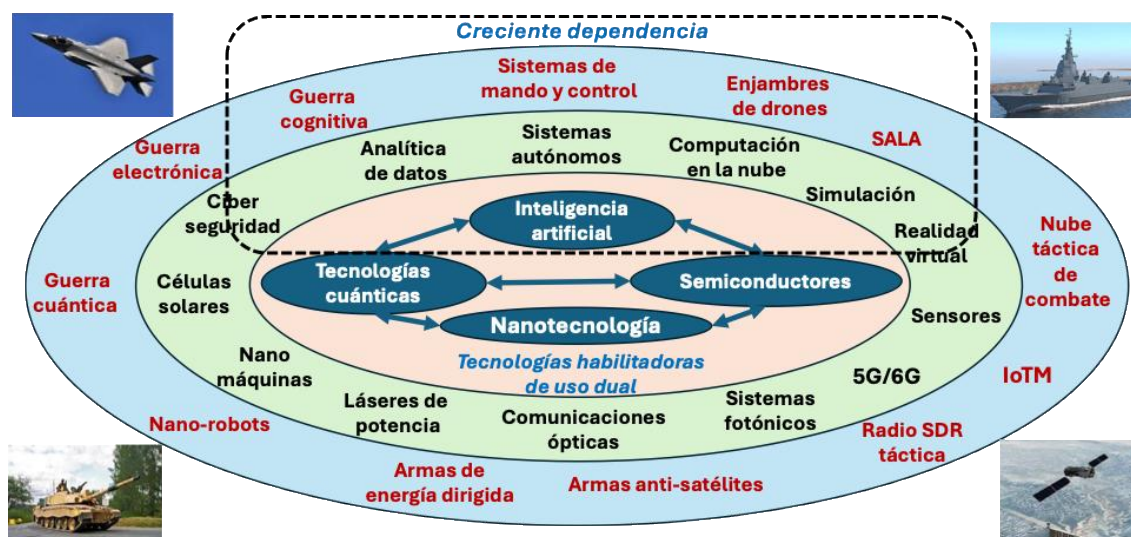


Figura 5. Tecnologías duales del ámbito TIC y su uso en sistemas militares. Fuente: elaboración propia

4. Autonomía estratégica de la Unión Europea

Las secciones anteriores relativas a la importancia de la tecnología en los riesgos geopolíticos y en la evolución del proceso de globalización, hizo prestar atención al papel de las tecnologías de uso dual (civil y militar). Este proceso ha derivado en el **interés de los países en incrementar su "autonomía estratégica"**. Una definición comúnmente empleada en la Unión Europea (UE) es

la de los Servicios de Estudios del Parlamento Europeo que la define como la “*Capacidad de actuar de forma autónoma, de confiar en los propios recursos en ámbitos estratégicos clave y de cooperar con los socios cuando sea necesario*”. En la figura 6 se indica como la autonomía estratégica depende en gran medida de conseguir un nivel adecuado de “**soberanía tecnológica**”, tanto en asegurar el acceso a componentes y productos críticos, en disponer de capacidad de fabricación o en disponer de licencias de uso de las tecnologías necesarias.

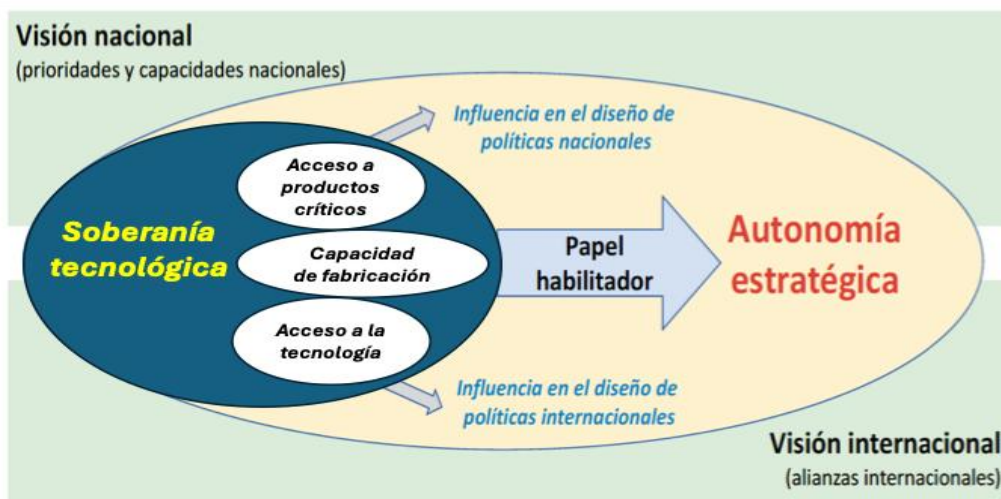


Figura 6. Relación entre soberanía tecnológica y autonomía estratégica . Fuente: elaboración propia

En el caso de la UE, su soberanía tecnológica es limitada, ya sea en tecnologías habilitadoras como son los semiconductores o las plataformas de inteligencia artificial, como en productos finales de uso dual que las integran (caso de sistemas de guerra electrónica, aviones de combate o sistemas de mando y control por citar algunas). Mejorar este nivel supone:

- **Incrementar las capacidades propias** en los eslabones de las cadenas de valor. Para ello, se precisa disponer de capacidades para **extraer y refinar materias primas**, así como el diseño, la fabricación, y la integración de productos y servicios, protegiendo la propiedad intelectual.
- **Diversificar proveedores tecnológicos** para reducir riesgos en la provisión. Ello implica la búsqueda de proveedores seguros en países cercanos si fuera posible, aunque ello implique **mayores costes y retrasos** en importaciones.
- Reducir cuellos de botella mediante **alternativas tecnológicas** en las que exista un control suficiente o superior al existente actualmente. Nuevos procesos productivos con dominio de la propiedad intelectual. Las tecnologías habilitadoras con **proveedores muy concentrados** son difíciles de sustituir como ocurre en el caso de las tierras raras que, en un alto porcentaje, proceden de China.

Un escaso nivel de soberanía tecnológica influye negativamente en la soberanía digital, la energética, la industrial o la de defensa tal y como se indica en la figura 7. No es extraño por ello, que la UE haya acordado con máxima prioridad mejorar el nivel de soberanía tecnológica al final de la presente década, y reducir la dependencia de otros países.

Asimismo, debe destacarse que la mejora de la soberanía tecnológica en un determinado ámbito, no es solo cuestión de incrementar los recursos materiales para lo que es necesario un incremento sostenido de los presupuestos, sino también de la **necesidad de asegurar la disponibilidad de recursos humanos bien formados y en número suficiente en el ámbito tecnológico considerado**. Esta ha sido una preocupación de la industria de defensa europea que

ha llevado a la Comisión Europea y al Consejo a establecer algunas actuaciones urgentes para capacitar a **600.000 personas en defensa y seguridad hasta 2030**: un esfuerzo considerable.

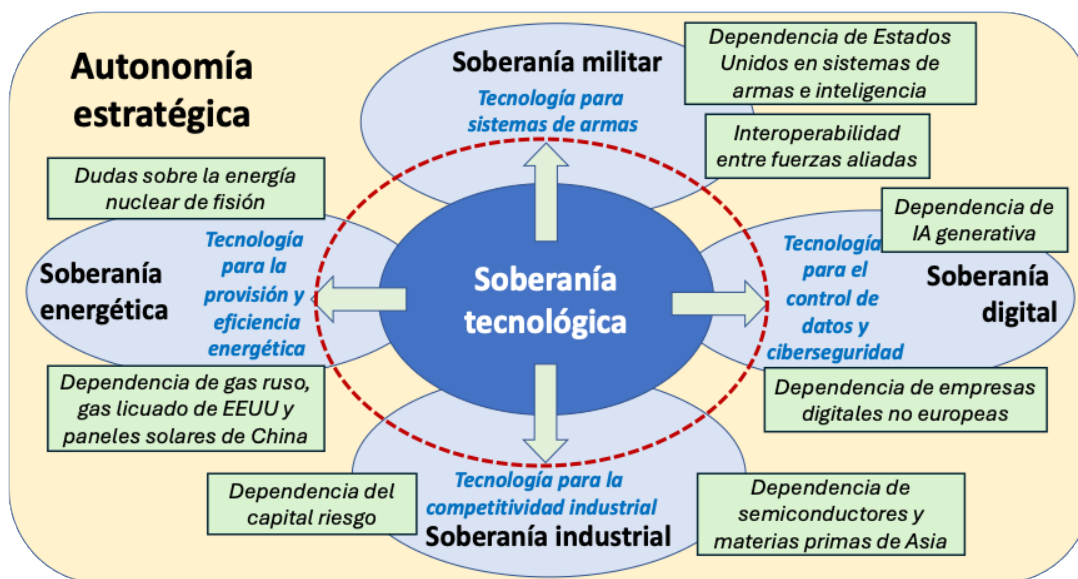


Figura 7. Impacto de la soberanía tecnológica en políticas sectoriales. Fuente: elaboración propia

Finalmente, debe destacarse que nos encontramos en la negociación de la Propuesta de **Marco Financiero Plurianual MFP 2028-2034** de la UE en el que el peso de las tecnologías duales crecerá. El previsto **Fondo Europeo de Competitividad** propone dedicar 175.300 M€ al programa *Horizonte Europa* y 130.700 M€ al ámbito de la *defensa y espacio*, lo que supone un incremento considerable para incrementar la autonomía estratégica europea en tecnologías duales.

