

# Fabricación Cero-Defectos, una necesidad muy actual

Como una de las principales metas de la Fabricación Avanzada.

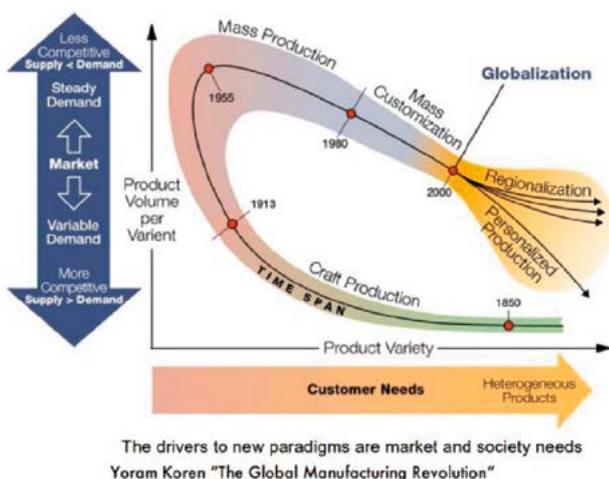
La Fabricación Cero Defectos o ZDM (siglas en inglés, de Zero Defect Manufacturing) es una de las principales metas de la denominada Fabricación Avanzada. Sectores tan críticos como el aeronáutico, el ferroviario, el de automoción o el eólico requieren cada vez más de una mayor supervisión de cada una de las piezas que forman parte de los motores u otros elementos vitales que producen y que montan. Gran parte de las inversiones en I+D+i de este tipo de empresas están destinadas a erradicar el riesgo de posibles fallos de sus componentes más importantes. IK4-IDEKO lidera el clúster 4ZDM que agrupa a los proyectos europeos de I+D en materia ZDM. Su responsable de proyectos internacionales de I+D, Juan Antonio Arrieta pone al día en el siguiente artículo sobre esta materia.

En un contexto de globalización en el que gran parte de los productos de consumo se producen en países asiáticos debido a sus bajos costes, la fabricación sin defectos tiene como objetivo la excelencia de la producción. Esto abriría un escenario que permitiría reactivar la pujanza de las empresas europeas que hace varias décadas apostaron por la deslocalización y hoy observan que solo con productos de calidad podrán recuperar sus mercados frente a los gigantes asiáticos que ayudaron a engrandecer mediante estos procesos de deslocalización. La fabricación Cero Defectos puede contribuir a apuntalar nuestras industrias porque hablamos de excelencia en los sistemas productivos, lo que nos puede llevar a mitigar la amenaza

de la globalización por parte de países asiáticos. Se trata de hacerlo bien a la primera, manteniendo la excelencia e incluso aumentando los puestos de trabajo. Si conseguimos fabricar mejor evitando el «rework» (retrabajo) lo podremos lograr.

La Fabricación Cero Defectos es una estrategia compleja que engloba todas las fases de la producción de un producto. Se trata de supervisar lo que ocurre durante todo el proceso productivo: desde la fase de diseño, fundición, forja, fabricación y montaje. Hay que revisar todo desde el principio, porque si algo está mal en las primeras fases de producción terminará afectando a las últimas. Si hemos cometido fallos en el diseño, tendrán su efecto. Si algo se ha hecho mal durante la fundición o forja de una pieza, tendrá sus consecuencias. Por eso es importante que estas estrategias también se apliquen a los proveedores. Lo mismo ocurre durante el mecanizado, el montaje e incluso durante la utilización de esa máquina.

Una de las claves de la Fabricación Cero Defectos es cómo detectar esos fallos o «scratches» en cualquiera de los procesos y las piezas que se fabrican como engranajes, guías, rodamientos u otro tipo de utillajes. Ahora hay más capacidad para introducir sensores en las máquinas que fabricamos. Utilizamos sensores de distintos tipos como cámaras de inspección óptica, ultrasonidos, sistemas para el ensayo no destructivo de materiales (NDT)... Gracias a ellos podemos detectar parámetros relacionados con los esfuerzos que soporta una pieza, ruidos, partículas de desgaste que estén presentes en fluidos, etc. La Defectología nos permite identificar los diferentes tipos de defectos en cada fase. En piezas de alto compromiso que afecten al «confort» o la seguridad, como las destinadas a automoción, el sector ferroviario, el aeronáutico, la construcción de turbinas eólicas o de vapor de gas; no nos podemos permitir errores en la fabricación.



