

Fabricación avanzada en los sectores manufactureros



Roadmap de tecnologías de
fabricación avanzada orientadas al
desarrollo de productos
personalizados

Fabricación avanzada en los sectores manufactureros



Quedan prohibidos, dentro de los límites establecidos por la Ley y bajo los apercibimientos legales previstos, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, ya sea electrónico o mecánico, el tratamiento informático, alquiler, o cualquier forma de cesión de la obra sin autorización previa por escrito de los titulares del copyright.

Todas las imágenes son propiedad de sus respectivos dueños.

© PLATECMA 2024. PLATECMA se reserva todos los derechos y, en particular, los de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación, incluso parcial. Las informaciones y datos de este informe han sido debidamente verificados. No obstante, PLATECMA no acepta ninguna responsabilidad por su uso.

.....	
Situación actual de los sectores manufactureros	
Sector Cerámico.....	
.....	
Sector Hábitat	
Sector Calzado.....	
Sector Juguete	
Hoja de ruta para la digitalización	
.....	
Definición de los niveles de referencia.....	
.....	
.....	
Tecnologías requeridas para la personalización de producto.....	
Buenas prácticas	
Gemelo digital de instalación industrial.....	
Pick&Place con visión artificial	
Diseño y fabricación de calzado personalizado.....	
Optimización del control de calidad en la producción de baldosas cerámicas	
.....	
Proyecto ECO INDUSTRY.....	
Gemelo digital de una planta de fabricación.....	
Plataforma integral de desbarbado robotizado	

1. Introducción

La digitalización ha emergido como un motor transformador en diversos sectores manufactureros, redefiniendo procesos, optimizando la producción y mejorando la personalización de productos. En las industrias manufactureras, la integración de tecnologías digitales no solo permite la eficiencia operativa, sino que también abre nuevas oportunidades para adaptarse a las cambiantes demandas del mercado y a las preferencias de los consumidores, facilitando la necesaria personalización de producto

En la actualidad, muchas empresas se enfrentan al desafío de modernizar sus prácticas tradicionales. A pesar de algunos avances, la adopción de tecnologías digitales sigue siendo heterogénea, con sectores como el textil mostrando una mayor progresión en comparación con otros en los que la implantación es más lenta. Esta situación resalta la necesidad de una hoja de ruta clara que guíe a las empresas en su camino hacia la digitalización. Este estudio propone un marco estratégico que abarca desde la evaluación de las capacidades digitales actuales hasta la implementación de soluciones tecnológicas específicas.

El uso de tecnologías digitales, como el diseño asistido por computadora (CAD), la fabricación aditiva (impresión 3D) y la inteligencia artificial, se convierte en un componente clave para la personalización de productos en estas industrias. Estas tecnologías no solo permiten crear productos adaptados a las preferencias individuales del consumidor, sino que también optimizan la producción al reducir tiempos de entrega y costos operativos.

Para ilustrar la aplicación de estas tecnologías, se presentan casos prácticos de empresas en las que se han implementado con éxito algunas tecnologías de fabricación avanzada que se han considerado relevantes, especialmente de cara a ofertar productos personalizados.

Situación actual de los sectores manufactureros

Sector Cerámico

Últimos años, los niveles de digitalización en las empresas cerámicas han aumentado significativamente. Tradicionalmente, estas empresas han contado con sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) y CRM (Customer Relationship Management), que facilitan la gestión integral de los recursos y las relaciones con los clientes. Sin embargo, en los procesos productivos aún existen deficiencias importantes. De manera general, el uso de sistemas MES (Manufacturing Execution Systems) está poco extendido, y el uso de sistemas MOM (Manufacturing Operations Management) es aún menos común.

El empleo de herramientas de captura de datos no está generalizado y, cuando se recopilan, los datos se almacenan de manera poco estructurada, lo que dificulta su posterior explotación. Es necesario consolidar esta digitalización básica, especialmente a parte de control de procesos y captura de variables críticas, pues se considera fundamental para establecer modelos de comportamiento de los procesos y abrir las puertas al uso sistematizado de herramientas de inteligencia artificial (IA) en los

Asimismo, a nivel de planificación y secuenciación de la producción, se requieren herramientas mejor conectadas con los sistemas de gestión de stocks y análisis de mercado. Esto permitiría establecer los lotes y órdenes productivas de manera rápida y

Actualmente, estas operaciones se realizan de manera muy manual, basándose en la experiencia del personal experto.

No obstante, se han observado más avances en aspectos relacionados con la inspección por visión artificial del producto terminado y en los procesos de clasificación, donde la automatización es casi total. El proceso productivo es altamente automatizado cuanto a la manipulación de piezas, pero todavía es deficiente en la gestión de datos y en la toma de decisiones fundamentada en estos.

Tecnología productiva y digitalización

En la etapa de producción, las empresas cerámicas han incorporado maquinaria avanzada que permite una alta precisión y eficiencia. Sin embargo, la integración de estas máquinas con sistemas digitales que capturen y analicen datos en tiempo real aún es limitada. La capacidad de monitorizar y ajustar parámetros de producción de manera automatizada es crucial para mejorar la eficiencia y la calidad del producto.

Gestión de la información y toma de decisiones

Las empresas del sector cerámico, especialmente las pequeñas y medianas, no han logrado una integración completa de sus sistemas de información. Aunque muchos utilizan ERP para la gestión administrativa y financiera, la falta de integración con los sistemas de producción y calidad limita la capacidad de obtener una visión completa y en tiempo real de la operación. La implementación de sistemas MES y MOM podría resolver estas deficiencias, permitiendo una gestión más eficiente y precisa de la producción.

Infraestructura digital y conectividad

La infraestructura digital en el sector cerámico varía significativamente según el tamaño de la empresa. Las grandes empresas suelen tener sistemas más avanzados y bien integrados, mientras que las pequeñas y medianas empresas (PYMES) a menudo carecen de una infraestructura digital robusta. Esta disparidad afecta la capacidad de las PYMES para competir en un mercado globalizado, donde la eficiencia y la capacidad de respuesta son cruciales.

Personal y capacitación

Un desafío significativo en la digitalización del sector cerámico es la disponibilidad de personal capacitado en tecnologías digitales avanzadas. La formación continua y la atracción de talento especializado son esenciales para aprovechar al máximo las inversiones en tecnología. Sin embargo, el sector enfrenta dificultades para atraer y retener personal con alto nivel de formación técnica, lo que ralentiza la adopción de nuevas tecnologías.

Comercialización y nuevas tecnologías

En términos de comercialización, el sector cerámico ha comenzado a explorar nuevas tecnologías como la realidad aumentada (AR) y la realidad virtual (VR) para mejorar la experiencia del cliente. Estas herramientas permiten a los clientes visualizar cómo se verían los productos en sus espacios antes de comprarlos, mejorando la satisfacción del cliente y potenciando las ventas en línea.

En el periodo de mayo a junio de 2022, se realizó un sondeo para evaluar la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en el sector cerámico. La muestra incluyó 62 empresas, representando aproximadamente el 30% del sector. El objetivo principal fue evaluar el estado actual de digitalización y las oportunidades de mejora en la implementación de tecnologías avanzadas. Se utilizó un enfoque descriptivo y bivariante basado en un cuestionario específico para la Industria 4.0. El sondeo reveló una amplia adopción de la Industria 4.0 como una estrategia fundamental para el futuro, con un 70% de las empresas reconociendo su importancia. Los esfuerzos de instituciones como el ITC, junto con los proveedores locales de maquinaria, han sido cruciales para el reconocimiento y adopción.

Las empresas del sector identificaron significativas oportunidades de mejora en varias áreas mediante la adopción de la Industria 4.0, destacando la mejora de productos (84%), la optimización de procesos (90%), el control de costes (87%), la flexibilidad de los procesos (80.6%) y la sostenibilidad (60%). El sector cerámico se encuentra mayoritariamente en una fase introductoria y de desarrollo, con algunas pruebas piloto en marcha (36%) y ciertas líneas de producción ya operativas con sistemas de indicadores (50%). Solo un 8% de las empresas no ha adoptado estas tecnologías, mientras que un 6% se encuentra en una fase avanzada de implementación.

La adopción de sistemas de información como ERP y sistemas de trazabilidad está bien implantada en muchas empresas. Sin embargo, aproximadamente la mitad de las empresas aún no digitalizan los partes de trabajo, y el 60% no utiliza CRM. Las empresas digitalizadas suelen tener implementados múltiples sistemas de información, lo que facilita su avance en la digitalización. Las empresas con una estructura formalizada de

innovación, que incluye comités de innovación y presupuestos dedicados, muestran una mayor adopción de herramientas digitales y realizan mayores inversiones en digitalización. La inversión se centra en la adquisición de nuevos equipos y software (60%) y la contratación de personal especializado (60%) y las colaboraciones externas

Las principales barreras identificadas para la digitalización incluyen los costes de inversión y financiación (80%), la falta de personal cualificado y conocimiento (70%) y la resistencia al cambio (60%). No obstante, existe un claro entendimiento de los beneficios potenciales de la digitalización, lo que indica una predisposición positiva hacia el cambio. Los habilitadores digitales en el sector incluyen infraestructura industrial de red y servidores dedicados (59%), ciberseguridad (76%), servicios en la nube (63%), sistemas automáticos de extracción de datos (69%), integración y explotación de datos (29%), sensores para control automático de procesos (45%), sistemas de trazabilidad (24%) y tecnologías avanzadas como inteligencia artificial y gemelo digital

Las oportunidades de mejora inmediata incluyen la inversión en formación en Industria 4.0, la contratación de personal cualificado, la digitalización de partes de trabajo y el desarrollo de una estrategia de innovación formal. El sector cerámico está en un momento de crecimiento en la adopción de la Industria 4.0, mostrando una clara tendencia positiva. La consolidación de la base digital y la integración de sistemas avanzados son pasos cruciales para mejorar la eficiencia, flexibilidad y competitividad de la

Como conclusión, puede decirse que el sector cerámico ha realizado avances significativos en la digitalización de ciertos aspectos de su operación, especialmente en áreas como la inspección y clasificación automatizada. Sin embargo, la falta de inversión en sistemas y la dependencia de procesos manuales en la planificación y gestión de la producción limitan el potencial de eficiencia y mejora continua. La inversión en tecnologías de captura de datos y análisis, así como en la formación del personal, son pasos cruciales para alcanzar un nivel de digitalización que permita competir eficazmente en el mercado global.

Sector Textil

El sector textil en la Comunidad Valenciana tiene una larga tradición y ha sido un pilar importante de la economía regional. Sin embargo, al igual que otros sectores industriales, enfrenta retos significativos en términos de digitalización, competitividad y sostenibilidad. Este informe analiza la situación actual del sector textil, identificando las áreas de avance y las principales barreras que impiden su modernización y crecimiento.

En los últimos años, las empresas textiles en la Comunidad Valenciana han comenzado a adoptar tecnologías digitales para mejorar sus procesos productivos y de gestión. Sin embargo, la digitalización en este sector aún está en una fase inicial. Las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) predominan en el sector, representando aproximadamente el 90% del tejido empresarial, lo que limita la capacidad de inversión en tecnologías

A nivel de producción, la incorporación de maquinaria avanzada y sistemas de control automatizado es todavía limitada. La mayoría de las empresas utilizan equipos tradicionales y procesos manuales, lo que reduce la eficiencia y aumenta los costos. Aunque algunas empresas han implementado sistemas de gestión de la producción (MES) y de planificación de recursos empresariales (ERP), la integración completa de estos sistemas sigue siendo escasa.

Tecnología Productiva y Digitalización

La adopción de tecnologías de Industria 4.0 en el sector textil ha sido lenta. La mayoría de las empresas aún no utilizan sistemas de captura de datos en tiempo real ni herramientas de inteligencia artificial (IA) para optimizar sus procesos productivos. Esto se debe en parte a los altos costos de inversión y a la falta de personal cualificado para gestionar estas tecnologías.

Las empresas que han invertido en digitalización se han centrado principalmente en mejorar la calidad del producto y la eficiencia operativa. La automatización en la inspección de calidad y el uso de sistemas de clasificación automatizada son áreas donde se han visto avances significativos. No obstante, la capacidad de monitorizar y ajustar parámetros de producción en tiempo real sigue siendo limitada.