6. Conclusiones

Del análisis realizado se desprenden las siguientes conclusiones:

- El control de la tecnología se ha convertido en un arma estratégica en la batalla geopolítica entre grandes potencias.
- Ningún país puede desarrollarse de modo autárquico lo que implica aceptar dependencias tecnológicas poniendo en marcha estrategias de reducción de dependencias críticas a medio y largo plazo.
- La dualidad de la tecnología se concreta en productos, procesos, servicios e infraestructuras de uso civil y militar.
- El carácter dual de las tecnologías habilitadoras ha impulsado sanciones y restricciones de importación/exportación con impacto en las cadenas globales de provisión.
- La UE presenta débil soberanía tecnológica comparada con otras potencias en tecnologías habilitadoras como la IA o semiconductores, lo que ha llevado a la UE y a sus Estados miembros a aprobar diversas medidas para incrementar su soberanía tecnológica durante la presente década, con especial énfasis en el sector de la defensa y la seguridad.
- Existe una oportunidad para atraer y retener talento tecnológico en la UE, si se reacciona con agilidad, flexibilidad, y visión a largo plazo.



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

Evolución de las tecnologías duales: oportunidades y retos

Gonzalo León

Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid

Vicepresidente Fundación Círculo de Tecnologías para la defensa y la seguridad

Académico correspondiente de la Academia de las Artes y las Ciencias Militares

Noviembre de 2025

1

1



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

Situación geopolítica inestable

La disrupción del acceso a componentes básicos necesarios para el funcionamiento estable de la sociedad se ha convertido en un “arma” empleada en los conflictos geopolíticos entre países



2

2

Relevancia estratégica de la tecnología (I)

El funcionamiento de una sociedad avanzada descansa en el despliegue y uso de **sistemas tecnológicos muy complejos**.

- ✓ Para el ciudadano medio **el funcionamiento** de los procesos y sistemas tecnológicos asociados a **servicios críticos de la sociedad** se da por hecho... como si estuvieran asegurados para siempre (electricidad, comunicaciones, ...)
... pero eso no es así, ni siquiera en sociedades avanzadas.
- ✓ **La evolución de la tecnología es muy rápida** y mantener la competitividad a nivel global requiere realizar frecuentes y complejos procesos de adquisición y sustitución de tecnologías
... para los que no siempre se está preparado (ganadores y perdedores).
- ✓ Dominar las tecnologías e **impedir que mis competidores las dominen**
... empleando poder duro (sanciones, bloqueos) y blando (influencia)



Uso del acceso a la tecnología como arma en los conflictos geopolíticos

3

3

Relevancia estratégica de la tecnología (II)

El **dominio** de tecnologías avanzadas requiere:

- ✓ **Acceder al conocimiento tecnológico** necesario.
- ✓ Disponer de **los materiales y componentes** requeridos para el desarrollo de productos y servicios tecnológicos.
- ✓ **Distribuir y desplegar productos y servicios** a usuarios en todo el mundo mediante redes de distribución globales fiables, eficientes, y con uso controlado.
- ✓ Disponer de un **marco legislativo y regulatorio inteligente** para la gobernanza de la tecnología que reduzca riesgos, proteja al ciudadano, y se cumpla.
- ✓ Formar, atraer y retener **suficientes recursos humanos con conocimientos cualificados** sobre la tecnología.

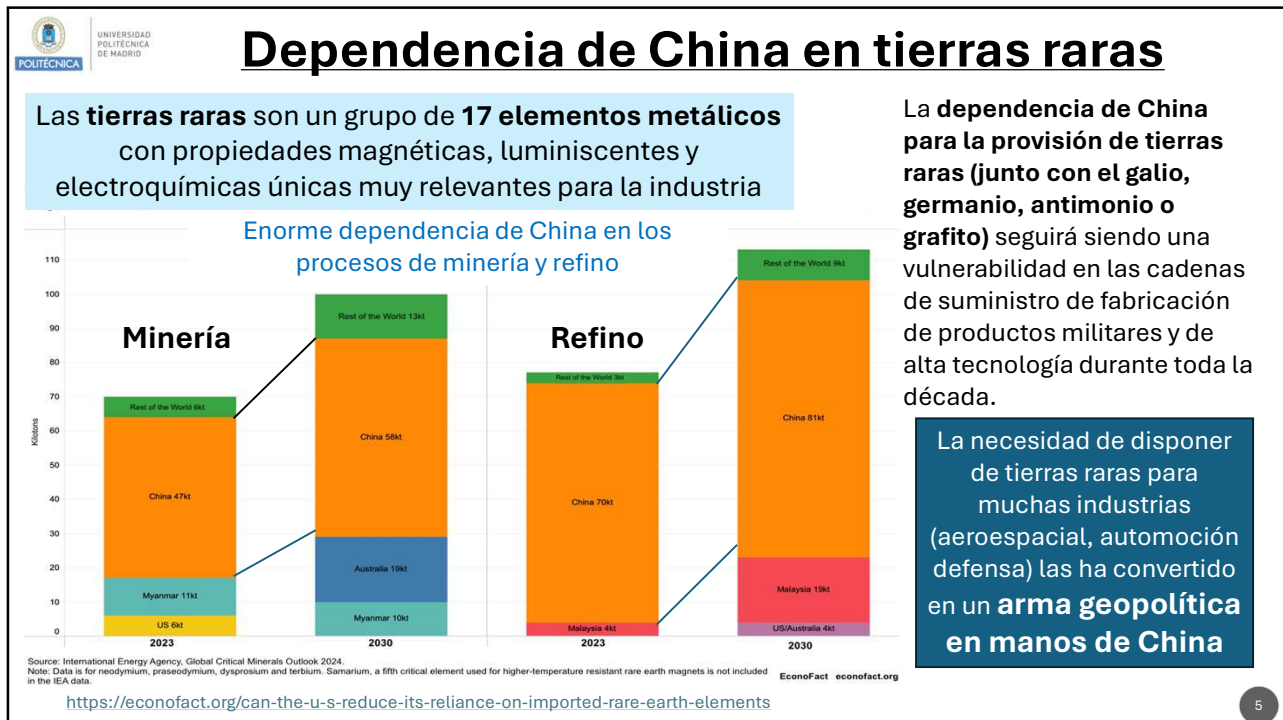
Estos elementos no están garantizados en una situación en la que todos se pueden convertir en armas geopolíticas



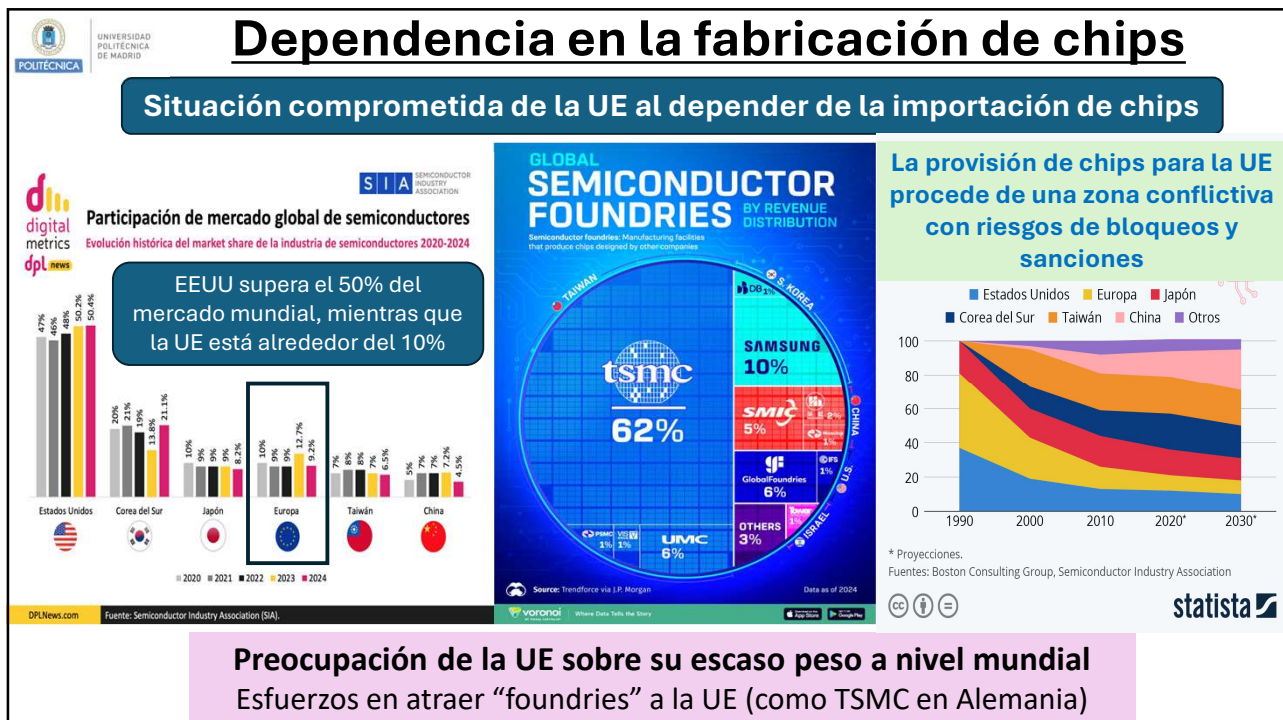
Asegurar las tecnologías clave requiere desarrollar políticas públicas a largo plazo para mejorar la competitividad y reducir las dependencias tecnológicas