Los ejes de los nuevos paradigmas son las necesidades de los mercados y la sociedad

Uno de los principales cambios que se ha producido en los últimos años, y que es uno de los pilares de la Fabricación Cero Defectos, es el de la mejora en la captación de datos y su análisis. Antes, la informática estaba fuera de los sistemas de fabricación, mientras que actualmente ha adquirido una importancia vital. La capacidad de la analítica y la inteligencia artificial han aumentado. Poder recoger los datos, monitorizarlos, analizarlos mediante inteligencia artificial y mostrar información relevante de forma clara, es muy importante. Esa información es de gran utilidad en la toma de decisiones y sugiere una serie de acciones para mejorar. En paralelo, esto va a permitir generar una serie de empleos que todavía hoy ni existen.

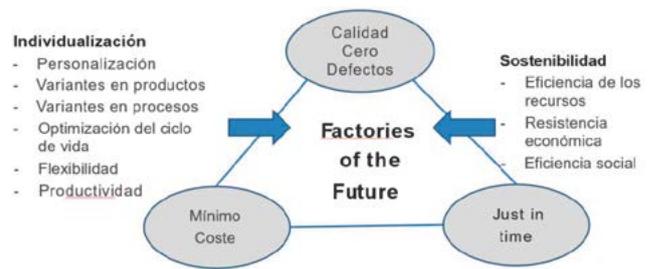
La Fabricación Cero Defectos se tiene que aplicar a los procesos, pero también al producto y a sus servicios. La servitización o el poder ofrecer a los clientes servicios añadidos al producto que han adquirido es cada vez más relevante. Hasta hace unos años, cuando una empresa vendía una máquina ofrecía un mantenimiento preventivo, es decir, cada x tiempo una persona pasaba a ver cómo funcionaba. Ahora se lleva a cabo un mantenimiento predictivo. Gracias a sensores instalados en esa máquina somos capaces de conocer en tiempo real si algo no está yendo bien y evitar que se produzca una avería. Y también tenemos el mantenimiento proactivo que gracias a estos mismos sensores es capaz de indicarnos parámetros de mejora para esa máquina y, por tanto, incidir en la mejora de la producción en cuanto a costes y calidad.

## ESTADO DEL ARTE EN FABRICACIÓN CON CERO DEFECTOS

La fabricación con cero-defectos (o ZDM: Zero-Defects Manufacturing) se está convirtiendo en el paradigma por excelencia del sector manufacturero europeo, al menos si queremos mantener el empleo, la generación de riqueza en países/regiones y la posición actual de excelencia del sector. La excelencia en la fabricación se traduce en disponer de las herramientas suficientes para fabricar sin defectos, o bien identificar los defectos lo más aguas arriba posible de la cadena de valor, evitando su propagación aguas abajo.

Si revisamos la evolución de la fabricación a lo largo de los años, vemos que ha experimentado una revolución en los últimos años, pasando de una época donde lo que primaba era el volumen de la producción (década 60-70), a otra época en la que se ha impuesto la personalización en masa (década 80-90). Con la entrada en el siglo XXI, el escenario actual se caracteriza por una producción personalizada asistida por la digitalización industrial (también conocida como Industria 4.0). Las organizaciones manufactureras se enfrentan continuamente al triple reto de incremento de calidad acompañada de reducciones en tiempos y costes de producción. A ello se le ha sumado un nuevo reto consistente en que además se debe cuidar la eficiencia de recursos y eficiencia energética (pilares de la fabricación sostenible). Por todo ello, la flexibilidad, sostenibilidad y digitalización de los sistemas productivos está convergiendo hacia un escenario de fabricación con cero-defectos, caracterizado por la excelencia en productos/procesos/servicios innovadores.

La fabricación cero-defectos se propone como un nuevo paradigma que va más allá del enfoque tradicional 6-sigma. Este



### Objetivos centrales de la fabricación

nuevo paradigma cobra mucho sentido en los sectores manufactureros emergentes o que demandan mayor intensidad tecnológica, como por ejemplo aeroespacial, automoción, energética, médico, micro-fabricación o electrónico. El enfoque 6-sigma tradicional presenta notables limitaciones en contextos productivos altamente cambiantes, caracterizados por lotes personalizados pequeños (o incluso unitarios), en los que es necesario integrar en línea sistemas de medición e inspección. El nuevo enfoque ZDM nos lleva a la eliminación o disminución radical de reprocesos, con un enfoque integrador e innovador de calidad-producción-logística-mantenimiento, donde los métodos de gestión y control de la producción o el diferencial tecnológico resultan críticos para obtener los objetivos de excelencia en fabricación.