Gestión de la Información y Toma de Decisiones

La gestión de la información en el sector textil presenta deficiencias importantes. Muchas empresas no han logrado una integración completa de sus sistemas de información, lo que limita la capacidad de obtener una visión en tiempo real de sus operaciones. La falta de integración entre los sistemas de gestión administrativa, producción y calidad dificulta la toma de decisiones basadas en datos precisos y actualizados.

Infraestructura Digital y Conectividad

La infraestructura digital dentro del sector textil muestra una variabilidad notable dependiendo del tamaño de las empresas involucradas. Las corporaciones de mayor envergadura generalmente poseen sistemas tecnológicos sumamente avanzados y perfectamente integrados. En contraste, las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) frecuentemente carecen de una infraestructura digital robusta y bien desarrollada. Esta disparidad impacta significativamente la capacidad de las PYMEs para competir de manera efectiva en un mercado que se caracteriza por su alto grado de globalización, donde la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta rápida son factores críticos para el éxito. Las grandes empresas, con sus recursos superiores, pueden implementar tecnologías avanzadas que optimizan la producción y la logística, mientras que las PYMEs deben luchar con limitaciones tecnológicas que las colocan en desventaja.

Personal y Capacitación

Uno de los obstáculos más grandes que enfrenta la digitalización en la industria textil es la disponibilidad de personal altamente capacitado en tecnologías digitales avanzadas. Para maximizar el retorno de las inversiones en tecnología, es esencial implementar programas continuos de formación y

desarrollo de habilidades, así como atraer talento especializado que pueda manejar estas tecnologías de manera efectiva. Sin embargo, la industria textil se enfrenta a un desafío considerable en la atracción y retención de profesionales con un alto nivel de formación técnica.

Este problema no solo ralentiza la adopción de nuevas tecnologías, sino que también impide que las empresas alcancen su máximo potencial de eficiencia y competitividad. La falta de personal cualificado en el ámbito digital es una barrera significativa que la industria debe superar para mantenerse relevante y competitiva en el mercado global.

Comercialización y Nuevas Tecnologías

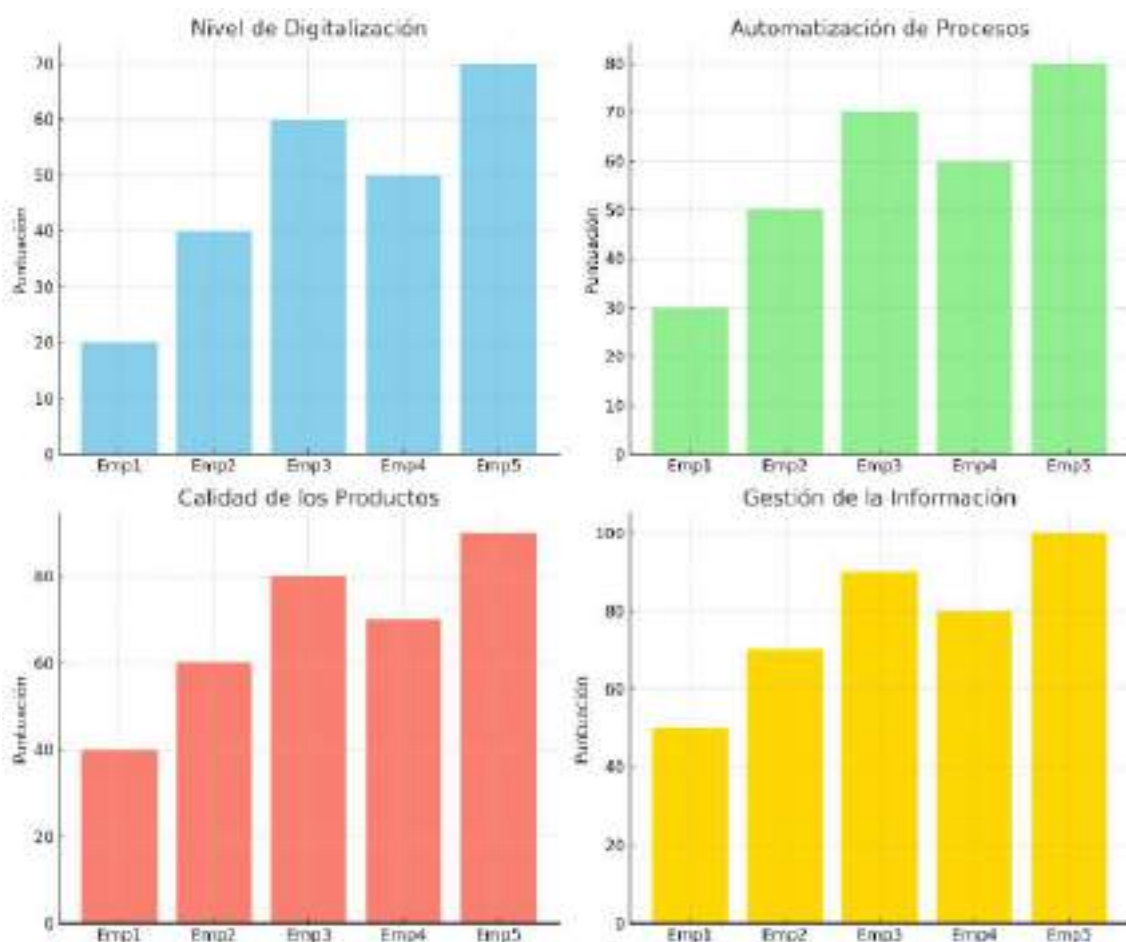
En el ámbito de la comercialización, el sector textil está explorando activamente el uso de tecnologías emergentes como la realidad aumentada (AR) y la realidad virtual (VR) para enriquecer la experiencia del cliente. Estas innovaciones tecnológicas permiten a los consumidores visualizar cómo se verían los productos en sus propios espacios antes de realizar una compra, lo que no solo mejora la satisfacción del cliente sino que también potencia las ventas en línea. La capacidad de ofrecer una experiencia de compra inmersiva y personalizada es un diferenciador clave en un mercado saturado y

Al utilizar AR y VR, las empresas textiles pueden crear una conexión más profunda con sus clientes, ofreciendo una visualización detallada y realista de los productos que no sería posible a través de métodos tradicionales de comercialización. Este enfoque innovador en la comercialización está transformando la forma en que los consumidores interactúan con las marcas y toman decisiones de compra.

Conclusiones

Nivel de Digitalización: El gráfico en color azul claro muestra la puntuación de digitalización de varias empresas del sector textil. Destaca las diferencias en la adopción de tecnologías digitales entre las empresas.

Automatización de Procesos: El gráfico en color verde ilustra el nivel de automatización de los procesos productivos en las empresas textiles. Muestra cómo algunas empresas están más avanzadas en la implementación de automatización que otras.



Niveles de digitalización en el sector textil

Calidad de los Productos: El gráfico en color rojo claro representa la puntuación de calidad de los productos, evaluando cómo las tecnologías avanzadas han mejorado la calidad en diferentes empresas.

Gestión de la Información: El gráfico en color amarillo muestra la puntuación de la gestión de información en las empresas textiles, indicando el grado de integración de los sistemas de información y la eficiencia en la toma de decisiones basada en datos.

El sector textil en la Comunidad Valenciana ha realizado avances significativos en la digitalización de ciertos aspectos de su operación, especialmente en áreas como la inspección y clasificación automatizada. Sin embargo, la falta de integración de sistemas y la dependencia de procesos manuales en la planificación y gestión de la producción limitan el potencial de eficiencia y mejora continua. La inversión en tecnologías de captura de datos y análisis, así como en la formación del personal, son pasos cruciales para alcanzar un nivel de digitalización que permita competir eficazmente en el mercado.

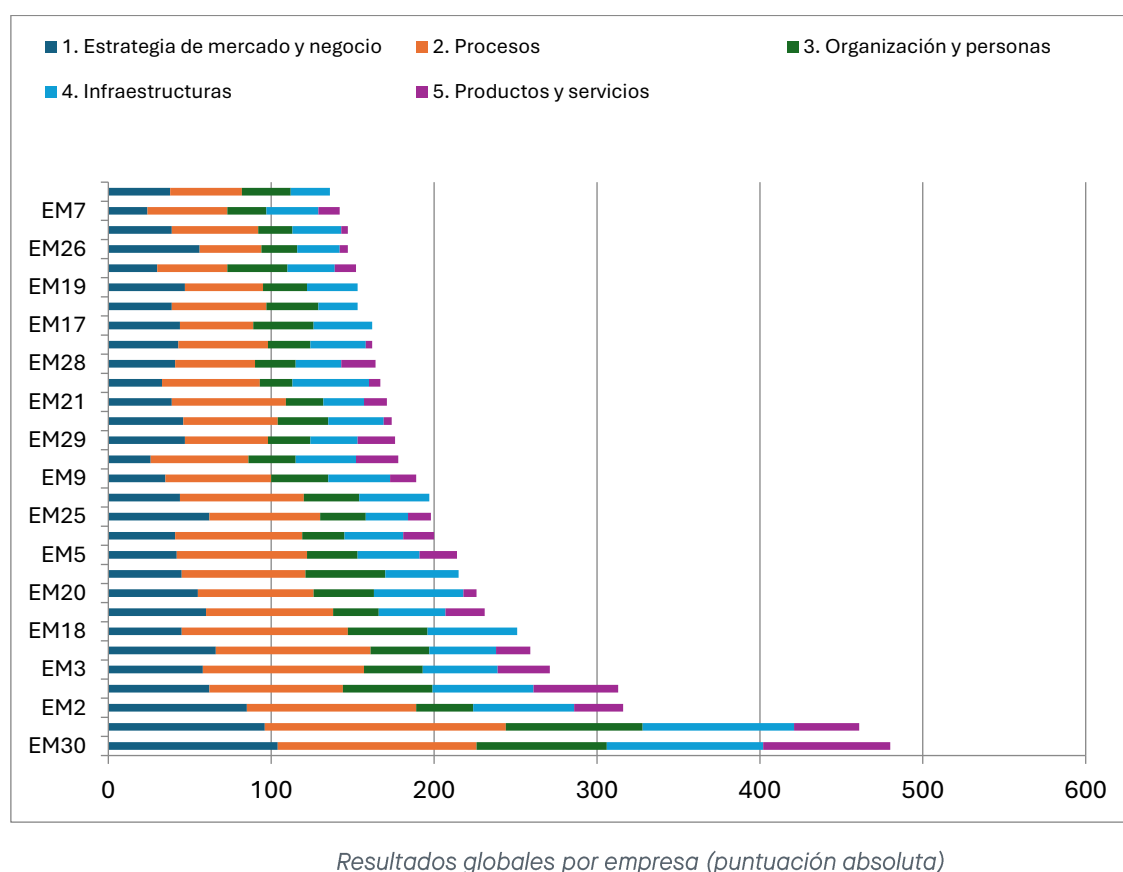
La consolidación de la base digital y la integración de sistemas avanzados son esenciales para mejorar la eficiencia, flexibilidad y competitividad de las empresas del sector textil en la Comunidad Valenciana. Para ello, es fundamental superar las barreras de inversión y capacitación, y fomentar un entorno de innovación que permita aprovechar las oportunidades que ofrece la Industria 4.0.

Sector Hábitat

Tradicionalmente, el Sector del Mueble en su conjunto no ha destacado por su capacidad de adoptar tecnologías de última generación de forma rápida y eficaz. El tejido industrial está formado, mayoritariamente, por empresas pequeñas o muy pequeñas (el 95% tiene menos de 20 empleados, según datos del INE 2022), lo cual implica unos recursos económicos y un acceso a financiación externa bastante limitado. Además, quizás por tratarse de una industria que puede parecer tradicional o por tener un componente artesanal importante, su capacidad de atracción de personal con elevada capacitación técnica es reducida.

La mayor parte de empresas del sector son conscientes de que la adopción de tecnologías digitales mejoraría la eficiencia en el uso de recursos, permitiría dar una respuesta más rápida a las demandas del mercado y reduciría costes en la cadena. Este hecho se puso de manifiesto en el último estudio publicado sobre el nivel de digitalización del Sector, en el año 2018.