4

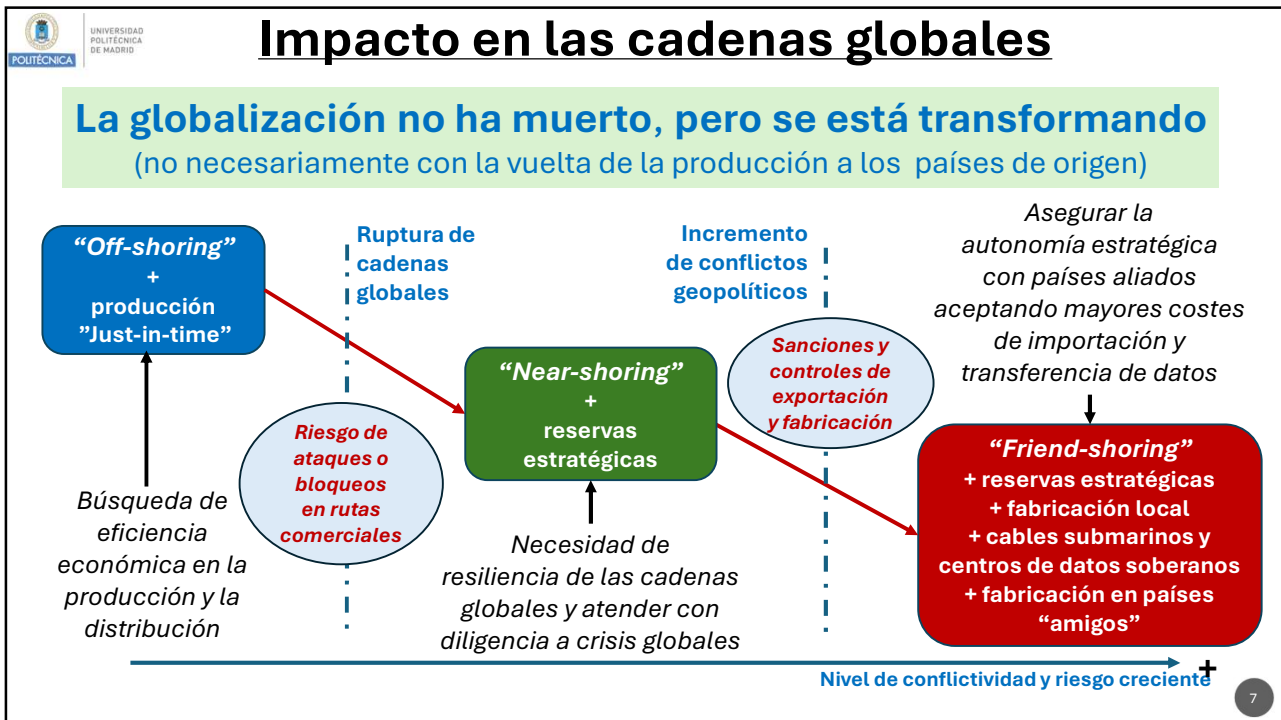
4



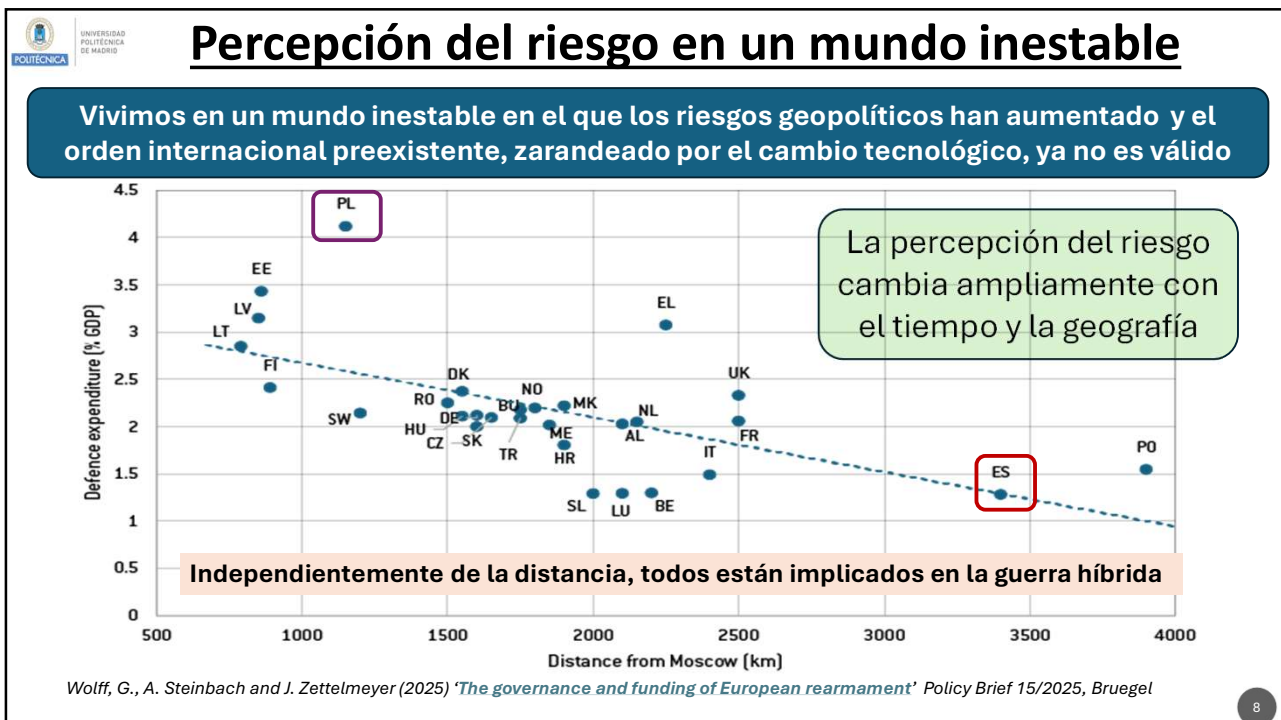
5



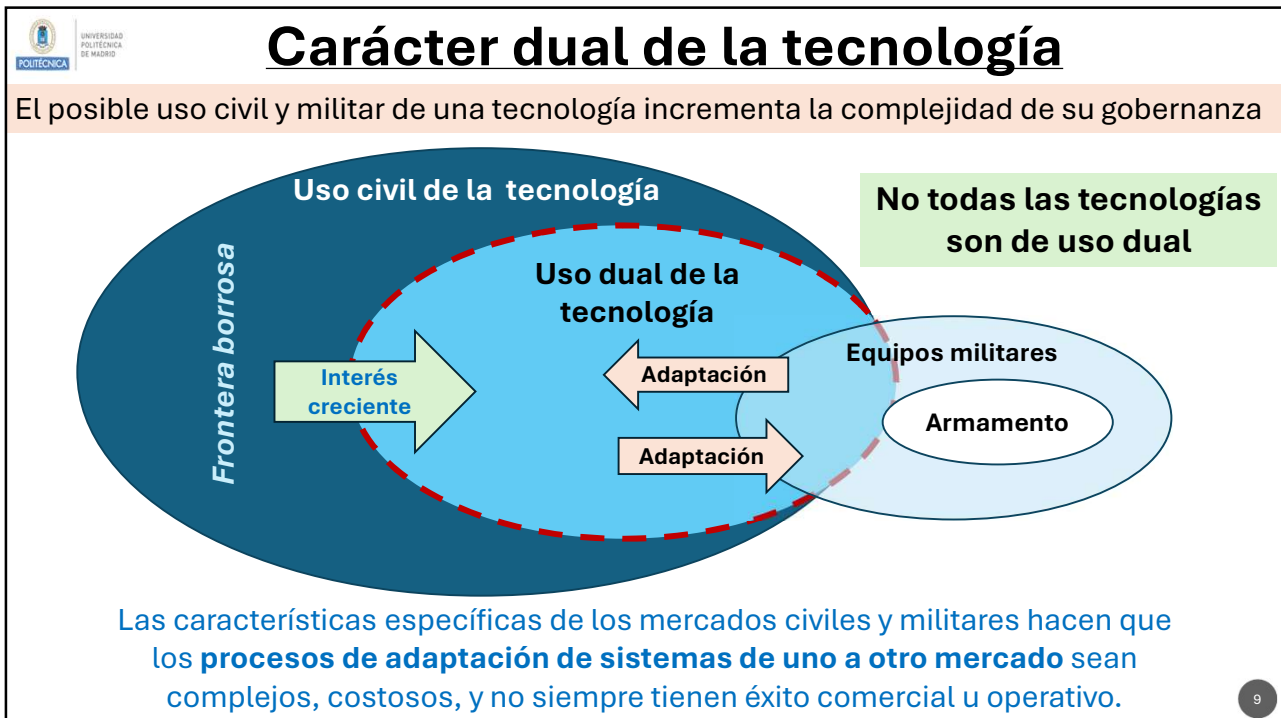
6



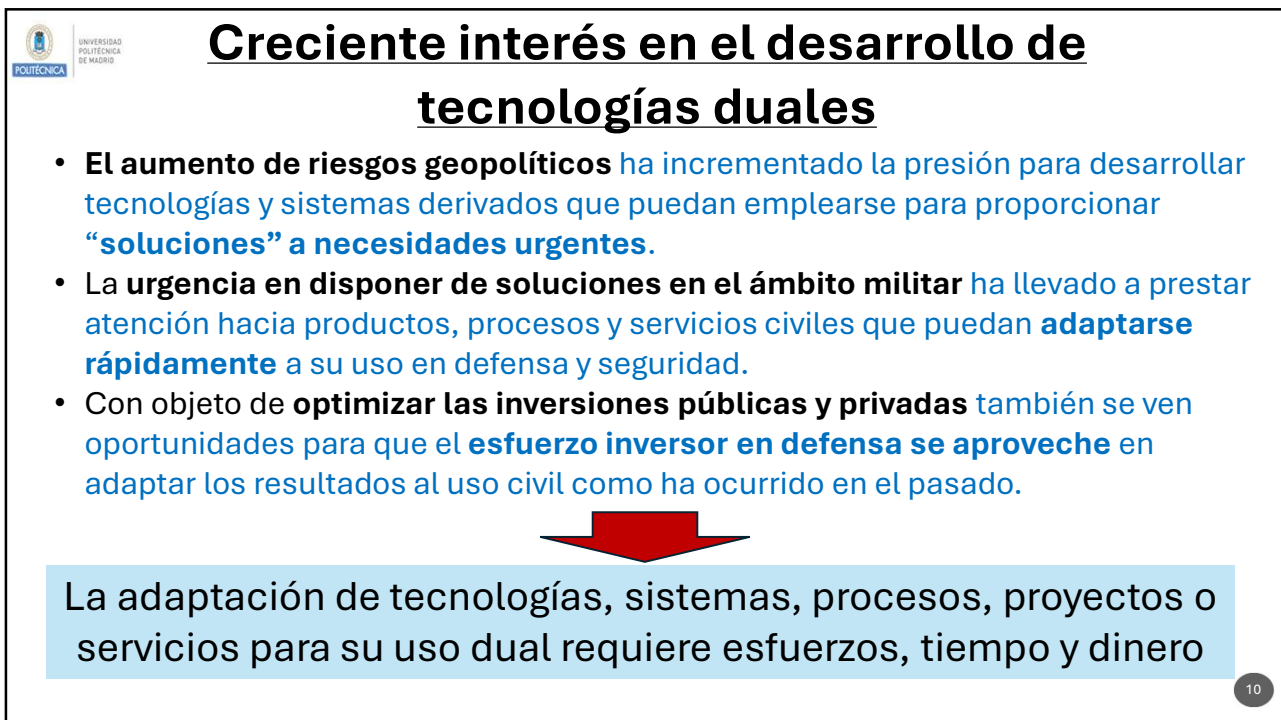
7



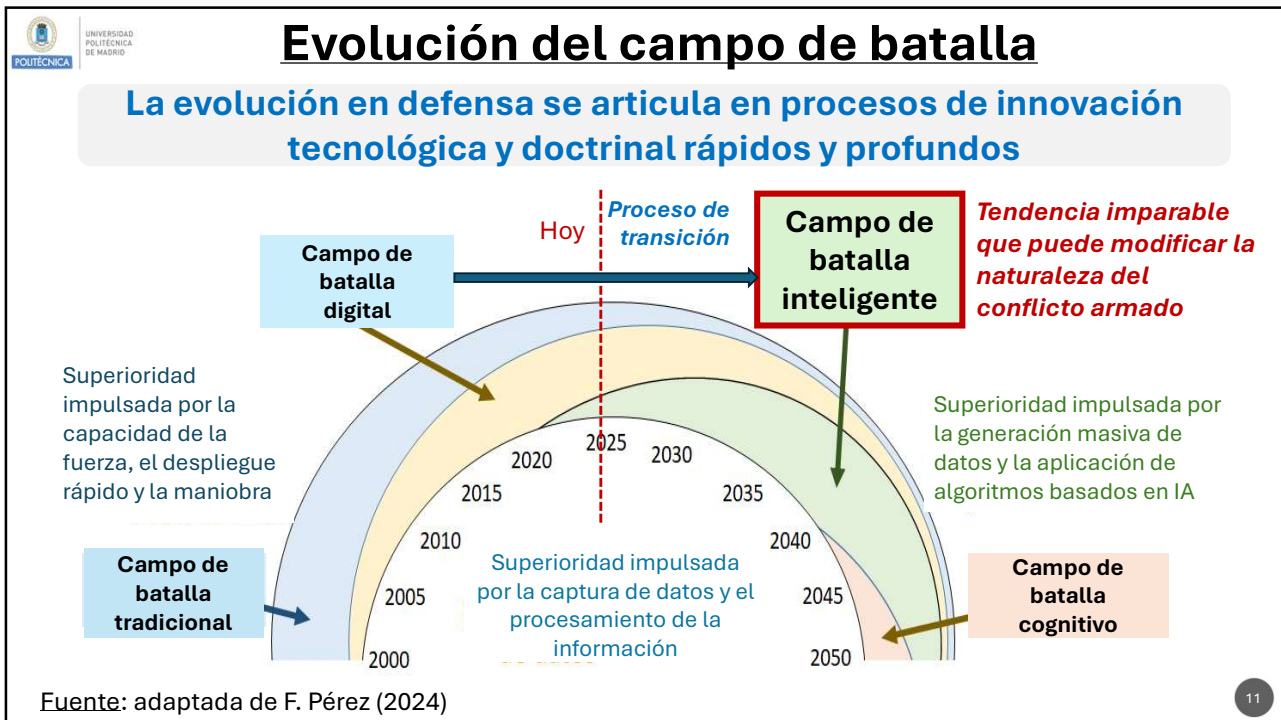
8



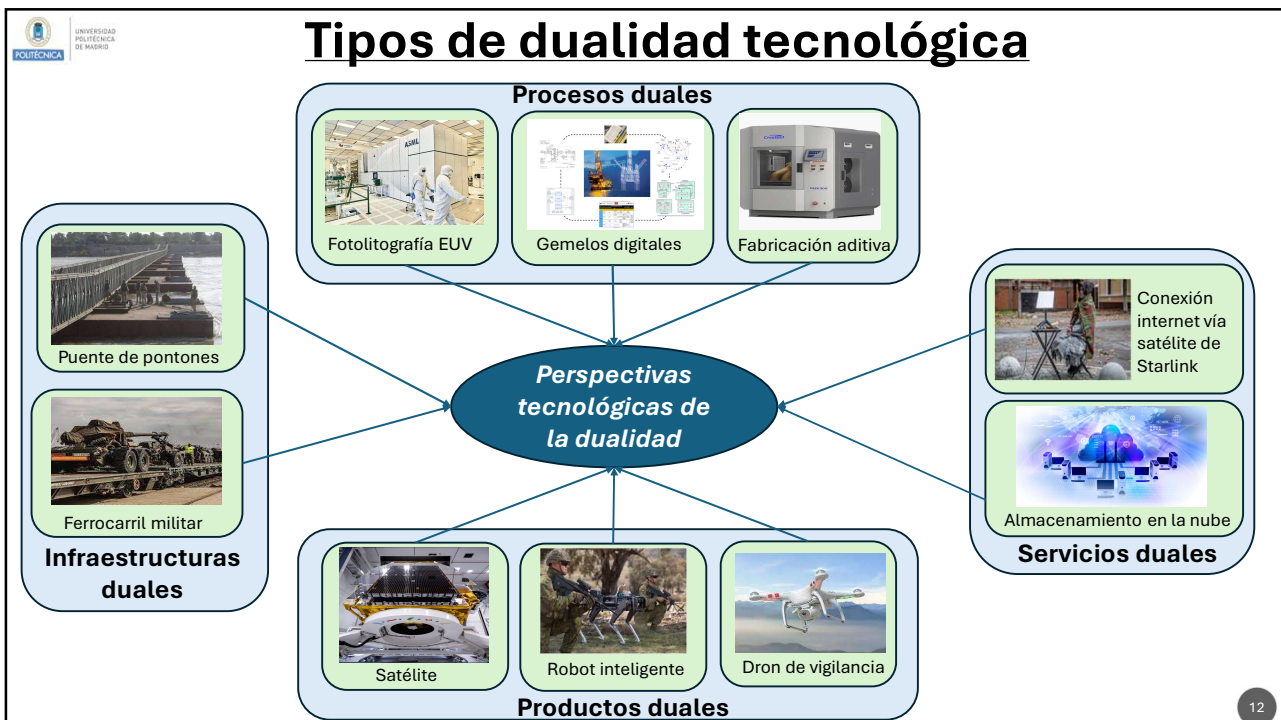
9



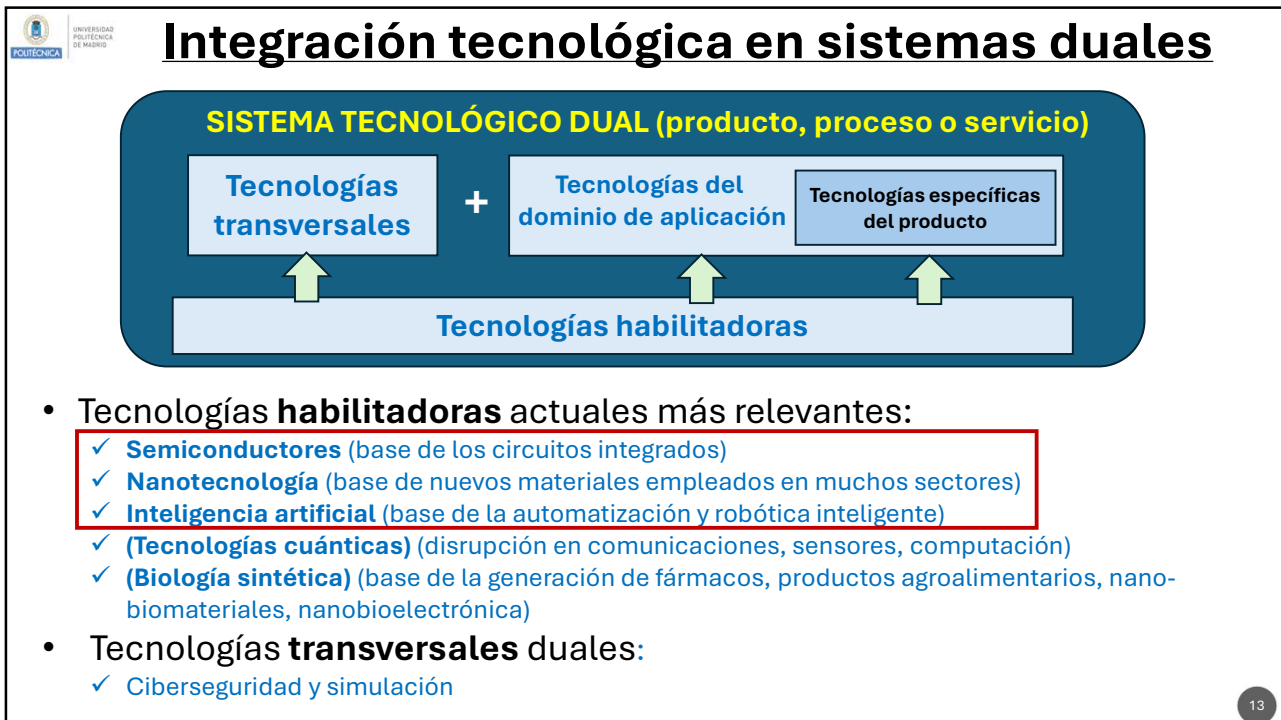
10



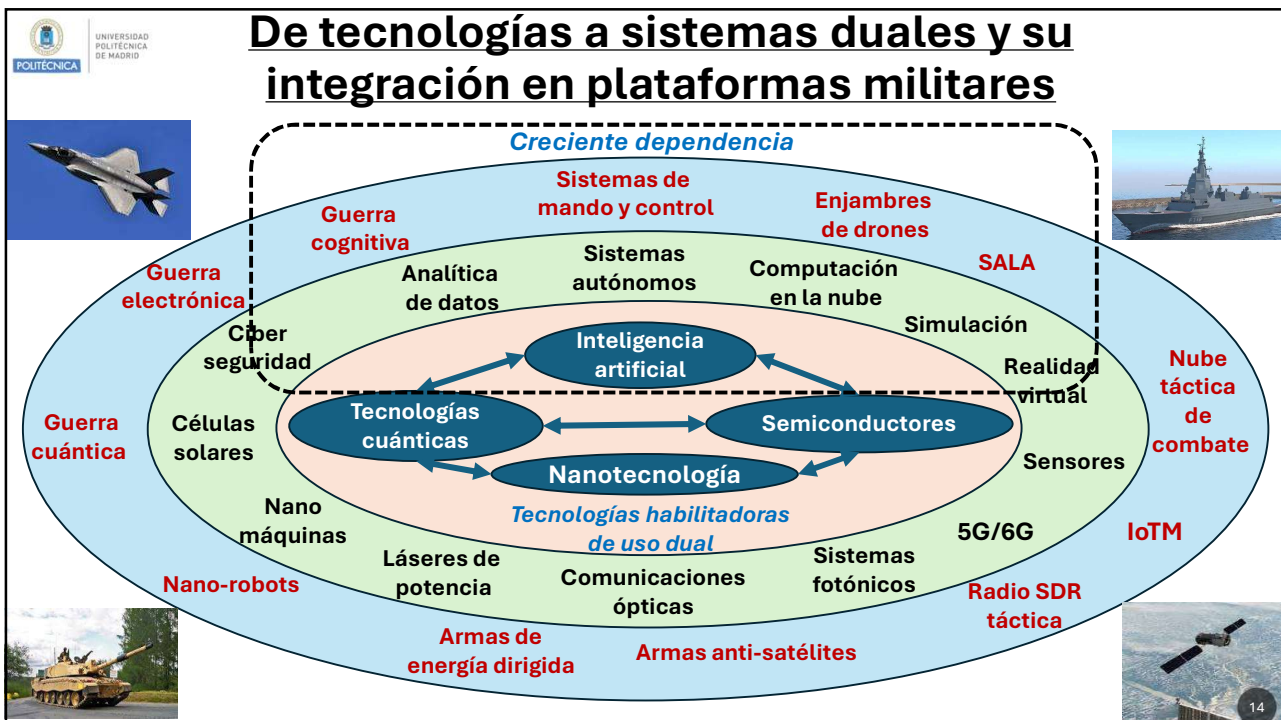
11



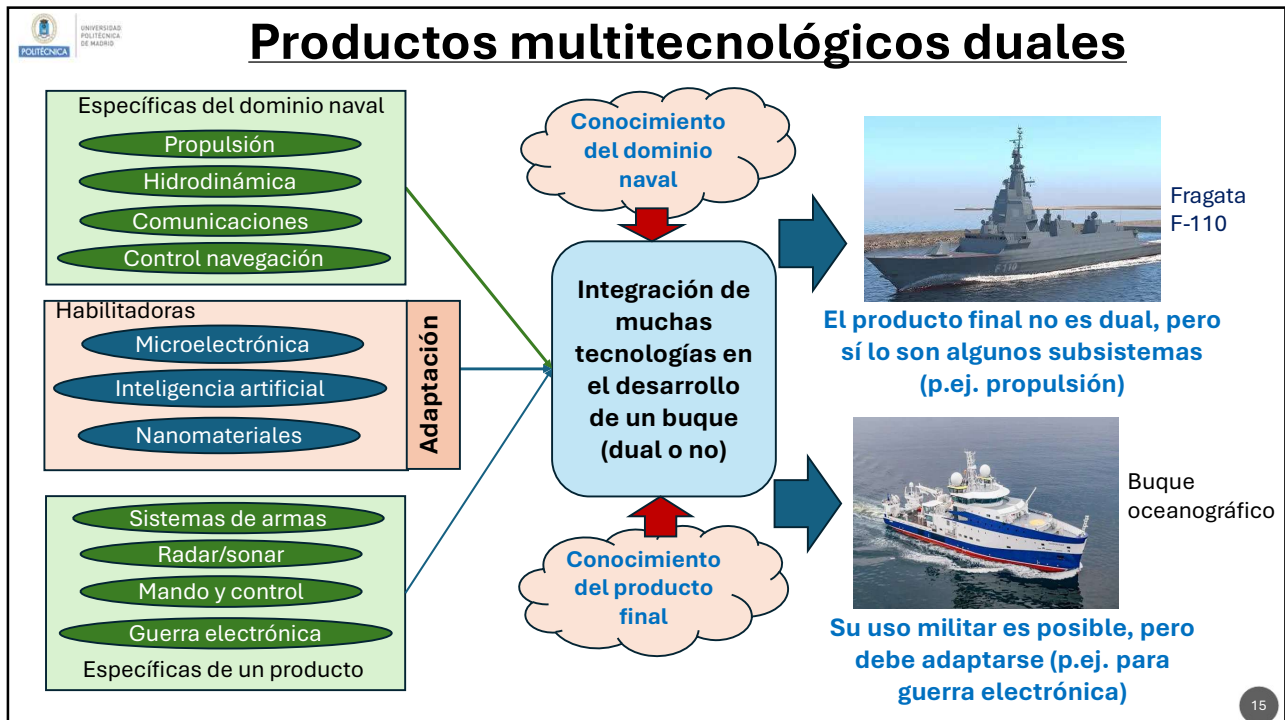
12



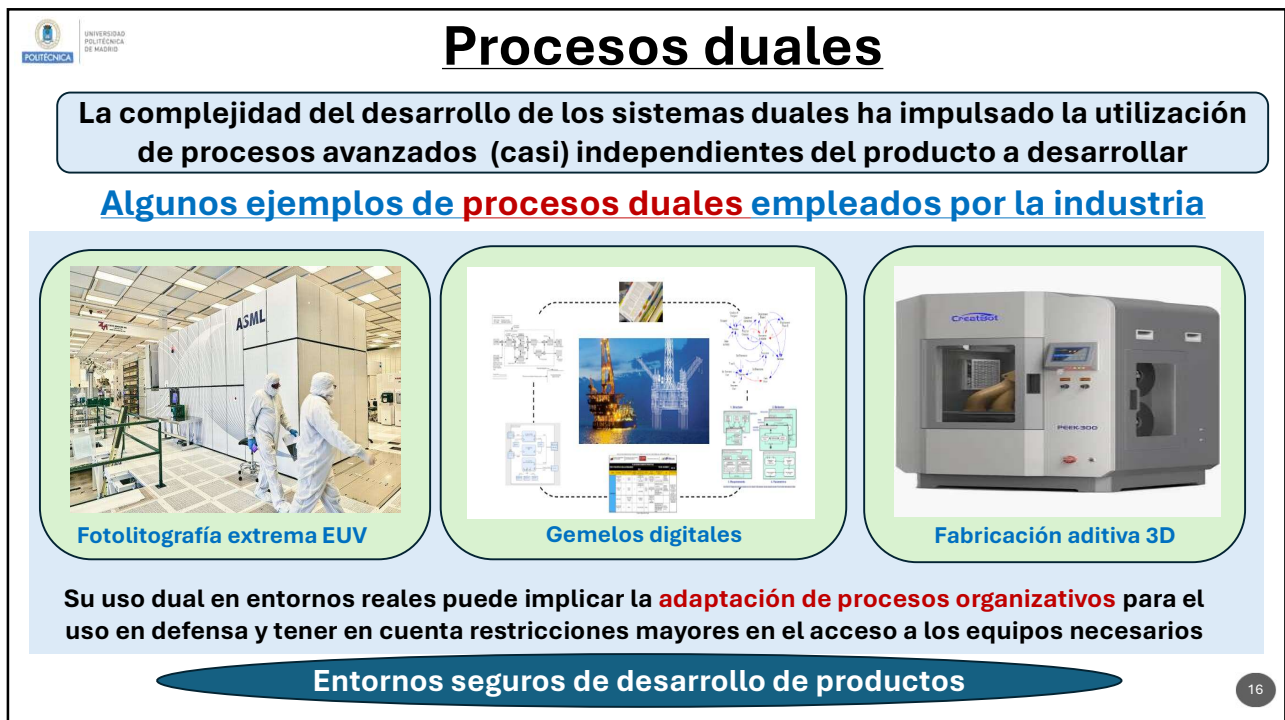
13



14



15



16

Servicios duales: constelaciones satelitales