A continuación, se resaltan tanto las tendencias globales de fabricación como los retos a los que se está enfrentando la industria manufacturera europea, a la hora de implementar sistemas de fabricación con cero-defectos.

### Tendencias globales

- Reconfigurabilidad, flexibilidad y coevolución, es decir, cambios frecuentes.
- Aumento de la complejidad:
- Variantes y características del producto.
- Proveedores distribuidos globalmente.
- Personalización y personalización de productos.
- Economía circular, fabricación sostenible y de recursos eficiente.
- Aumento de los requisitos de trazabilidad.
- Presión para reducir los costos de producción y aumentar la eficiencia para la reindustrialización de Europa.

### Retos para la industria de la UE

- Rendimiento de calidad después de la aceleración del sistema.
- Capacidad para ajustar objetivos.
- Pequeños lotes y producciones únicas.
- Especificaciones más exigentes.
- Carga adicional en diagnósticos y análisis de causa raíz.
- Reutilización de material y cero desperdicios.
- 100% de inspecciones en línea.
- Necesidad de herramientas de ingeniería y control a nivel del sistema.

	Six Sigma	World Class Manufacturing	Future European Zero Defect Manufacturing Strategy
Mfg. Context	<ul style="list-style-type: none"> <li>High-volume production</li> <li>Serial Lines</li> <li>Single product type</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>High-volume production</li> <li>Manufacturing and assembly lines.</li> <li>Few product variants.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mass customization and one-of-a-kind production.</li> <li>Complex and changeable manufacturing contexts.</li> </ul>
Level	<ul style="list-style-type: none"> <li>Single critical resource and process.</li> <li>Local improvements.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Single critical process.</li> <li>Local improvements at cost bottlenecks.</li> <li>10 management pillars</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Multi-stage and single stage level.</li> <li>System-level improvements at shop floor.</li> </ul>
Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>Only monitoring by control charts based on product data.</li> <li>Process capability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoring and root cause analysis, by cause effect, pareto analysis and control charts.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoring and control.</li> <li>Inter-stage correlation.</li> <li>Multi-sensor information.</li> <li>Advanced analytics</li> </ul>
Action on defects	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scrap.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scrap.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Defect Repair.</li> <li>In-line rework.</li> <li>Proactive prevention.</li> </ul>

Fuente: Clúster 4ZDM de proyectos europeos sobre fabricación con cero-defectos

### Retos para una solución europea de fabricación de cero defectos

- Capacidad de ajustar las compensaciones de calidad-productividad objetivo dependiendo de las condiciones del mercado. ZDM durante los aumentos del sistema en la transición a nuevas producciones.
- Especificaciones de productos más exigentes. Carga adicional en diagnósticos y análisis de causa raíz. Análisis en profundidad de las correlaciones entre etapas para reducir la complejidad del monitoreo.
- Garantía de calidad en lotes pequeños, producciones únicas.
- Reutilización de materiales y reducción de desechos. Soluciones para reparar y reelaborar defectos en línea, evitando así procesos sin valor añadido que requieren mucha energía en piezas que ya están defectuosas.
- Necesidad de sistemas en línea, 100 %, inspección de procesos y recursos y sistemas de recopilación de datos.
- Necesidad de herramientas de ingeniería y control de sistemas para optimizar la calidad y las soluciones de control logístico a nivel de sistema.

Los principales objetivos del enfoque ZDM son conseguir desarrollar e implementar sistemas de fabricación sin defectos (o con cero-defectos) en entornos productivos. O, dicho de otro modo, que se consigan los retos de calidad/tiempo/coste, «bien a la primera y siempre bien».

El enfoque ZDM permite reducir el desperdicio (waste) o porcentaje de piezas defectuosas (scrap), reducir los costes de producción, acordar los tiempos de producción, conseguir mayores ratios de productividad y competitividad y finalmente, conseguir una mayor eficiencia energética y de recursos.