En este estudio se analizó el nivel de digitalización de 30 empresas del Sector utilizando el cuestionario HADA. El resultado fue el mostrado en el gráfico siguiente.



Analizando con mayor detalle los resultados obtenidos, se evidencia que en el ámbito de los productos y servicios interconectados es donde existe un menor compromiso por parte de las empresas. Este resultado es totalmente lógico debido a la propia naturaleza del producto ya que, hasta la fecha, el aporte de valor de los productos interconectados en el ámbito del mobiliario no es demandado, ni apreciado, por el

Por otro lado, se evidencian tendencias como la automatización de procesos, la fabricación a medida, la motivación de los empleados o la necesidad de realización de inversiones para alcanzar un alto nivel de digitalización en las empresas, lo cual parece un resultado coherente con la realidad sectorial, incluso con la actual.

Seguidamente se identifican los principales problemas para que estas tendencias se afiancen y progresen, mejorando efectivamente el nivel de digitalización del sector.

- **Tecnología productiva:** los principales fabricantes de maquinaria disponen de equipos cuya tecnología está totalmente actualizada, permitiendo tanto la fabricación en grandes lotes como la fabricación de producto personalizado (lote unitario). Aunque muchas empresas pequeñas disponen de algún equipo que les permite cierta flexibilidad en la fabricación, el coste de la tecnología les impide escalar su producción para crecer de forma ordenada y planificada. No ocurre lo mismo en las empresas medianas y grandes, que normalmente sí que disponen de equipamiento productivo adecuado para responder a las necesidades de su
- **Rentabilidad de la actividad:** un factor limitante que alcanza a cualquier empresa es la escasa rentabilidad de la fabricación de mobiliario. Los fabricantes trabajan con márgenes muy ajustados, que oscilan normalmente entre el 4% y el 8%. Estos márgenes, como ya se ha indicado anteriormente, limitan la capacidad de inversión de la industria e impiden que las empresas asuman riesgos cuando el retorno de la inversión no es muy evidente. Apostar por tecnologías en un estado de desarrollo incipiente, supone un riesgo demasiado
- **Amplitud de la oferta:** cualquier empresa del sector tiene un catálogo de producto muy amplio, con múltiples opciones y variantes que suponen miles de referencias finales en empresas medianas y cientos en empresas pequeñas, con una renovación de producto muy elevada (anualmente se sacan colecciones nuevas). Esta variedad de producto supone que los lotes de fabricación son muy pequeños, e incluso unitarios. Esta circunstancia tiene consecuencias directas sobre el proceso de fabricación: gestión productiva muy compleja, lo que requiere un SI potente; repetitividad de operaciones muy baja, que dificulta la automatización y el control del proceso en tiempo real; continua modificación de instrucciones de fabricación para la personalización de productos, suponiendo una carga de trabajo importante en la oficina técnica. Respecto a este último apartado, en los últimos años se ha observado avances significativos en la utilización de herramientas digitales en el ámbito del diseño.
- **Infraestructura digital:** la mayor parte de empresas no tiene integrada toda la información que maneja en su desempeño diario. Hay diferencias entre las empresas pequeñas, que habitualmente carecen de un SI integrado, y las

² <https://cb.analistaseconomicos.com/informe/espana/61>

medianas que suelen disponer de un ERP pero muchas veces con funcionalidades limitadas, especialmente en el área productiva. La información disponible reside en múltiples repositorios, que a veces son de uso individual, incluso en empresas grandes.

- : como se ha indicado, la capacidad de atracción de personal con formación técnica de nivel medio o superior es muy limitada. El sector no ofrece unas condiciones de trabajo excesivamente atractivas, al margen de que no tiene una gran visibilidad social. Como resultado, el personal del sector tiene una cualificación media-baja desde el punto de vista tecnológico, aunque respondan con profesionalidad a las demandas de las empresas.

En cuanto a la **comercialización**, el sector del mueble ha experimentado una migración significativa hacia el comercio electrónico y las plataformas digitales. Actualmente baraja una cifra cercana al 48% de españoles que ha comprado algún mueble online. Esta cifra, aunque se ubica por debajo de la media europea (60%), denota la fuerte digitalización que se ha visto en el sector en esta área.

Además, la realidad aumentada (AR) y la realidad virtual (VR) están siendo cada vez más utilizadas para mejorar la experiencia de compra en línea, permitiendo a los clientes visualizar los muebles en su espacio antes de comprarlos.

Como conclusión, se podría afirmar que se han producido avances significativos en la digitalización del sector del mueble en lo que respecta a las áreas comercial y de diseño. Sin embargo, ha habido un avance bastante menor en las áreas de fabricación, reestructuras digitales y recursos humanos.

Sector Calzado

La industria del calzado es una de las más importantes en España para el sector de la moda. España es uno de los principales países en la producción de calzado de calidad, pero se ha enfrentado desafíos significativos en los últimos años.

En 2020, la producción industrial del sector de fabricación de calzado en España experimentó una caída de casi el 82%, en comparación con 2015. A partir de ahí hubo una ligera recuperación en los años siguientes, pero no ha alcanzado los niveles previos la crisis sanitaria.

En 2022, la industria española del calzado alcanzó una cifra de negocio de aproximadamente 3.536 millones de euros. Este dato supuso un crecimiento de alrededor de 680 millones con respecto a la facturación registrada por este sector durante el año anterior. Durante los últimos doce meses, hubo picos de fabricación en los que el volumen fabricado disminuyó en más del 40%, y a esto se unió un menor consumo de zapatos por parte de la población debido a los elevados niveles de inflación

Existen más de 3.000 fabricantes de calzado en España, pero la mayoría de los zapatos consumidos en el país provienen del exterior, especialmente de China. En 2023, se comercializaron en España más de 183 millones de pares procedentes de fábricas

³ <https://marketing4ecommerce.net/el-sector-muebles-en-espana-afianza-su-crecimiento-online-gracias-a-las-soluciones-de-financiacion-digital/>

chinas. Además, las exportaciones españolas de calzado han encontrado en Francia e Italia grandes clientes, pero el sector aún tiene un largo camino por recorrer para equilibrar la balanza comercial.

La Comunidad Valenciana es, la comunidad autónoma más importante para la industria del calzado en España, con 1.948 sociedades activas en la industria del calzado, a 1 de enero de 2022, que representan el 65,5% del total.

El tamaño medio de las empresas del sector del cuero y el calzado valenciano es de 8 empleados por empresa, sensiblemente menor que la media de la industria valenciana (12 empleados por empresa). La distribución de las empresas según tamaño corrobora la pequeña dimensión del sector, donde abundan autónomos (34,6%) y las microempresas (40,8%), contando el sector en la Comunidad Valenciana, solo con dos empresas de gran tamaño (> 250 trabajadores).

En lo que respecta a la exportación, y a pesar de que la industria española ha encontrado en Francia e Italia grandes clientes del calzado nacional, lo cierto es que el sector tiene todavía un largo camino a recorrer. Ni los datos de 2023, los segundos mejor pasada década, bastaron para que el saldo negativo de la balanza comercial no marcara, un año más, un déficit, que, en esta ocasión, se aproximó a los 1.341 millones de euros.

Principales destinos de las exportaciones del sector del cuero y calzado valenciano (millones de euros; 2022).



Fuente: DataComex. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

El ecommerce ha sido en los últimos años el gran disruptor para el sector de la moda. En 2023, el mercado del calzado en España ingresó durante el primer semestre cerca de 341 millones gracias a las ventas en la red y se sobrepasaron los cuatro millones de operaciones. El calzado se convirtió en uno de los productos estrella de las compras online en 2023, únicamente superado por la ropa, el ocio y los viajes. En resumen, la industria del calzado en España enfrenta desafíos en términos de producción, consumo y dependencia del mercado exterior. Sin embargo, hay señales positivas en cuanto a la fuerza de trabajo y las exportaciones.

La industria del calzado es un sector altamente manufacturero, que está experimentando una transformación significativa hacia la digitalización. Las tecnologías digitales abren nuevas oportunidades para la producción de calzado y permiten a las empresas ser competitivas y sostenibles en un mercado globalizado.

Las soluciones tecnológicas, como son los ERP, aplicadas a la industria del calzado permiten digitalizar todos los procesos, desde la gestión de la producción, pasando por el control laboral y la integración de sistemas físicos encargados de almacenes o pl automatizadas, además de efectuar el seguimiento al estado de la fabricación.

La Industria 4.0, que no solo le reporta una serie de ventajas, sino que, además, permite llevar a cabo procesos como los siguientes:

- Implementar Smart Factory, para mantener interconectado todo el proceso de fabricación por medio de dispositivos inteligentes que son controlados directamente por cada uno de los profesionales de la empresa en tiempo real.
- Monitorizar las fábricas inteligentes mediante el seguimiento de cada una de las fases de fabricación del calzado hasta obtener el producto acabado, el cual será distribuido para su venta.
- Manejar un sistema de Big Data dentro del cual se organiza una gran cantidad de información relacionada con el funcionamiento de la empresa, lo que permite detectar fallas, corregir errores y cambiar los procesos en caso de que sea necesario.
- Gestionar un mantenimiento predictivo de forma automática, reduciéndose considerablemente la intervención humana, ya que se trata de procesos de optimización predeterminados, con los que se alcanza una considerable reducción de costes.
- Fabricar zapatos empleando sistemas CAD/CAM, lo cual incrementa la velocidad de diseño, lográndose reducir el coste en el desarrollo de muestras. También facilita el comercio digital, así como la personalización del producto.
- Automatizar algunas operaciones que se realizan durante la fabricación de calzado, incluso la implantación de la robótica colaborativa en algunas de ellas, mejorará productividad, haciendo que las empresas sean más competitivas, manteniendo la calidad e incluso reduciendo el coste.
- Mantener un sistema de stock inteligente dentro del cual se gestione de forma eficiente la cantidad de productos almacenados para conservar solo los que sean necesarios, con el objetivo de cubrir las demandas sin tener que disponer de grandes infraestructuras de almacenaje.

Además, la digitalización permite que las fábricas de calzado en España se diversifiquen y personalicen de tal forma que conozcan por anticipado los hábitos de los consumidores a través de los estudios de Big Data.

En resumen, la digitalización está impulsando la innovación en la industria del calzado, desde la creación de diseños hasta la gestión de la producción y la colaboración con proveedores de materiales. Es fundamental que las empresas aprovechen estas oportunidades para mantener su competitividad en el mercado.

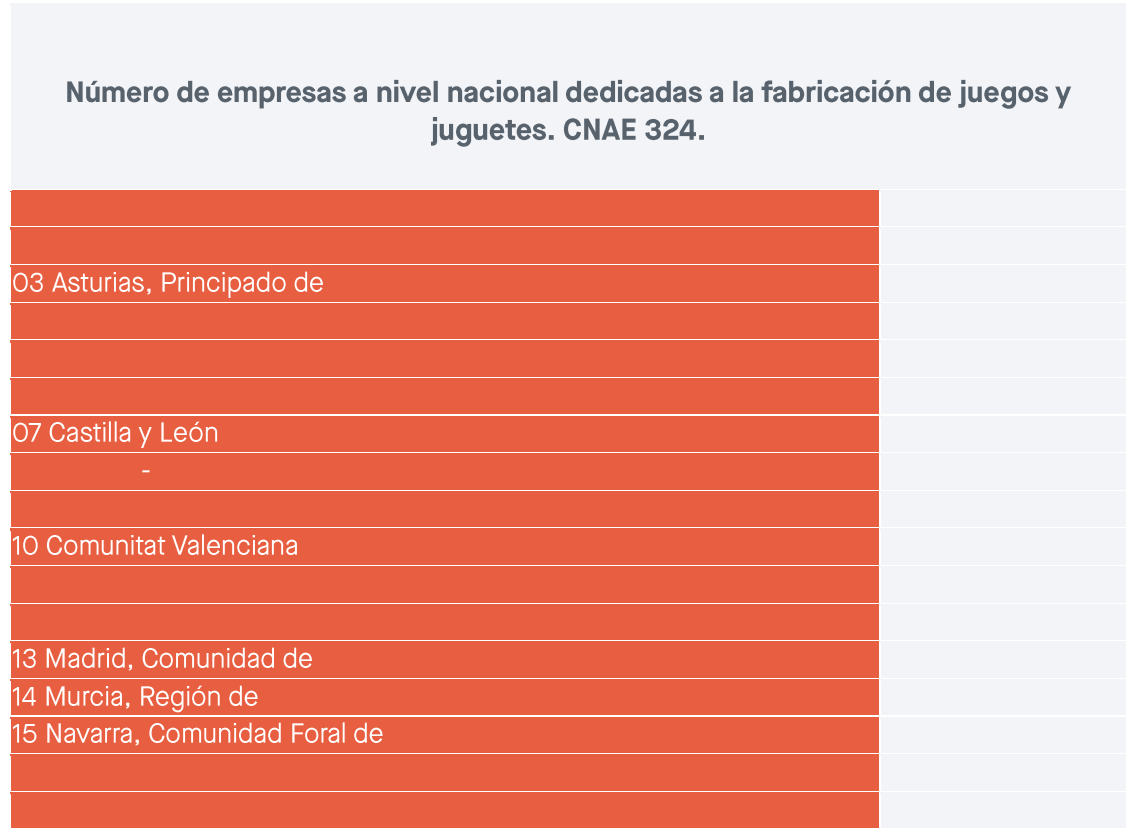
- Statista. Junio 2023: <https://es.statista.com/estadisticas/488010/facturacion->
- - - - -
- Instituto Nacional de Estadística (INE)
- DIRCE 2022. INE; 2023
- Informe del calzado en España 2023 (FICE)
- La transformación digital del sector del calzado en España. 30 junio 2021
- <https://www.rrhhpress.com/comunicados/52656-> -transformacion- - -
- - - - -

Sector Juguete

La fabricación de juegos y juguetes está dominada por microempresas y pequeñas empresas, con una presencia muy limitada de medianas y grandes empresas.