El empleo de redes satelitales, muy relevante en términos de seguridad en zonas conflictivas, se ve sometida a restricciones geopolíticas



Financial Times, 30 de noviembre de 2022

Dificultad en separar usos civiles del apoyo militar por ciudadanos

Desacoplamiento de intereses empresariales

Uso militar no autorizado con riesgos de escalada



Aunque sea técnicamente posible:

¿Tiene sentido que un elemento clave en la lucha frente a la “weaponization” de las infraestructuras de telecomunicación dependa de la voluntad de una empresa?

La UE ha decidido poner en marcha una constelación de 290 satélites LEO/MEO IRIS² (Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite) para servicios de seguridad y defensa que estará operativa en 2030

¿Muy tarde?, ¿Qué hacemos mientras tanto?

17

17

Infraestructuras de transporte duales

La “movilidad militar”, definida como la capacidad de las fuerzas armadas para mover rápidamente tropas y equipos, se apoya en **infraestructuras duales** de origen civil adaptadas al uso militar para incrementar su protección y resiliencia



Puente de pontones



Ferrocarril militar



Camión militar



Avión de carga militar



Cable de datos submarino



Buque militar de transporte

El cruce de puentes, túneles y otras infraestructuras civiles que no estaban diseñadas para uso militar se han convertido en **cuellos de botella** para responder a urgencias militares

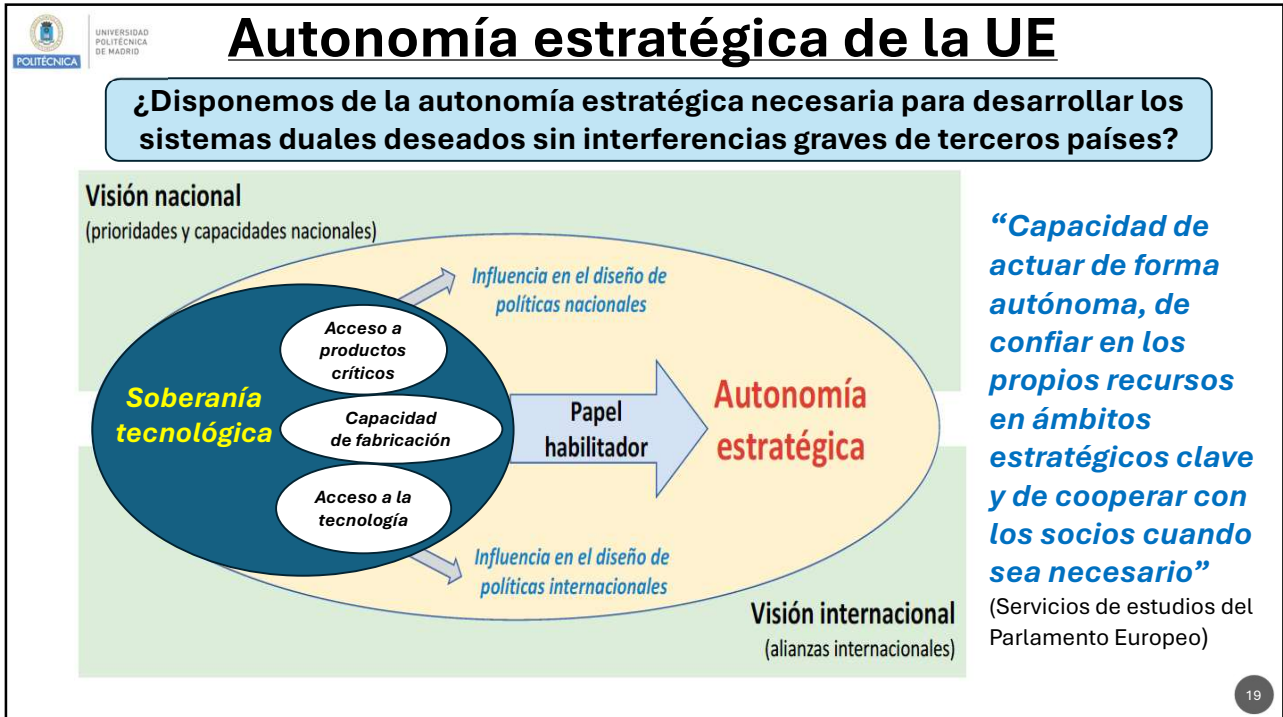
17.600 M€ PARA MOVILIDAD MILITAR EN EL MFF 2028-2034

5 días para mover unidades de un lado a otro de la UE

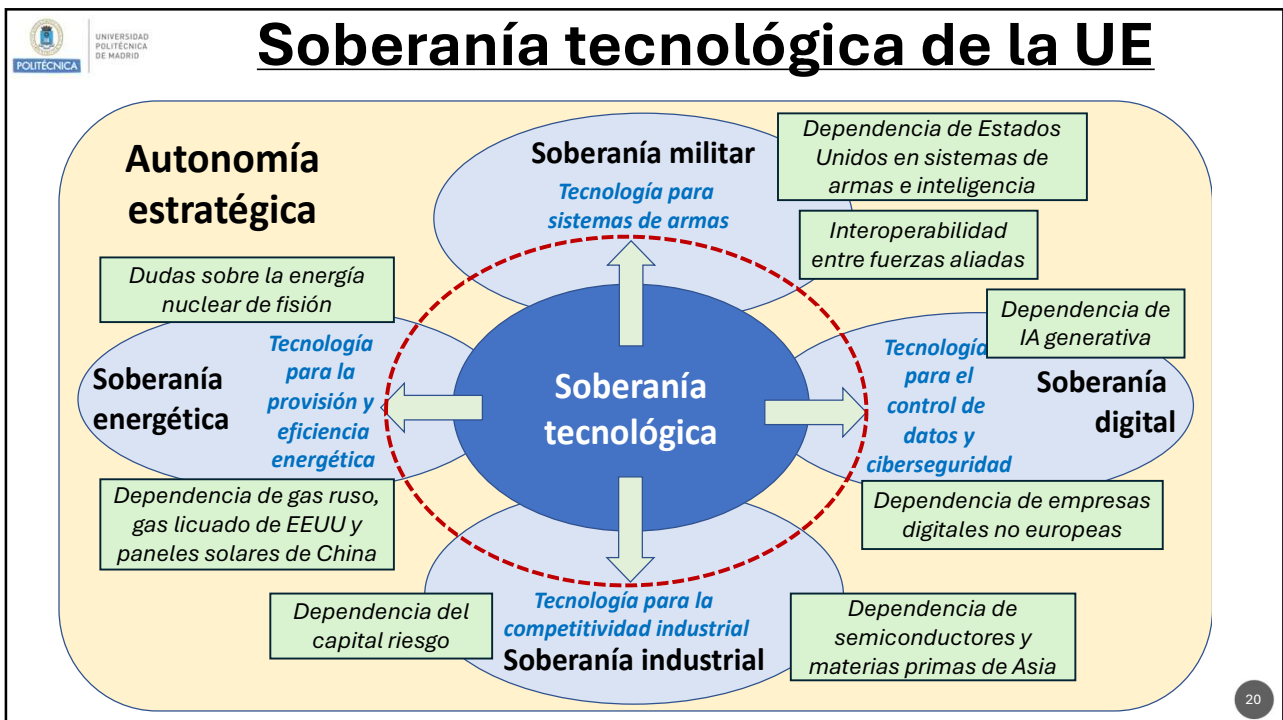
Necesidad de integración en sistemas de mando y control