Entre los retos que el enfoque ZDM trae a las organizaciones industriales, conviene destacar la identificación de fuentes y tipos de errores/defectos; la identificación de las fases más problemáticas en una visión de ciclo de vida del producto; el agrupamiento de defectos (y soluciones correspondientes) de acuerdo a las etapas habituales de la actividad en planta; y finalmente, el desarrollo e implementación de herramientas ZDM (combinación de métodos, hardware y software) para solucionar la generación

de defectos aguas-arriba o bien su propagación aguas-abajo en la cadena productiva.

Con respecto a las etapas en las que se pueden detectar y resolver los defectos, el paradigma ZDM en un entorno industrial de fabricación se compone de los siguientes ámbitos o capas de actuación:

- Capa de equipamiento: relativo a la pieza, utillaje o amarre, a los componentes de máquina, la máquina propiamente dicha o el proceso de fabricación. Se trata de identificar la defecología en esas capas e implementar las herramientas ZDM en dichos niveles.
- Capa de planta: sistema productivo multi-etapa, células de fabricación interconectadas, dimensión planta/fábrica, en los que resultan más críticos aún la adquisición y procesamiento de datos, la monitorización de esos datos, o la optimización y predicción de procesos.

Conviene insistir en la idoneidad y el valor añadido del enfoque ZDM sobre todo en entornos de fabricación multi-etapa de piezas de elevado valor añadido o bien lotes reducidos más habituales en un escenario de producción personalizada.

No es muy frecuente el análisis del paradigma ZDM desde una perspectiva global y holística. En relación a los escenarios ZDM referentes a la gestión de la calidad en cadenas de fabricación, E.Westkämper (1994) propone una división de las no-conformidades observadas en las piezas fabricadas, diferenciando entre las no-conformidades sistemáticas y accidentales. Entre las sistemáticas, figurarían las referentes a comportamiento de máquina (errores volumétricos, derivas térmicas, comportamiento dinámico, etc) y proceso (desgaste de herramienta, dinámica del proceso, fluctuaciones de la alimentación, etc). Entre las no-conformidades accidentales, se considerarían aquellas desviaciones procedentes de parámetros no controlados como la falta de homogeneidad de los materiales, ajuste de proceso erróneo, desviaciones en control de máquina, diseño erróneo de pieza o componente, o errores derivados de una mala planificación y programación de proceso. En base a esta división, se propone el análisis y modelizado de máquina y proceso como solución para evitar las

no-conformidades sistemáticas, mientras que para prevenir las no-conformidades accidentales, se proponen sistemas de control adaptativo combinados con autoaprendizaje automático (o machine-learning)

Con relación a la optimización de la calidad en sistemas de fabricación, Schmitt (2012) propone una retroalimentación en la cadena de calidad (quality backward chain). Consiste en una estructura genérica de feedback orientada a medidas correctivas/reactivas para mejorar la calidad de producto y proceso. De este modo, quien controle el ciclo de vida de producto podría beneficiarse de un conjunto creciente (en número) de buenas prácticas, pudiéndolas aplicar en las distintas etapas de la cadena de fabricación.

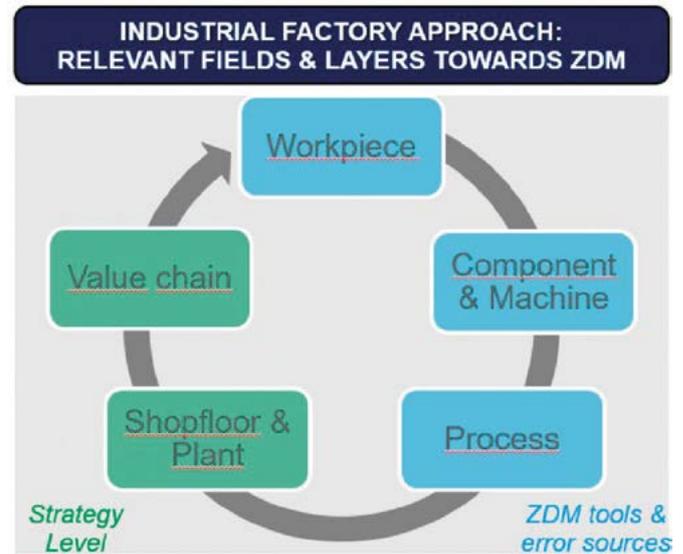
En relación a la fabricación personalizada, Myklebust (2013) resalta la importancia de considerar todas las etapas del ciclo de vida de producto, especialmente la fase de diseño. De esta manera, la tipología de pieza, el material a utilizar y las características de la geometría personalizada son consideradas desde un inicio para la definición del diseño de pieza final y para la planificación del proceso de fabricación, pudiendo así evitar la generación de defectos de fabricación.