En el contexto de las empresas dedicadas a la fabricación de juegos y juguetes (CNAE 324) a nivel nacional en 2023, según los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) , la Comunidad Valenciana destaca significativamente, liderando con la mayor concentración de empresas en el sector y representando aproximadamente el 35% del total nacional seguidos de Cataluña y la Comunidad de

: Número de empresas a nivel nacional CNAE 324



⁴ INE Empresas activas



Tecnologías utilizadas en la fabricación de juguetes

La industria del juguete utiliza diversas técnicas de fabricación, entre las cuales destacan el rotomoldeo, la inyección de plástico y la fabricación por termosoplado.

La elección entre los diferentes procesos de fabricación depende de las especificaciones del producto, los volúmenes de producción requeridos y las características específicas que se desean lograr en el juguete final. En conjunto, estas tecnologías permiten a la industria del juguete ofrecer una amplia gama de productos para el disfrute de los niños en todo el mundo.

Aunque la desaparición del juguete tradicional parece improbable ya que sigue existiendo una fuerte demanda, la aplicación de las nuevas tecnologías en la industria del juguete está revolucionando la forma en que se diseñan, fabrican y utilizan estos productos. Desde la impresión 3D y la realidad aumentada hasta la inteligencia artificial y el IoT, cada tecnología aporta beneficios únicos que mejoran la calidad, la seguridad y la interactividad de los juguetes. Estas innovaciones no solo enriquecen la experiencia de juego, sino que también abren nuevas oportunidades para la educación, la personalización y la sostenibilidad en el sector del juguete. Al adoptar y adaptarse a estas tecnologías, los fabricantes de juguetes se mantienen competitivos y satisfacen crecientes demandas de los consumidores.

La impresión 3D permite crear prototipos de juguetes de manera rápida y económica, reduciendo significativamente el tiempo de desarrollo y los costos asociados al diseño y pruebas iniciales, de esta forma, los diseñadores pueden experimentar y modificar prototipos con facilidad, permitiendo una mayor creatividad y ajustes rápidos basados en pruebas y feedback. Además, existe una gran demanda de juguetes personalizados, por lo que los fabricantes de juguetes ofrecen a los consumidores la posibilidad de personalizar sus juguetes, eligiendo colores, formas y características específicas, creando productos únicos.

La Realidad Aumentada y la Realidad virtual se han integrado en juguetes educativos para crear experiencias de aprendizaje inmersivas, haciendo que el aprendizaje sea más atractivo y efectivo para los niños.

Los juguetes conectados a través de tecnologías IoT pueden interactuar entre sí y con dispositivos inteligentes, proporcionando experiencias de juego más ricas y dinámicas pudiendo recibir actualizaciones de software, permitiendo nuevas funcionalidades y personalizaciones continuas. Los juguetes conectados pueden incluir características de monitoreo para que los padres puedan supervisar el uso y la interacción de sus hijos con

La Inteligencia Artificial permite crear juguetes que pueden interactuar de manera más natural con los niños, comprendiendo y respondiendo a comandos de voz, y aprendiendo de las interacciones para ofrecer experiencias personalizadas adaptándose a la edad y habilidad y aprendizaje del niño, proporcionando contenido educativo personalizado y adecuado para su desarrollo.

La tecnología blockchain puede usarse para verificar la autenticidad de los juguetes, asegurando a los consumidores que están comprando productos genuinos y de calidad y permitiendo al fabricante proteger sus productos. En el contexto de juguetes s, blockchain proporciona una capa adicional de seguridad para proteger la información y los datos del usuario.

La aplicación de nuevas tecnologías a la fabricación de juguetes, especialmente aquellos hechos con materiales flexibles, presenta una serie de desafíos que dificultan su implementación. A continuación, se detallan algunos de ellos:

La fabricación de juguetes tradicionales, especialmente de muñecos y muñecas, es un proceso altamente especializado que combina técnicas artesanales tradicionales con un alto grado de precisión manual. Cada etapa del proceso, desde el conformado de las piezas mediante el proceso de rotomoldeo y el ensamblaje hasta la implantación capilar y la confección de ropa, requiere habilidades específicas y un enfoque meticuloso. Esta dedicación a los detalles no solo garantiza la calidad y durabilidad de los juguetes que también preserva la rica tradición artesanal de la industria del juguete, particularmente en regiones con una larga historia en esta manufactura, como la Comunidad Valenciana.

La industria del juguete se caracteriza por una alta rotación de modelos y la necesidad de producir múltiples referencias en pequeñas cantidades. Cada nuevo diseño puede requerir ajustes específicos en los equipos de producción, lo que complica la zación. La demanda de juguetes personalizados y ediciones limitadas añade otro nivel de complejidad, ya que los sistemas automatizados deben ser extremadamente flexibles y adaptables para manejar variaciones constantes en el diseño y la producción.

Los materiales flexibles, como ciertos plásticos blandos, silicona o tejidos, son inherentemente más difíciles de manejar con precisión debido a su tendencia a deformarse bajo presión. Esto requiere una tecnología de manipulación que pueda adaptarse a cambios en la forma y la textura del material durante el proceso de manipulación. Las piezas flexibles pueden dañarse fácilmente si se aplican fuerzas incorrectas durante la manipulación, lo que exige sistemas de control precisos y sensibles. Aunque existen manipuladores robóticos equipados con sensores táctiles y de presión, la precisión necesaria para manejar piezas flexibles sin dañarlas sigue siendo un desafío. La falta de feedback inmediato y la adaptabilidad de los sistemas robóticos pueden limitar su efi

Tareas como la extracción de piezas de los moldes, el ensamblaje de componentes pequeños y flexibles, y el ajuste preciso de las piezas requieren habilidades manuales y una alta coordinación ojo-mano que los robots actuales encuentran difícil replicar. Los operarios humanos pueden adaptarse rápidamente a situaciones imprevistas y tomar decisiones sobre la marcha, algo que las máquinas aún no pueden hacer con la misma efectividad. Se han desarrollado robots colaborativos que trabajan junto a los operarios manos, combinando la fuerza y precisión de la automatización con la adaptabilidad y juicio humano. Estos robots pueden asumir tareas repetitivas y físicamente demandantes, mientras que los operarios se concentran en las tareas que requieren habilidades manuales complejas. Los avances en sensores táctiles y tecnología de control han permitido a los robots manejar materiales flexibles con mayor delicadeza.

Sin embargo, la implementación de estos sistemas sigue siendo costosa y técnicamente

La extracción de piezas flexibles de los moldes es una tarea que requiere una precisión extrema para evitar deformaciones y daños. Esto implica manipular las piezas de manera suave y uniforme, algo que los robots actuales pueden realizar con dificultad debido a la variabilidad en la forma y la textura del material. La integración de sensores avanzados que proporcionan feedback en tiempo real puede mejorar la capacidad de los robots para extraer piezas delicadamente. Sin embargo, la tecnología aún está en desarrollo para alcanzar los niveles de precisión necesarios.

La evolución tecnológica y la automatización, combinadas con la experiencia y especialización de los operarios, permitirán a la industria del juguete seguir siendo un pilar importante de la economía regional y nacional, enfrentando con éxito los desafíos del mercado global y aprovechando las oportunidades que ofrece la era digital.

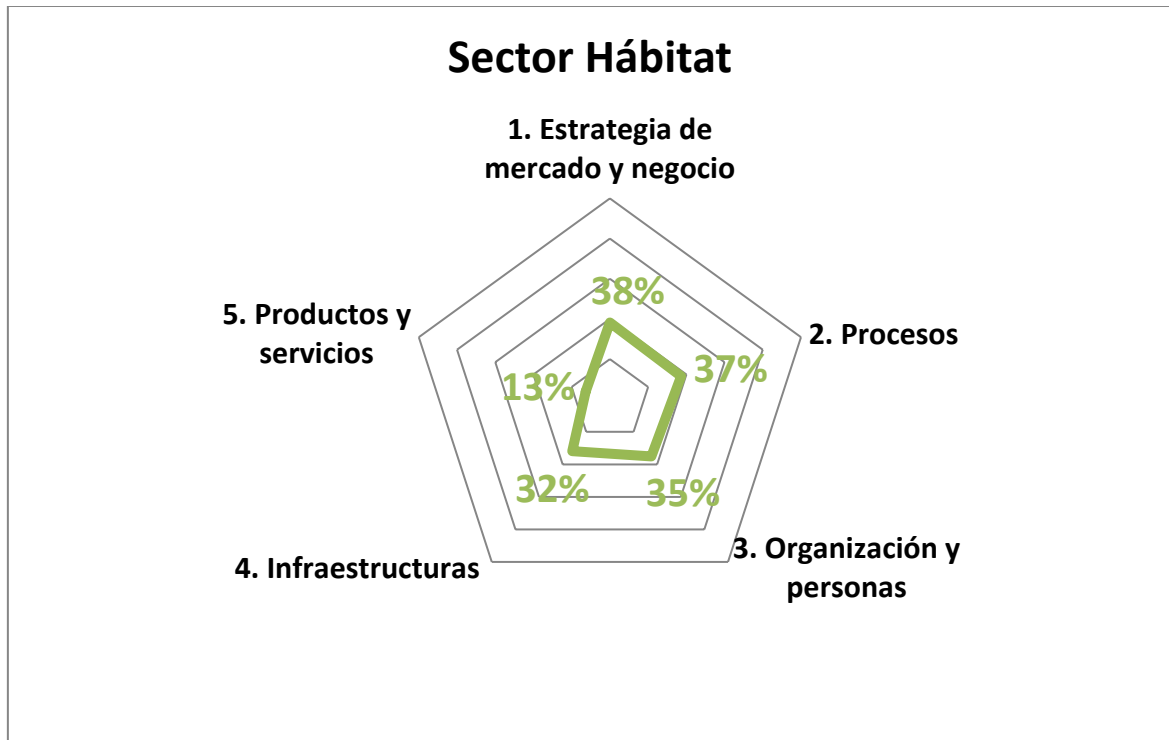
Hoja de ruta para la digitalización

Introducción.

La hoja de ruta para la transformación digital tiene como objeto marcar un camino relacionado con la digitalización de las empresas, graduadas en el tiempo y que deben aproximar, a la empresa que las siga, hacia la adopción de tecnologías avanzadas de fabricación, orientadas al desarrollo de productos personalizados.