18

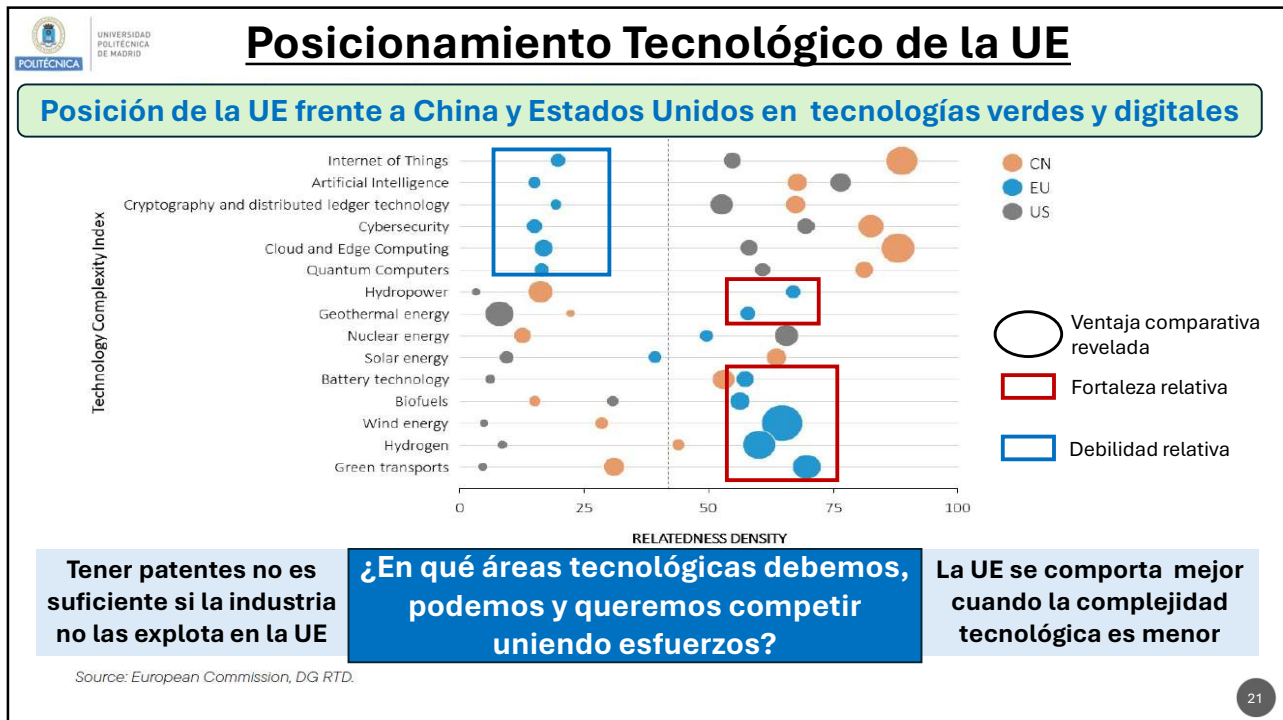
18



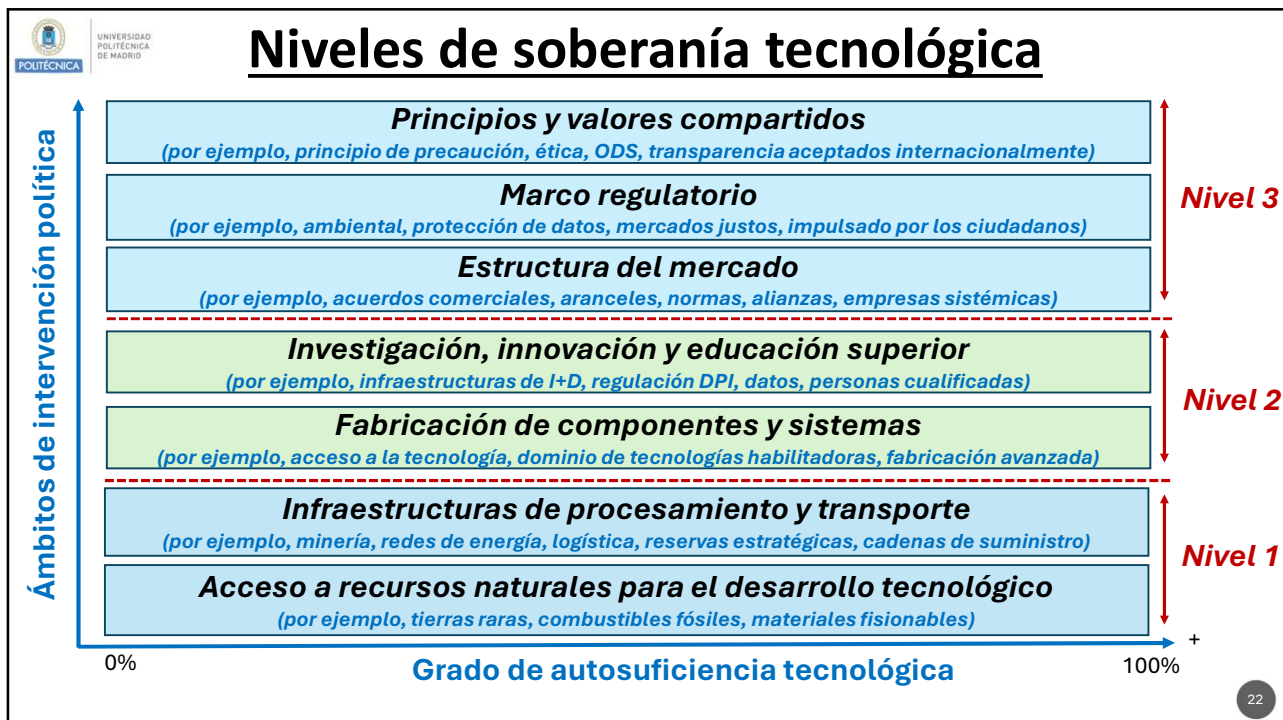
19



20



21



22

Estrategia europea de reducción de las dependencias tecnológicas

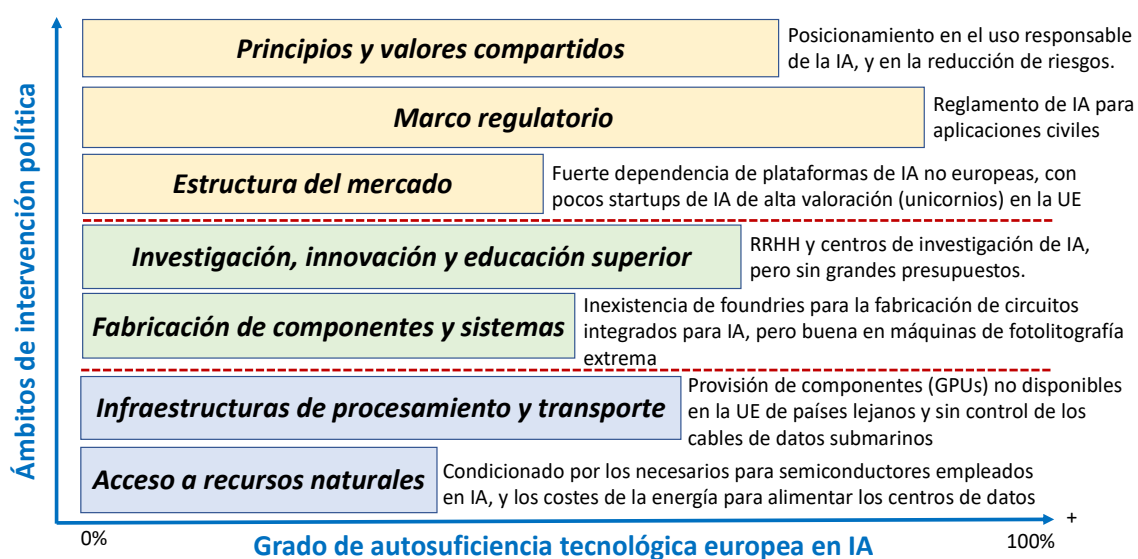
- **Incrementar las capacidades propias en los eslabones de las cadenas de valor.**
 - ✓ Disponer de capacidades para **extraer y refinar materias primas**, así como el diseño, la fabricación, y la integración de productos y servicios, protegiendo la propiedad intelectual.
 - ✓ Asegurar la existencia de **recursos humanos cualificados** en tecnologías críticas anticipando necesidades.
- **Diversificar proveedores tecnológicos para reducir riesgos en la provisión.**
 - ✓ Búsqueda de proveedores seguros en países cercanos si fuera posible.
 - ✓ Aunque ello implique **mayores costes y retrasos** en importaciones.
- **Reducir cuellos de botella mediante alternativas tecnológicas en las que exista un control suficiente o superior al existente actualmente.**
 - ✓ Nuevos procesos productivos con dominio de la propiedad intelectual
 - ✓ Las tecnologías habilitadoras con **proveedores muy concentrados** son difíciles de sustituir como ocurre en el caso de las tierras raras (>94% de materiales refinados proceden de China)

23

23

Posicionamiento europeo en IA

La UE corre el riesgo de quedarse relegada en el desarrollo de la IA



24

24

Consecuencias para la UE

Batalla geopolítica entre EEUU y China por la supremacía mundial

¿Puede la UE aprovechar oportunidades de liderazgo tecnológico con una posición propia? → **Equipos de fabricación de circuitos integrados**

Tecnología de litografía ultravioleta extrema (EUV) de ASML (Países Bajos) desde 2017

- Permite fabricar chips de 3nm
- Coste superior a los 400 M€
- Utiliza centenares de proveedores, algunos en EEUU

Desde 2019, ASML no puede vender su tecnología EUV a China debido a la política de sanciones de EEUU... y puede que tampoco la DUV anterior

Es difícil que la UE tenga una postura propia si la dependencia con EEUU sigue siendo tan elevada, y las tierras raras dependen de China

¡La UE es líder mundial!