Cubriendo aspectos de las publicaciones anteriores, Colledani (2014) propone un modelo productivo de gestión de la calidad en el que incluye el concepto de reparación de producto en línea y define una estrategia para el diseño de cadenas de fabricación con enfoque ZDM, minimizando así los costes de fabricación. Entre las tecnologías habilitadoras requeridas para la implementación de este modelo se consideran las siguientes: inspección de producto, monitorización de proceso, captación de datos de multi-sensores, tecnologías de aprendizaje y computación cognitiva, mantenimiento digital, trazabilidad de producto, monitorización de la producción, TICs y fabricación digital. Además, apunta las líneas futuras en las que es necesario investigar para el desarrollo e implementación de este enfoque ZDM: reparación de defectos en línea, correlación de la calidad y sistemas dinámicos, mantenimiento preventivo, modelizado multi-nivel y multi-escala, estructuras formalizadas de datos, control dinámico de la producción en el ciclo de vida del sistema.

Ortiz, Peñalva, Colledani et al. (2017) consideran que los sistemas productivos multi-etapa, en comparación con soluciones unitarias, ofrecen un potencial enorme para compensación de defectos y para evitar su propagación, con objeto de reducir el scrap y minimizar el control de calidad (siempre costoso en tiempos y costes). La integración de sensorica adicional y el análisis sofisticado de las señales adquiridas, posibilitan estrategias de compensación de defectos, reprocesos en línea y control de procesos sin incluir etapas adicionales de inspección. Estos autores están desarrollando en el proyecto europeo de investigación ForZDM una solución ZDM universal para sistemas productivos multi-etapa, que será testeada y validada en los sectores aeroespacial, ferroviario y médico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Westkämper E., «Zero-Defect Manufacturing by Means of a Learning Supervision of Process Chains». CIRP Annals – Manufacturing Technology vol. 43, pp. 405–408, 1994.

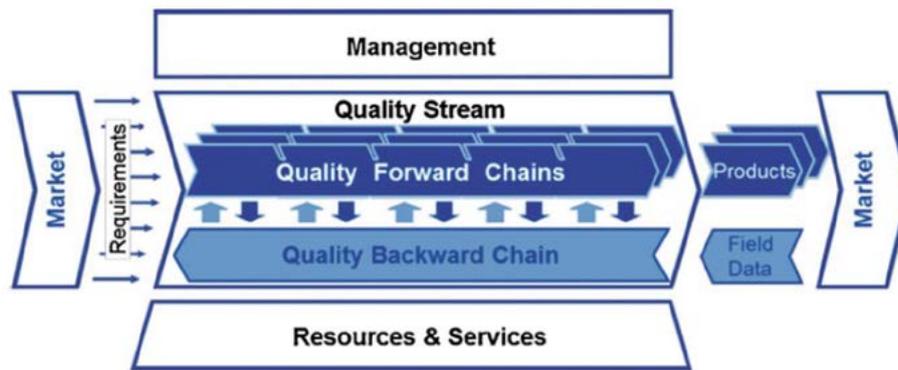


## Enfoque de la fábrica Industrial - Campos y capas relevantes hacia el ZDM

- [2] Schmitt R., Monostori L., Glöckner H., Viharos Z. J. «Design and assessment of quality control loops for stable business processes». CIRP Annals – Manufacturing Technology vol. 61, pp. 439–444, 2012.
- [3] Myklebust O., «Zero defect manufacturing: a product and plant oriented lifecycle approach». 8th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, Procedia CIRP vol.12, pp. 246–251, 2013.
- [4] Colledani M., Tolio T., Fischer A., Lung B., Lanza G., Schmitt R., Váncza J. «Design and management of manufacturing systems for production quality». CIRP Annals – Manufacturing Technology vol. 63, pp. 773–796, 2014.
- [5] Wang, K.S. «Towards zero-defect manufacturing (ZDM)—a data mining approach». Adv. Manuf. (2013) 1:62–74, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013
- [6] Colledani M., Peñalva M, Ortiz J.Ander, Caputo D., Eger F., Coupek D. Freiberger H. Kollegger G.: «Zero-defect manufacturing strategies for reduction of scrap and inspection effort in multi-stage production systems». 11th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering – CIRP ICME, 2017.
- [7] FOCUS (Factories of the Future Cluster): EC-funded CSA (granted n° 637090): baseline ZDM, experts workshop and ZDM roadmap elaboration.