El modelo de referencia se ha construido considerando no sólo los requisitos de integración en la Industria 4.0, sino que se han tenido en cuenta algunos aspectos clave de los sectores manufactureros, concretamente de los directamente implicados en

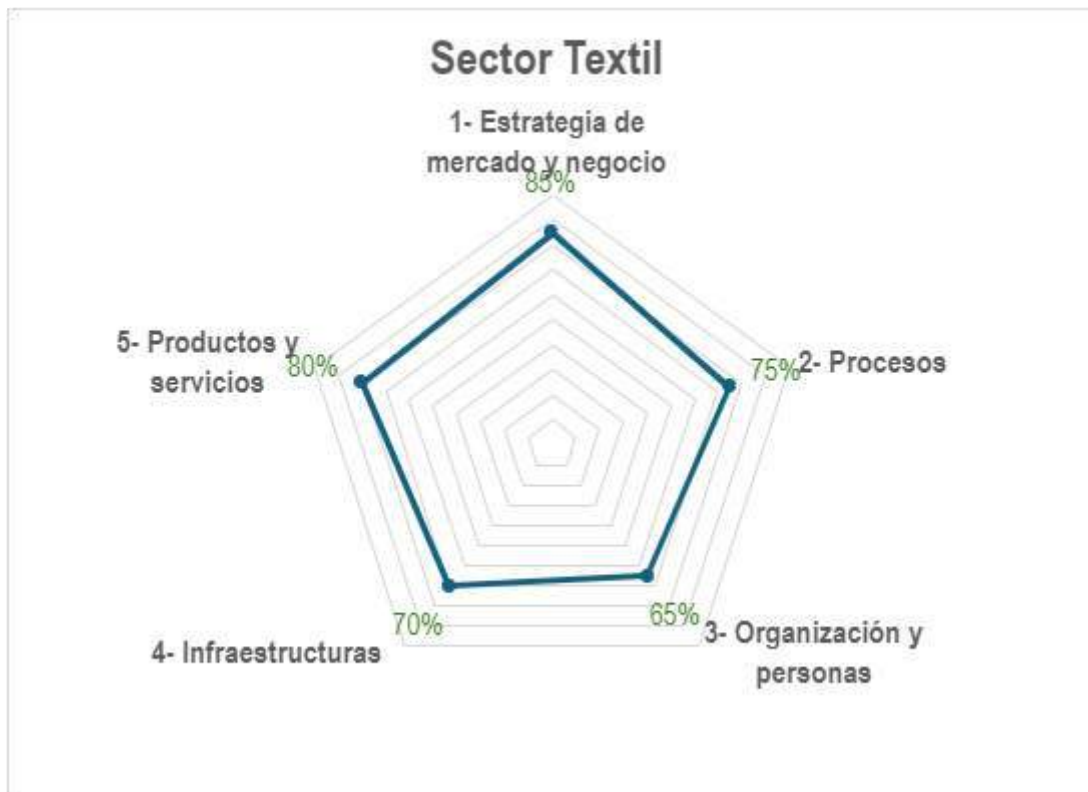
- **situación actual** de los diferentes sectores se recoge en los siguientes gráficos, elaborados tomando como referencia los cinco aspectos principales evaluados mediante el cuestionario HADA.



- el cuestionario HADA para el Sector del Hábitat



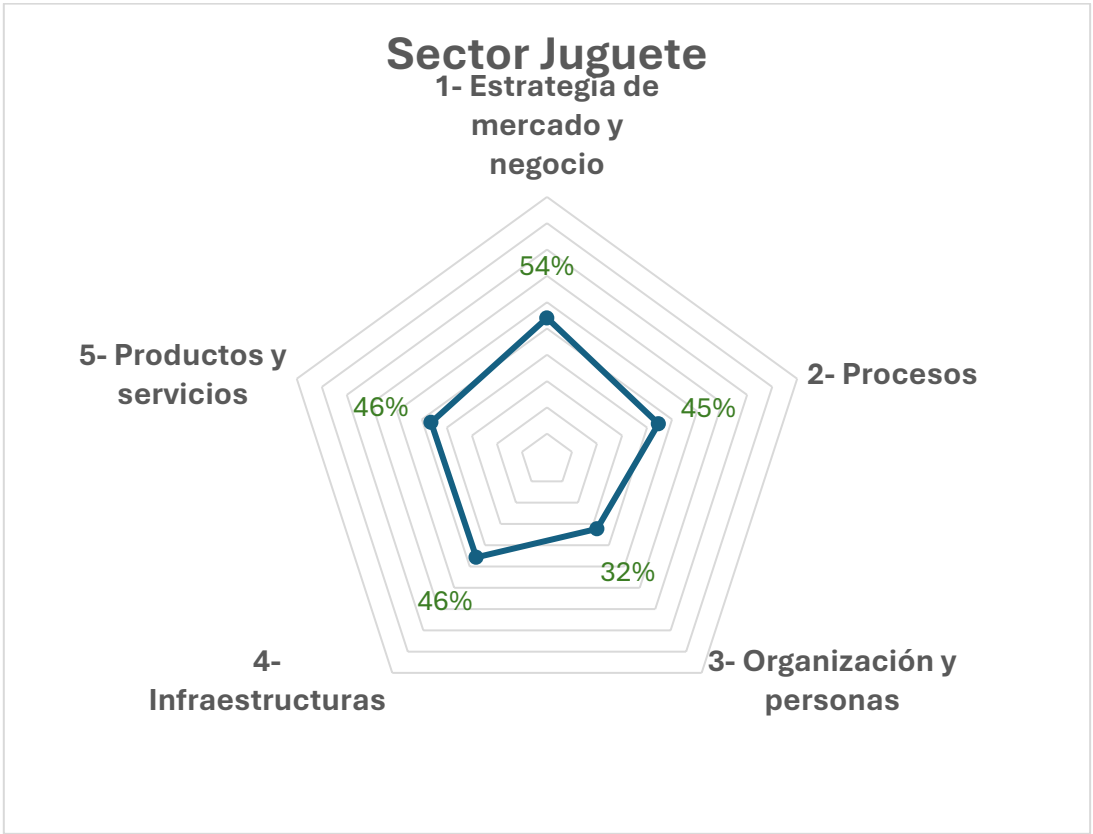
- Resultados del cuestionario HADA para el Sector del Calzado



- Resultados del cuestionario HADA para el Sector del Textil

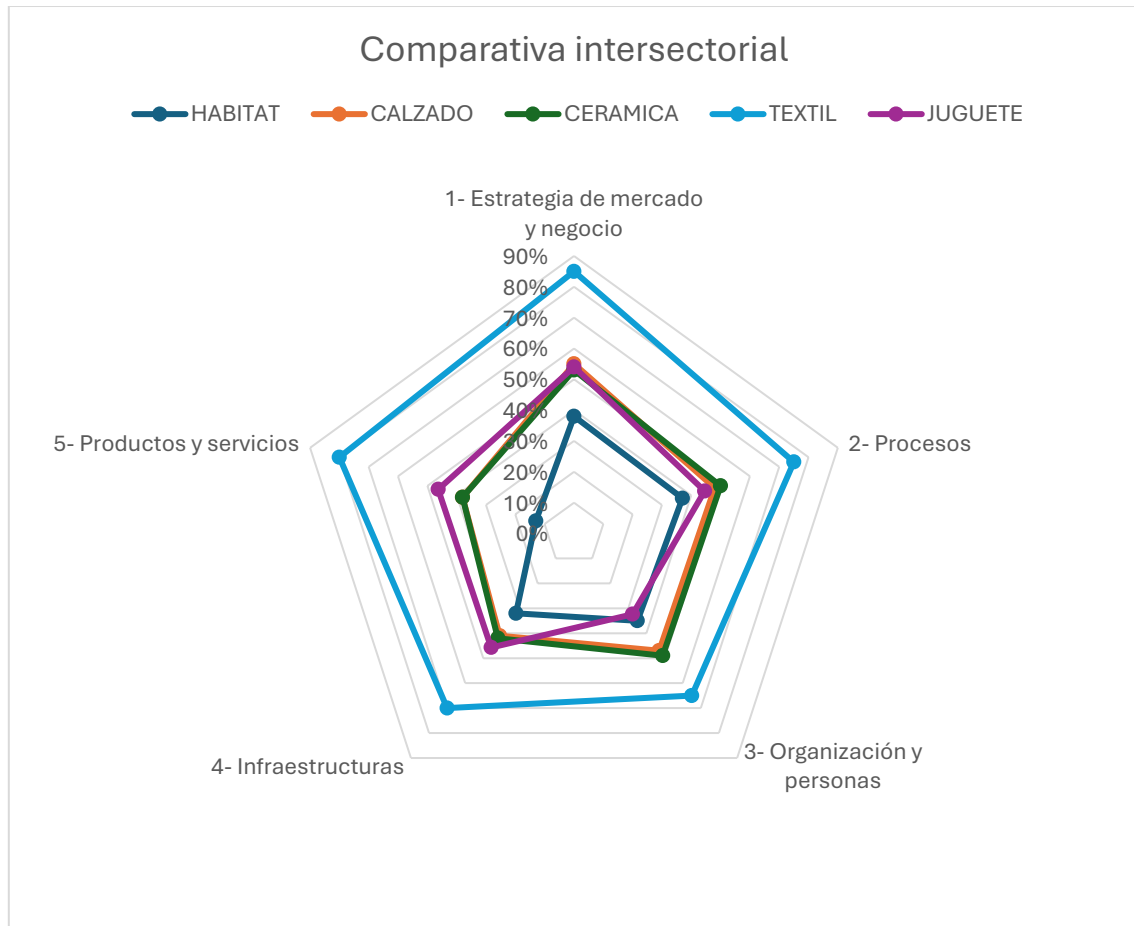


- Resultados del cuestionario HADA para el Sector Cerámico



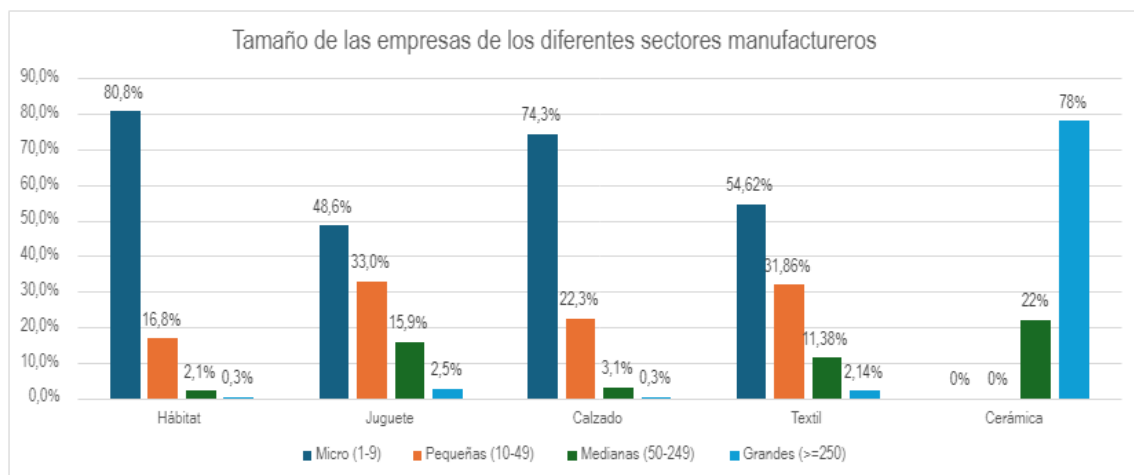
-

cuestionario HADA para el Sector del Juguete



- Comparativa entre los sectores manufactureros

- El **tamaño de las empresas** de los sectores manufactureros es relevante desde el punto de vista de la digitalización. Como puede apreciarse en mayor parte de sectores predominan las empresas pequeñas o muy pequeñas, aunque el Sector Cerámico es una excepción. El predominio de empresas de reducida dimensión, suele acarrear una capacidad de inversión muy reducida, por lo que cualquier propuesta que se haga en la Hoja de Ruta debe considerar el esfuerzo que supone la digitalización desde el punto de vista económico.