25

25

La “batalla” de los Centros de Datos de IA

Fairwater, centro de datos de IA de Microsoft en Wisconsin, USA

Estará operativo a principios de 2026 con cientos de miles de GPUs de Nvidia

7.000 millones de dólares

<https://www.datacentermarket.es/datacenter-infrastructure/microsoft-levantara-en-wisconsin-el-centro-de-datos-de-ia-mas-potente-del-mundo/>

Construcción acelerada de grandes centros de datos para respaldar y ejecutar operaciones de IA complejas de manera efectiva

La proliferación de la IA ha acelerado las necesidades de energía de los centros de datos

- ✓ El consumo energético de los centros de datos podría **crecer entre un 10 y un 15% anualmente**
 - Las GPU consumen mucha energía: una consulta de ChatGPT consume 10 veces más que una búsqueda en Google.

¿Existe capacidad de las redes eléctricas y suministro de agua para satisfacer la demanda? → **Necesidad de reducir el coste de computación para el entrenamiento de un modelo de lenguaje de IA o para el cálculo de inferencias**

Centros de datos críticos ("soberanos") para asegurar el control sobre la información almacenada

26

26

Enfoque regulatorio de la UE

Reciente regulación digital europea: múltiples interacciones

Reglamento General de Protección de Datos (2016)

Ley de Chips 2023

Ley de datos 2022

Directiva de ciberseguridad NIS 2.0 2020

Ley de Inteligencia Artificial 2024

Ley de Mercados Digitales 2022

Ley de Servicios Digitales 2022

Ley de infraestructura Gigabit 2024

...

Enfoque regulatorio basado en la limitación de riesgos para el ciudadano en aplicaciones civiles en un mercado abierto → **La legislación no aborda el uso en defensa**

- **Entorno dinámico** en el que la UE tendrá que adaptarse a tecnologías en rápida evolución y actuar no solo “a la defensiva” para no perder el liderazgo.
- **Encontrar el equilibrio regulatorio con la innovación no será sencillo.**

Europa necesita una regulación dual "inteligente"

27

Previsible financiación europea de las tecnologías duales

Propuesta de Marco Financiero Plurianual MFP 2028-2034

Discusión abierta sobre el peso de las tecnologías duales

Volumen global similar al actual

European Competitiveness Fund*
(including Horizon Europe)

Negociación entre el Consejo y el Parlamento

Category	Amount (EUR billion)
Horizon Europe	175.3
Defence and Space	130.7
Digital Transition	54.8
Health and bio-economy	22.6
Clean transition and decarbonisation	67.4
Total	450.0

* Total includes 11 bn for the InvestEU instrument

Investigación e innovación dual en la UE

Futuro HE 2028-2034

Futuro EDF 2028-2034

PESCO

Programa EDIP

Programas EDA

Programas duales ESA

Cofinanciación en programas nacionales de I+D

Creciente interacción

28

Problema del talento en defensa en la UE

La necesidad de asegurar el talento ha sido una preocupación de la industria de defensa europea que ha llevado a la Comisión Europea y al Consejo a establecer algunas **actuaciones urgentes para capacitar a 600.000 personas** hasta 2030

REINFORCEMENT OF EUROPE DEFENCE INDUSTRIAL CAPACITY:

In-depth mapping of **EU industrial manufacturing** capabilities
https://defence-industry-space.ec.europa.eu/defence-investment-gaps-analysis-factsheet_en#:~:text=Preview-,Download,-Share%20this%20page

Enabling defence industry access to **Critical Raw Materials (CRMs)** and other key components

Support to **defence specific skills**

The Commission will work on further measures to **support critical technologies and industrial capacities** by developing strategic projects

The Commission will consider possible amendments to the framework for dual-use research and innovation to improve **synergies between civil and defence** instruments

29

29

El problema del talento en defensa en la UE

Marco de referencia: Pacto por las Capacidades (Pact for Skills)

- ✓ **6,1 millones de personas** han recibido formación desde su puesta en marcha en 2020
- ✓ Más de **3.200 organizaciones** que invierten en el desarrollo de habilidades

Pacto por Capacidades (Pact for Skills)
https://pact-for-skills.ec.europa.eu/index_en

Asociación de capacidades a gran escala en aeroespacial y defensa para **capacitar a 600,000 personas** para la industria de defensa en 2030

Mejorar las habilidades de 200.000 empleados y volver a capacitar a 300.000 personas
<https://www.eudsp.eu>

Capacitar a 200.000 empleados para la industria de defensa en 2026

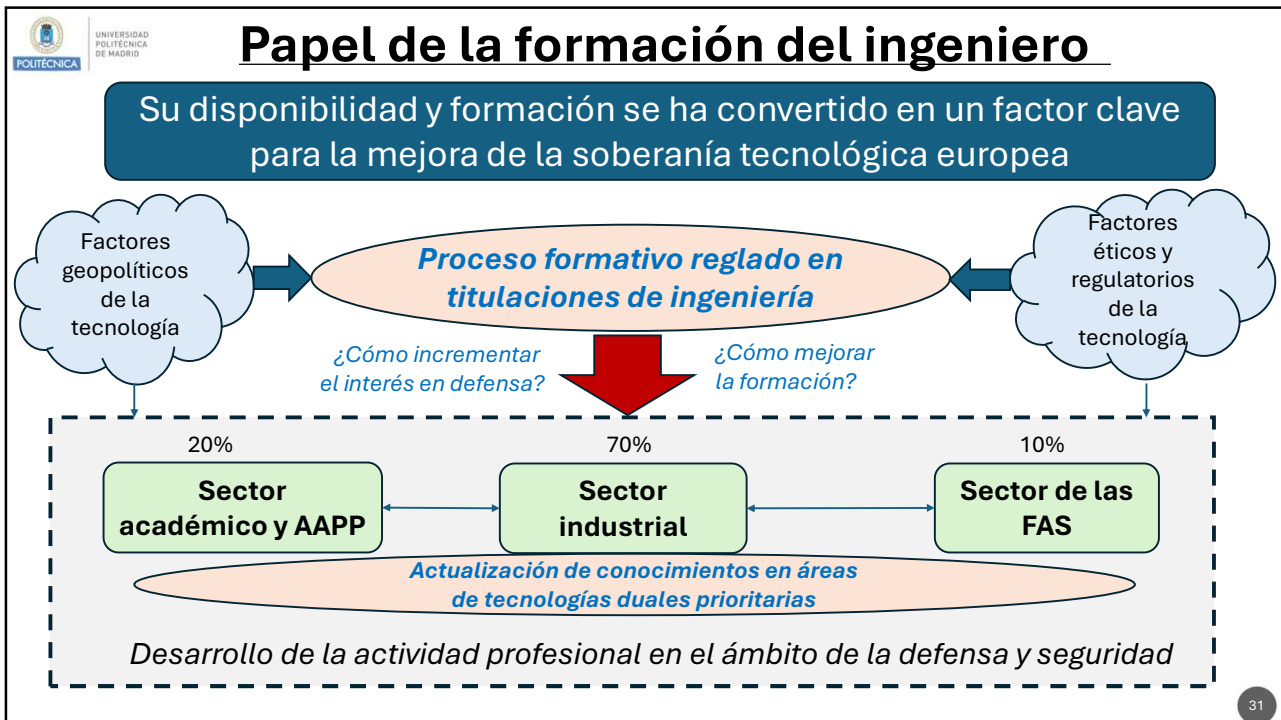
Ayudas para desplazar trabajadores de sectores en riesgo al de defensa (p.ej. de automoción)

Conclusiones del Consejo Europeo sobre defensa y seguridad europeas, 23 de octubre de 2025

Los niveles formativos requeridos (desde la formación profesional al doctorado) dependen de la evolución previsible del tejido industrial y de las FFAA

30

30



31

Conclusiones

- El **control de la tecnología** se ha convertido en un arma estratégica en la batalla geopolítica entre grandes potencias.
- Ningún país puede desarrollarse de modo autárquico lo que implica **aceptar dependencias tecnológicas** poniendo en marcha estrategias de reducción de dependencias críticas.
- La **dualidad de la tecnología** se concreta en productos, procesos, servicios e infraestructuras de uso civil y militar
- El **carácter dual** de las tecnologías habilitadoras ha impulsado sanciones y restricciones de importación/exportación con impacto en las cadenas globales de provisión.
- La UE presenta **débil soberanía tecnológica comparadas con otras potencias** en tecnologías habilitadoras como la IA o semiconductores.
- Oportunidad para **atraer y retener talento tecnológico** en la UE, si se reacciona con agilidad, flexibilidad, y visión a largo plazo.

32

32