## ASPECTOS TECNOLÓGICOS ZDM CONTEMPLADAS POR LAS INVESTIGACIONES EN CURSO E IMPACTO ESPERADO

A la hora de hablar de la explotación industrial de las tecnologías ZDM, se hace necesario un enfoque integrador que abarque conceptos de calidad, seguridad, productividad, mantenimiento y lead-time, y que esté soportado por los siguientes aspectos.



The Aachen Quality Management Model

El modelo de gestión de Calidad de Aachen

### ZDM a nivel proceso (para identificar fuentes de error y evitar su propagación aguas abajo)

- Modelizado y simulación integrada de máquina, utillaje, herramienta, pieza, para predicción de deterioro y asociado a planificación del mantenimiento.
- Integración de sensores inteligentes, autónomos, auto-adaptativos, autoalimentados, de coste accesible, junto con actuadores para monitorización, control y gestión de calidad del proceso.
- Procesos adaptativos con autoaprendizaje, modelizado en base a datos de calidad y de proceso.
- Automatización robusta de proceso.

### Medición de calidad en línea (antes, durante y después del proceso)

- Nuevas tecnologías NDT de medición e inspección y de caracterización en línea del material.
- Desarrollo e integración de técnicas NDT para medición/inspección en línea
- Utilización de sensorica que permita suprimir las etapas de inspección al final de línea, sin que supongan incrementos notables de coste o pérdidas de productividad.

### Análisis de datos mediante sensorización avanzada y enfoque integrador en la cadena de fabricación

- Estrategias para combinar y armonizar datos heterogéneos como imágenes, geometría (CAD, mallas/nubes de puntos), datos numéricos en bruto, capturados en el proceso completo (desde diseño hasta fabricación), convirtiendo esa información en conocimiento.
- Sistemas de recogida de datos plug&inspect, basados en autoconfiguración de protocolos de intercambio de datos y soluciones IoT.
- Tratamiento estadístico de las oscilaciones en la calidad de fabricación y estimación del efecto producido, análisis geométrico y métodos de clasificación.

### VARIAS SOLUCIONES ZDM ACTUALES

A continuación, se muestran varias soluciones ZDM actuales que se proponen a las necesidades de innovación identificadas en el entorno industrial:

- Adquisición de datos: sensor único, proceso único o función de parte, etapa única.
- Almacenamiento de datos: datos locales y simples repositorios, muy cerca del proceso.
- Análisis de datos y análisis de causa raíz: herramientas estadísticas variables únicas, etapa única, impulsadas por el ser humano.
- Modelizado: modelos de proceso (estadísticos, ingeniería), modelos de materiales.
- Control: control de bucle cerrado local y de retroalimentación, reacciona a los defectos.
- Actuación: manual.

### Necesidades de innovación

- Múltiples sensores heterogéneos (proceso, logística, entradas humanas), múltiples fuentes, in-process.
- Plataformas globales, datos asincrónicos, integración vertical, múltiples usuarios.
- Herramientas multivariables, algoritmos de aprendizaje, Inteligencia Artificial, para identificar patrones emergentes y correlaciones entre etapas.
- Modelos integrados de procesos, materiales y sistemas, interacción de calidad, mantenimiento y logística KPIs (calidad / tiempo de entrega).
- Control de avance basado en sistemas ciberfísicos capaces de evitar proactivamente la generación de defectos.
- Componentes y accesorios mecatrónicos adaptables.

### Impacto esperado

La consecuencia directa o impacto de la aplicación de tecnologías ZDM es el incremento radical en la calidad de proceso y reducción del desperdicio, mediante control de procesos totalmente automatizado, inteligente y auto-adaptativo.