- Tamaño de las em

- En general el **nivel formativo del personal** es bajo, y más en materias relacionadas con la digitalización. Hay una gran diferencia entre las empresas denominadas grandes y el resto, al menos a nivel de puestos directivos y mandos intermedios, ya que en grandes empresas se suele contar con titulados o superiores. En el personal de línea las diferencias son escasas o nulas entre empresas, independientemente de su tamaño.
Se pueden mencionar algunas peculiaridades en función de cada sector. Por ejemplo, en el sector cerámico tanto en grandes como pequeñas empresas hoy en día los directivos suelen ser titulados.
En la actualidad existe una falta de personal cualificado, sobre todo a nivel de operarios, resultado de lo poco atractivo que resultan los sectores manufactureros para la gente joven. Con la digitalización de las empresas y la introducción de nuevas tecnologías, se espera que se creen puestos de trabajo más atractivos para las nuevas generaciones.

De una u otra forma, estos condicionantes sectoriales también deben ser tenidos en cuenta al plantear las acciones incluidas en la Hoja de Ruta, como así se ha hecho.

Como se ha indicado, la Hoja de Ruta debe considerar acciones de transformación digital desde la situación actual hasta alcanzar que se marque
ni los intereses ni las posibilidades de todas las empresas son iguales, se ha decidido graduar estas acciones de manera que puedan orientar a cada empresa hasta el nivel donde se encuentre cómoda. Y además también cabe suponer que los intereses estratégicos de cada empresa son diferentes, por lo que es posible que en un caso se
ice un tipo de acciones orientadas al área productiva, y en otro caso la prioridad sea para las acciones del área de comercialización, o productos y servicios.

Definición de los niveles de referencia

or coherencia con la nomenclatura utilizada hasta ahora, basada en el cuestionario, se ha decidido mantener los mismos niveles de Consciente, Competente, Dinámico y Referente. Sin embargo, se han considerado como dimensiones relevantes las siguientes, las cuales se considera que se ajustan mejor a las características de los sectores manufactureros:

- Estrategia y organización. Hace referencia a la definición de forma explícita y a la aplicación de estrategias de digitalización, y a la estructura organizativa existente para facilitar la consecución de la estrategia.
- Infraestructura. Infraestructura requerida, principalmente en el ámbito de las TI, para alcanzar el nivel adecuado de digitalización.
- Operaciones y procesos. Sistema organizativo y tecnología productiva que permitirá flexibilizar el proceso y personalizar el producto hasta el nivel deseado.

- Cadena de valor. Gestión de la cadena logística de proveedores de productos y servicios utilizando las herramientas colaborativas adecuadas.
- Comercialización y relación con el cliente. Utilización de los diferentes canales de venta y de la información de los clientes para construir un modelo robusto e
- Sostenibilidad. Utilización de las TI para obtener productos y procesos que utilicen la mínima cantidad de recursos posible.
- Productos y servicios. Incorporación de tecnología a los productos y servicios existentes, así como su potencial de digitalización

A partir de estas dimensiones, se definen los siguientes niveles.

Situación cualitativa	
Estrategia y Organización	La empresa es consciente de la importancia de la Industria 4.0 y conoce algunas de sus implicaciones, pero no cuenta con referencias explícitas a digitalización en su estrategia, si la tiene documentada. La estructura organizativa es básica: se dispone de alguna persona/empresa que se ocupa de las necesidades en materia de TI.
Infraestructura	La infraestructura informática es básica. Se dispone de algún sistema de gestión, aunque no esté totalmente implantado. Los datos disponibles son los imprescindibles para el funcionamiento del negocio (facturación, compras, clientes, etc.).
Operaciones y procesos	Ninguno o muy pocos procesos están automatizados, aunque se fabrican productos personalizados incluso con medios tradicionales. Los datos disponibles en producción se recogen principalmente de forma manual. Mantenimiento correctivo. No hay software de control de producción.
Cadena de valor	La comunicación a lo largo de la cadena se realiza con sistemas tradicionales, utilizando correo electrónico como mucho. No hay intercambio de información más allá de la
Comercialización y relación con el cliente	Se utilizan canales digitales para proporcionar información (página web) pero no hay opciones de conectividad. Los canales de comunicación con los clientes son los tradicionales.

Sostenibilidad	La empresa es consciente de que el negocio debe ser sostenible, pero no se emprenden acciones para conseguir ese fin.
Productos y servicios	Las acciones de innovación son esporádicas y de forma espontánea. No existen servicios asociados a productos.

COMPETENTE

	Situación cualitativa
Estrategia y Organización	La empresa recoge en su estrategia de manera informal alguna referencia a la digitalización. Hay alguna inversión en esta área. Se dispone de un departamento TI.
Infraestructura	La infraestructura informática es básica. Se dispone de sistema de gestión tipo ERP, aunque poco desplegado en Producción. Se realiza algún análisis de datos mediante herramientas específicas o utilizando Excel.
Operaciones y procesos	Algunos procesos están automatizados. No hay sistema de comunicación entre aunque sí con la OT. Se fabrican productos personalizados de forma habitual. Se recogen datos de producción manualmente que luego se introducen en alguna aplicación software, aunque su análisis es básico o no existe. Mantenimiento correctivo y preventivo (al menos en equipos más importantes), sin información de interés
Cadena de valor	A nivel interno se utiliza algún tipo de intranet o servicio similar. Existe algún canal de comunicación on line con clientes y/o proveedores, aunque puede ser esporádico.
Comercialización y relación con el cliente	Opciones limitadas de conectividad con clientes y representantes.
Sostenibilidad	Se ha planteado alguna acción orientada a la sostenibilidad: reducción del consumo de energía, menor generación de residuos o consideración de algún criterio ambiental en la compra de materiales o servicios.
Productos y servicios	Las acciones de innovación no están sistematizadas, aunque se realizan más o menos de forma habitual. Existe conocimiento sobre los productos inteligentes o servicios asociados a productos.

	Situación cualitativa
Estrategia y Organización	La empresa contempla en su estrategia el proceso de transformación digital, aunque no está formalizado ni se realiza seguimiento periódico. Se realizan algunas inversiones en este sentido. Hay algún responsable que coordina las acciones de Industria 4.0.
Infraestructura	La infraestructura informática es suficiente para abordar el proceso de digitalización. Se dispone de un sistema de gestión tipo ERP totalmente desplegado. Existe un sistema de control de procesos orientado a la obtención y análisis de datos (tipo MES) de proceso de forma aislada.
Operaciones y procesos	Al menos el 70% de los procesos susceptibles de automatización están automatizados. Algunos procesos son capaces de comunicarse entre sí. Mantenimiento preventivo con registros disponibles.
Cadena de valor	Se dispone de comunicación y transmisión de información vía extranet con algunos clientes y proveedores. Se dispone de el análisis se realiza de forma tradicional
Comercialización y relación con el cliente	Los representantes pueden gestionar su actividad comercial mediante una plataforma web propia. Existe interactividad con clientes mediante la página web, principalmente a nivel informativo.
Sostenibilidad	Se ha planteado alguna acción orientada a la sistematización de la gestión ambiental de la organización y de la consideración de criterios de ecodiseño.
Productos y servicios	Las acciones de innovación están sistematizadas. Existe cierta experiencia en productos inteligentes o servicios asociados a productos.

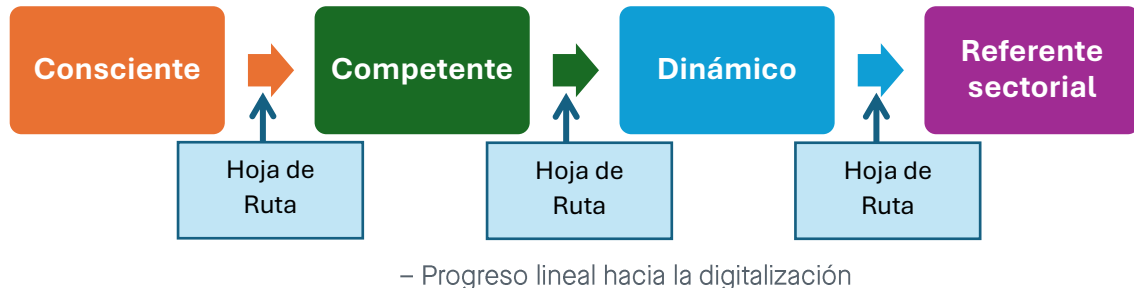
REFERENTE SECTORIAL

	Situación cualitativa
Estrategia y Organización	El modelo de negocio está centrado en aportar valor al cliente y la cultura corporativa está enfocada a la colaboración, mejora continua y sin resistencia al cambio. Grado de internacionalización elevado. La empresa ha definido explícitamente una estrategia de digitalización coherente con su modelo de negocio, que se revisa al menos una vez al año mediante indicadores y dotada de presupuesto para inversiones. Se dispone de una estructura organizativa en la que se contemplan algunos roles clave relacionados con la transformación digital (TIC al menos). La estructura del departamento de TI está dimensionada a las necesidades (aunque haya servicios subcontratados). En su conjunto, el personal tiene una formación digital adecuada y se actualizan conocimientos de forma permanente.
Infraestructura	Se dispone de la infraestructura TIC adecuada para soportar el proceso de digitalización de la empresa. Los servicios TIC son fácilmente escalables y se adaptan a las necesidades cambiantes. Se dispone de datos en tiempo real en casi todos los procesos, especialmente en producción, cuyo análisis y modelado permite mejorar la rentabilidad del negocio. Se dispone al menos de un ERP y un sistema MES en los procesos críticos.
Operaciones y procesos	En el proceso de fabricación se combina flexibilidad, agilidad, tiempos y series de fabricación cortos, con eficiencia. Se aplican los conceptos de “mass customization”. Se ofrece una amplia gama de productos y servicios personalizados. Para ello se dispone de tecnología adecuada en cuanto a robótica y automatización: al menos el 90% de los procesos susceptibles de automatización, lo están. Las máquinas están conectadas en red y se transfieren datos entre ellas. El mantenimiento se realiza de manera automática y preventiva. En equipos clave se utiliza un sistema predictivo.
Cadena de valor	Se requiere gestionar una cadena de valor fraccionada y especializada, bajo los mismos parámetros de la fabricación: eficiencia, flexibilidad y agilidad. En la gestión de la cadena de suministro, se adoptan modelos logísticos inteligentes

	basados en herramientas TIC que integra a los proveedores mediante plataformas de comunicación (del cliente o del proveedor) de modo que ambos tienen información de la otra parte en tiempo real. Se alcanza la trazabilidad a nivel de producto acabado en toda la cadena de suministro y de valor. Si fuese requerido, se podría alcanzar la trazabilidad a nivel pieza. Además de los canales de venta tradicional, se utilizan y aprovechan los canales digitales no solo para vender, sino también para obtener información del cliente y anticiparse a sus necesidades. Se utilizan habitualmente los terminales móviles con directa a la web/extranet y las Plataformas Colaborativas. El uso de RA / RV se ha experimentado para algunos productos y se utiliza de forma incipiente.
Comercialización y relación con el	Se garantiza la sostenibilidad a largo plazo de procesos, productos y servicios mediante la mejora continua de la eficiencia energética, la optimización en el consumo de materiales, la reducción en la generación de residuos y de otros aspectos ambientales y en la adquisición de materiales, productos y servicios con unos mínimos de calidad ambiental. Se tiene implementado un cierto grado de gestión ambiental en la organización y se aplican criterios de ecodiseño en los nuevos productos.
Sostenibilidad	El proceso de innovación en productos y servicios se lleva a cabo de forma colaborativa con diferentes entidades externas conectadas mediante herramientas TIC, jugando un papel importante la conectividad y movilidad. Como resultado, los tiempos y costes de desarrollo son menores y las innovaciones generadas son de tipo disruptivo. Se ha experimentado el uso de la RA/RV para ajustar mejor la demanda de los clientes.
Productos y servicios	Se ofrecen productos inteligentes o con nuevas funcionalidades relacionadas con el mundo digital. Se han desarrollado servicios relacionados con la información capturada, y que generan ingresos recurrentes. Se ha experimentado el uso de la RA/RV para la presentación de productos a los