- Mejora radical del OEE (overall equipment effectiveness)



#### El clúster 4ZDM consiste actualmente de 9 proyectos europeos

- Reducción de riesgos asociados a implementaciones productivas
- Incremento de productividad en cambios del Sistema de fabricación: tiempos de cambio en máquinas y recursos, 20% más rápido.
- Mayor eficiencia en mantenimiento preventivo: 90% de identificación de errores, detección anomalías de funcionamiento o partes dañadas, gracias a los sistemas predictivos inteligentes.
- Mayor agilidad en programación de nuevos procesos de fabricación, con reducciones de tiempo del 20% gracias al virtual commissioning y los sistemas inteligentes de autoaprendizaje.
- Proporcionan una combinación metodología y tecnologías que pueden transformar una planta convencional en un sistema de capacidades de autoaprendizaje.
- Integración de tecnologías ya presentes en la planta productiva (líneas automatizadas, robots, alimentación distribuida, etc.) y migración del sistema productivo global hacia un nuevo paradigma de autoaprendizaje y auto-optimización.

teligentes, autónomos y adaptativos para monitorización/control de proceso y gestión de la calidad; aproximaciones sistémicas para monitorizado y procesamiento de datos relativos a fluctuaciones dimensionales; herramientas eficientes de simulación y métodos para predecir el comportamiento de sistemas de fabricación. Gracias a la interacción de estos proyectos, aparte de definir el estado del arte en ZDM, ha sido posible llevar a cabo una revisión bibliográfica que ha permitido identificar las líneas futuras de actuación para definir un roadmap ZDM y avanzar hacia una arquitectura de referencia del paradigma ZDM.

Los proyectos promotores del clúster 4ZDM, salvando las lógicas barreras de confidencialidad de todo proyecto, decidieron desde un principio colaborar y aprovechar sinergias y complementariedades, entendiendo que de manera colectiva conseguirían trazar mejor el camino hasta la explotación e industrialización. Y así fue como nació el clúster 4ZDM. Esta iniciativa colaborativa se ha visto recientemente complementada por la creación de una sub-plataforma ZDM bajo la plataforma tecnológica europea Manufuture.

El clúster 4ZDM y la sub-plataforma ZDM de Manufuture son complementarias y se necesitan mutuamente. El clúster 4ZDM está circunscrito a los proyectos en marcha, tiene una visión más a corto-medio y organiza sesiones de orientación industrial para avanzar en la diseminación/explotación de tecnologías ZDM. Complementariamente, la sub-plataforma ZDM es de participación libre y abierta, con una visión más a medio-largo plazo, y va a elaborar documentos de carácter más estratégico (roadmaps, visión, position-paper).

El clúster 4ZDM se ha establecido un propósito: la creación de una cultura ZDM en la industria manufacturera europea. Es un firme defensor de que las tecnologías ZDM permitirán dar el salto hacia la excelencia en fabricación, y de que traerán de vuelta a Europa la fabricación de componentes de valor añadido. De este modo, la fabricación con cero-defectos contribuirá a la creación de puestos de trabajo, a un aumento de competitividad industrial y a la generación de desarrollo y riqueza en Europa. En definitiva, ZDM evitaría la fuga de talento a otros continentes y haría de Europa el mejor lugar del mundo en el que las futuras generaciones puedan y quieran vivir y trabajar.

#### MÁS ALLÁ DEL ESTADO DEL ARTE

IK4-IDEKO se ha convertido en una de las referencias europeas en Fabricación Cero Defectos. Desde 2012 ha coordinado varios proyectos internacionales, lo que le ha dotado de una posición de liderazgo que le está permitiendo tener una gran presencia e influencia en Europa.

De hecho, IK4-IDEKO lidera el clúster 4ZDM que agrupa a los proyectos europeos de I+D en materia ZDM. El clúster se gestó en 2013 con los primeros proyectos ZDM y, aprovechando las sucesivas olas de oportunidades ZDM que ofrece el programa marco europeo Horizon2020, la comunidad ZDM está en crecimiento constante.

El clúster 4ZDM consiste actualmente de 9 proyectos europeos, los 4 proyectos promotores del clúster (MIDEMMA, MUPROD, IFACOM, MEGAFIT), ya completados entre 2011-2014, y los 5 proyectos más recientes que se unieron al clúster (ForZDM, ZAero, Z-Factor, GoodMan, Stream-0D), en curso entre 2016 y 2019. A los 9 proyectos se les unirán en breve otros 4 proyectos recientemente aprobados dentro del programa Horizon2020 de la Comisión Europea.

El punto común de los proyectos ZDM mencionados arriba es el desarrollo de tecnologías transversales como sistemas in-

Juan Antonio Arrieta  
Responsable de proyectos internacionales de I+D  
IK4-IDEKO