Hoja de ruta

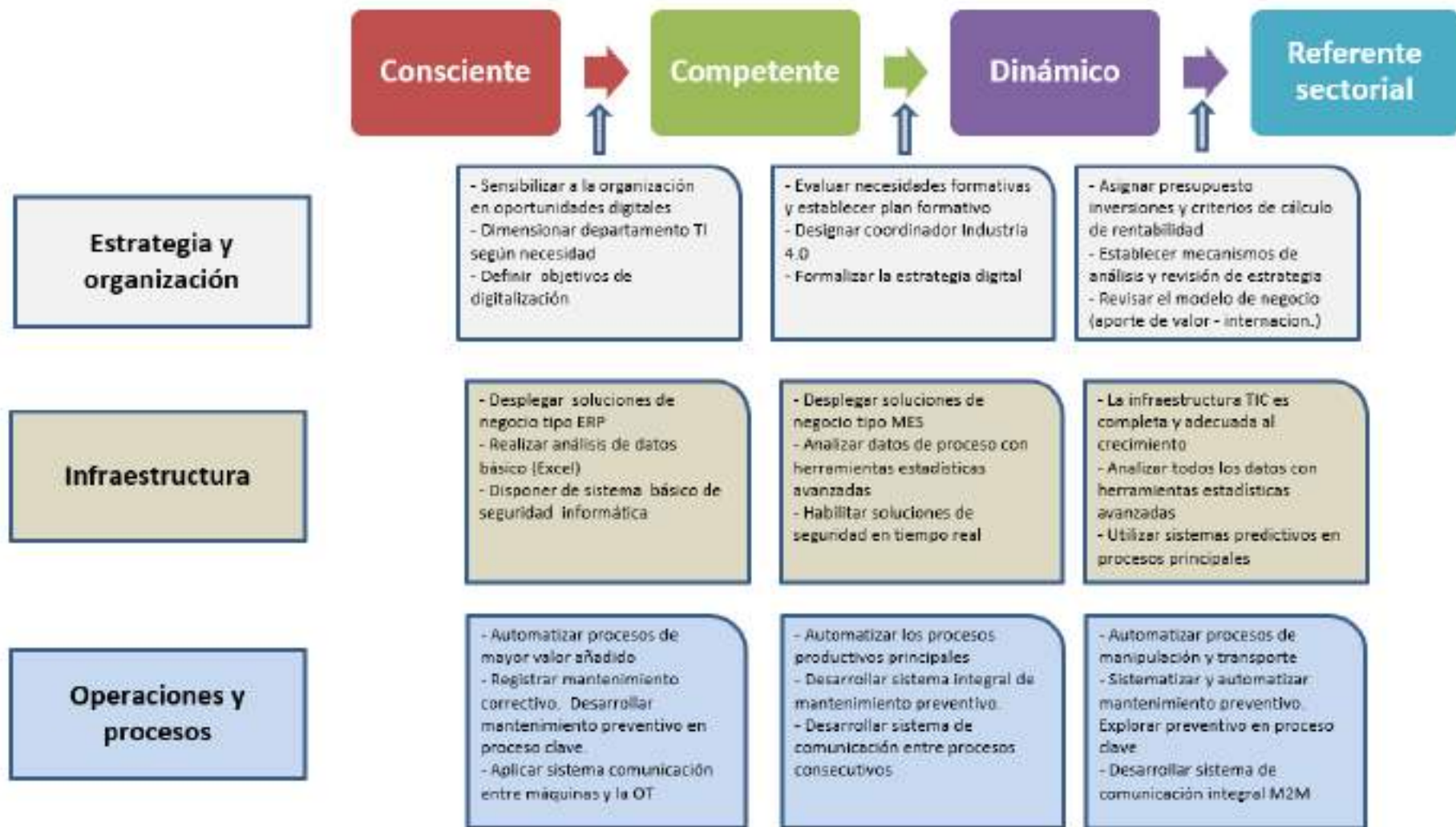
Inicialmente el proceso de elaboración de la Hoja de Ruta se planteaba como un avance a través de los diferentes niveles de referencia que se han detallado anteriormente). El paso de un nivel al siguiente cabía suponer que era un proceso lineal en el que se avanzaba de manera uniforme en todas las dimensiones de la empresa. Y, por tanto, la transición a cada nivel necesitaría una diferente e independiente.

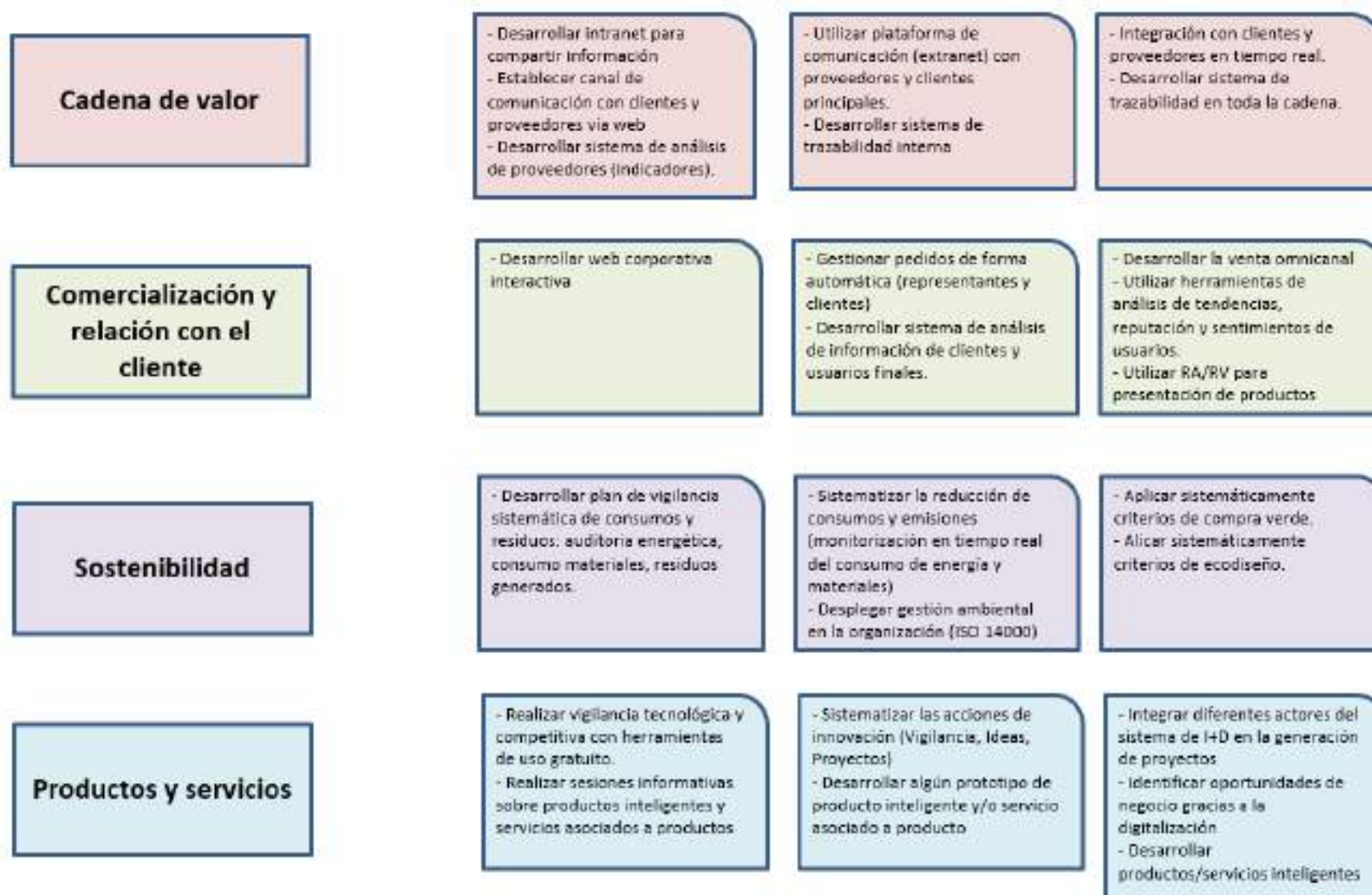


Sin embargo, un análisis más profundo muestra otra realidad que es algo más compleja y menos lineal: la mayor parte de empresas no encajan en una definición completa de lo que se considera un Nivel de digitalización concreto. Hay dimensiones o áreas de la empresa más desarrolladas desde el punto de vista de la Industria 4.0, y las hay menos desarrolladas. A veces este “desequilibrio” es totalmente circunstancial, pero en otras ocasiones obedece a intereses competitivos de la empresa, y, por tanto, es un desequilibrio provocado. La relación del consumidor con el producto ofrecido también condiciona mucho el nivel de introducción de la digitalización en la empresa y esto contribuye a este desequilibrio.

Por tanto, entra en juego una nueva variable que se debe considerar al realizar cualquier tipo de análisis: los factores clave de competitividad de cada empresa. Por ejemplo, si la clave de la competitividad es el coste del producto, es razonable que los e de la empresa se centren en mejorar la eficiencia productiva más que en el desarrollo de productos inteligentes. Y en esta situación no cabría esperar que las siete dimensiones del modelo avancen en paralelo y, por tanto, alcancen al mismo tiempo requeridos para cambiar de nivel. Podría ser una empresa Dinámica en cuatro áreas, pero Competente en las otras tres.

Con estas consideraciones, se ha descartado la opción de plantear tres hojas de ruta para alcanzar gradualmente los tres niveles consecutivos. Se ha optado por no segmentar los logros de manera aislada, sino considerar que es posible un avance ia la digitalización en las diferentes áreas. En cada una de ellas se plantean varias acciones sucesivas que permiten alcanzar parcialmente los diferentes niveles contemplados, como se muestra gráficamente en la Hoja de Ruta a continuación.





Conclusiones

El desarrollo de una Hoja de Ruta para el conjunto de sectores manufactureros implicados se plantea considerando las características de estos sectores, es decir el tamaño de las empresas y las posibilidades reales de inversión. Igualmente, se considera evante la disparidad de objetivos que puede perseguir cada empresa individual en cuanto a nivel de avance en cada una de las áreas contempladas, ya que la mayor parte de empresas no encajan en una definición completa de lo que se considera un nivel de talización concreto. Hay dimensiones o áreas de la empresa más desarrolladas desde el punto de vista de la Industria 4.0, y las hay menos desarrolladas. A veces este “desequilibrio” es totalmente circunstancial, pero en otras ocasiones obedece a competitivos de la empresa, y, por tanto, es un desequilibrio provocado.

Cada empresa debería realizar su análisis teniendo en cuenta su modelo de negocio y estrategia, aunque no la tenga documentada. Y a partir de la situación de madurez digital obtenida en cada una de las dimensiones, seleccionar acciones que le hagan pasar d un nivel al siguiente en aquellas dimensiones que les resulte más interesante para su

Para ello, se adopta un modelo de hoja de ruta multinivel que permita a cada empresa avanzar en las diferentes áreas de forma independiente, pudiendo alcanzar un nivel distinto en cada una de ellas, en función de sus prioridades e intereses. Previamente, e definen las características de cuatro niveles de empresa: consciente, competente, dinámica y referente.

La hoja de ruta presenta un conjunto de acciones a desarrollar en cada área, definidas de forma sencilla y comprensible, cuya ejecución secuencial permitiría a las empresas interesadas realizar avances progresivos en dichas áreas.

Tecnologías requeridas para la personalización de producto

Algunas de las tecnologías clave que permiten la personalización de productos en la industria manufacturera, incluyen:

Software de diseño (sistemas CAD). Dependiendo del producto de que se trate, la personalización puede venir de realizar variaciones en productos estándar, o bien diseñar todo el producto desde cero. En la medida en que se disponga de software adecuado para este fin, la creación de productos personalizados será

Conexión del software de diseño con máquinas (sistemas CAM).

software facilita que las características diferenciadas del producto se conviertan en código compatible con diversos sistemas de mecanizado.

Medios de producción automatizados (CNC). El equipamiento productivo automatizado permite la fabricación de una amplia variedad de productos en pequeñas cantidades, reduciendo tiempos de preparación y cambio de formato.

El uso de robots hace más flexible el sistema productivo, favoreciendo las opciones de personalización.

gestión integrados (ERP). Sistema de gestión integrado que permita cubrir todas las áreas, desde el diseño del producto hasta su expedición, gestionando el sistema productivo en su conjunto.

Fabricación Aditiva (Impresión 3D): La fabricación aditiva permite la creación de objetos tridimensionales capa por capa, lo que posibilita la producción personalizada de piezas y productos. Es ampliamente utilizada en sectores como la fabricación de prototipos, la medicina, la moda y la industria aeroespacial.

Internet de las Cosas (IoT): La IoT implica la conexión de dispositivos y objetos físicos a través de internet. En la industria, esto se utiliza para recopilar datos en tiempo real sobre el uso y el rendimiento de los productos personalizados. Los datos recopilados pueden utilizarse para adaptar y mejorar los productos según las preferencias del usuario.

Inteligencia Artificial (IA) y Machine Learning: Los algoritmos de IA y machine learning se utilizan para analizar grandes conjuntos de datos y predecir patrones de comportamiento del cliente. Esto ayuda a las empresas a comprender las preferencias individuales de los clientes y a ofrecer productos personalizados en función de sus necesidades y deseos.

Tecnología de Sensores: Desde el lado de la fabricación, los sensores avanzados se utilizan para recopilar datos sobre el estado de los procesos productivos, permitiendo su ajuste a las necesidades reales de la fabricación. Desde el punto de vista de la utilización del producto, pueden recoger datos del entorno, de la interacción del usuario con los productos y de otros factores relevantes. Estos datos se utilizan para ajustar y personalizar los productos según las necesidades

Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV): La RA y la RV permiten a los clientes visualizar productos personalizados en entornos virtuales antes de realizar una compra. Esto es especialmente útil en industrias como la moda y el diseño de interiores, donde los clientes pueden ver cómo se verá el producto antes de que se fabrique.

Sistemas de Gestión de la Cadena de Suministro (SCM) Inteligentes: Estos sistemas utilizan tecnologías como el análisis predictivo y la automatización para optimizar la producción, el inventario y la distribución de productos personalizados, asegurando una entrega eficiente y oportuna.

Digitalización de producto: La digitalización de objetos del mundo real para su uso en el mundo digital no solo permite su uso en sistemas de visualización como podría ser la realidad virtual o aumentada, sino que, además, facilita la adquisición de medidas precisas para su uso en s

Digitalización de documentación: Esta tecnología convierte documentos físicos en formatos digitales mediante escáneres o cámaras, creando archivos electrónicos accesibles y almacenables. Los beneficios de la digitalización incluyen acceso rápido, ahorro de espacio, facilidad de búsqueda, seguridad y preservación a largo plazo de documentos.

Software de configuración de producto. Es una herramienta software que permite a las empresas y a sus clientes personalizar productos de acuerdo con sus necesidades y preferencias específicas. Este tipo de software utiliza reglas y parámetros predefinidos para guiar el proceso de configuración, asegurando que las combinaciones de características seleccionadas sean viables y cumplan con los requisitos técnicos y comerciales.

Estas tecnologías, entre otras, han transformado la forma en que las empresas diseñan, producen y entregan productos personalizados, permitiendo una experiencia más satisfactoria y adaptada a las necesidades individuales de los clientes.

En cada sector manufacturero, la fabricación de productos personalizados requiere un nivel tecnológico diferente. Para evaluar la importancia de cada tecnología en cada sector, se ha establecido un sistema de baremación que asigna de 0 a 4 puntos a la tecnología en función de su importancia: 0 puntos si es irrelevante, y 4 puntos si es imprescindible para fabricar productos personalizados de forma eficiente.

Seguidamente, se muestra una estimación de la importancia que cada tecnología de las indicadas tiene en cada sector para conseguir productos personalizados.

Sistemas de gestión integrados

Fabricación Aditiva

Internet de las Cosas

Inteligencia Artificial

Tecnología de Sensores

Sistemas de Gestión de la Cadena de

Digitalización de producto

Digitalización de documentación

Software de configuración de

Seguidamente se ofrece una reflexión sobre la importancia de cada tecnología en los diferentes sectores manufactureros.

Para el sector del calzado la personalización de productos se podría clasificar en tres niveles: baja, media o alta intensidad. Y según el nivel de personalización intervienen diferentes tecnologías.

- Personalización de baja intensidad: En este nivel de personalización se parte de la digitalización de los pies del cliente, del cual se extraen sus medidas características. A partir de estas medidas, así como una base de datos de hormas y sus escalas, se utilizan sistemas de inteligencia artificial para asociar las medidas del pie a una o varias hormas, localizando también cual sería la talla más

Búsqueda automática entre un amplio abanico de hormas.



Personalización de calzado de baja intensidad

- Personalización de media intensidad: Partiendo de un modelo CAD de un zapato, y la digitalización de materiales, el cliente puede configurar el modelo a su gusto, combinando visualmente diferentes materiales y composiciones, donde gracias a la visualización en un CAD o bien en un entorno de realidad virtual, puede visualizar perfectamente el resultado de la combinación de materiales elegida. Una vez seleccionada la combinación preferida, se generaría una orden de producción, que se enviaría al ERP, para que se fabrique de forma más o menos automatizada utilizando herramientas CAM y sistemas de fabricación por computador (CNC). Dependiendo de la libertad que se ofrezca al usuario, en cuanto a materiales, sería necesario contar con un sistema de control de la cadena de suministro (SCM).

Configuración de materiales y colores del zapato final.



: Personalización de calzado de media intensidad

- Personalización de alta intensidad: En este nivel de personalización se parte de la digitalización de los pies de los clientes, a partir de los cuales se modifica una horma para adaptarla al pie utilizando un sistema CAD. A partir de esta horma es necesario fabricarla, donde intervienen los sistemas CAM y la fabricación CNC. A partir de esta horma personalizada, se ajusta un modelo de zapato, para poder crear las piezas que lo componen de forma personalizada y poder montar un zapato totalmente personalizado.



: Personalización de calzado de alta intensidad

La personalización en el sector de fabricación de baldosas cerámicas planas se centra principalmente en el diseño decorativo y los relieves superficiales. Las tecnologías como los sistemas CAD y la automatización de la producción juegan un papel crucial en este aspecto. Los sistemas CAD permiten crear diseños precisos y detallados que son fundamentales para la personalización. La automatización de la producción, por otro lado, asegura la consistencia y calidad de estos diseños personalizados, aunque esto implique un aumento en los costos de producción debido a la necesidad de ajustes específicos en los equipos.

La impresión por chorro de tinta ha mejorado significativamente la viabilidad de la personalización, permitiendo la producción de diseños únicos y variados en las baldosas cerámicas. Sin embargo, esta técnica todavía no está ampliamente adoptada a necesidad de fabricar lotes relativamente grandes para mantener los costos bajo control. La fabricación de lotes pequeños para productos personalizados puede

ser costosa y difícil de gestionar debido a la falta de homogeneidad en tonalidades y dimensiones, especialmente en productos con formas irregulares.

Además, la personalización del tamaño y la forma de las baldosas implica desafíos adicionales. Las modificaciones de punzonaría necesarias para crear diferentes tamaños y formas de baldosas incrementan significativamente los costos de producción. Esto limita la viabilidad económica de la personalización en este aspecto, haciendo que sea menos común en comparación con la personalización del diseño decorativo.

En términos de tecnologías de gestión, los sistemas integrados y la digitalización son esenciales para coordinar los diferentes procesos de producción y asegurar que se cumplan los requisitos específicos de cada pedido personalizado. La gestión eficiente de la cadena de suministro también es crítica para garantizar la disponibilidad de materiales y la entrega puntual de los productos personalizados.

La robótica y la inteligencia artificial, aunque tienen un impacto moderado, pueden contribuir a mejorar la eficiencia y la precisión en la fabricación personalizada. La robótica puede ser utilizada para la manipulación y acabado de las baldosas, mientras que la inteligencia artificial puede optimizar los procesos de diseño y producción.

Finalmente, tecnologías como el Internet de las Cosas y los sensores pueden mejorar la monitorización y el control de calidad durante el proceso de fabricación, aunque su impacto directo en la personalización es limitado. La realidad aumentada y la realidad virtual pueden ofrecer beneficios en la fase de diseño y visualización de proyectos, pero no son esenciales para la personalización de baldosas cerámicas.

Por todo ello, la personalización en la fabricación de baldosas cerámicas planas se basa principalmente en la aplicación de tecnologías que facilitan el diseño y la gestión de los procesos productivos. La adopción de estas tecnologías permite producir diseños únicos y adaptados a las necesidades del cliente, aunque presenta desafíos significativos relacionados con la homogeneidad de los lotes y los costes de

La personalización en la industria textil es una tendencia en auge que permite a las empresas ofrecer productos únicos, adaptados meticulosamente a las necesidades y preferencias de cada cliente. Para alcanzar este nivel de personalización, es esencial la implementación de tecnologías avanzadas que mejoren tanto la eficiencia del proceso productivo como la satisfacción del cliente final.

En primer lugar, los sistemas CAD (software de diseño asistido por computadora) desempeñan un papel crucial. Estos programas permiten la creación de diseños personalizados, ya sea modificando productos estándar o diseñando nuevas piezas desde cero. La precisión y rapidez con la que los sistemas CAD permiten realizar estas modificaciones son vitales para la personalización masiva, facilitando la modificación de patrones y estructuras textiles conforme a las especificaciones exactas del cliente.

Además, la integración de los sistemas CAD con los sistemas CAM (software de fabricación asistida por computadora) es fundamental para llevar las características personalizadas del diseño a la producción. Esta conexión garantiza que los diseños

digitales se conviertan en código compatible con diversas máquinas de producción, asegurando que cada pieza textil se fabrique de acuerdo con las especificaciones detalladas del diseño.

Los medios de producción automatizados, como las máquinas de control numérico computarizado (CNC), permiten la producción eficiente de textiles personalizados incluso en pequeñas cantidades. Esta tecnología reduce significativamente los tiempos de producción y cambio de formato, haciendo viable la fabricación de productos únicos sin aumentar de manera considerable los costos operativos.

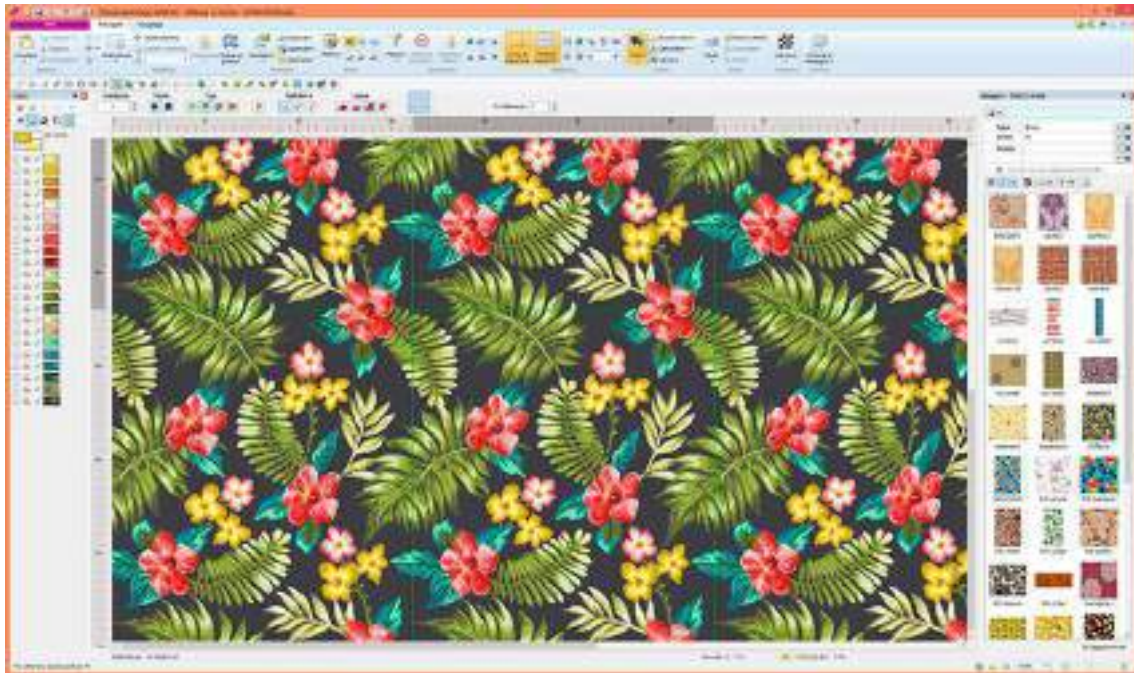
La robótica también juega un papel esencial en la flexibilización del sistema productivo textil. Los robots permiten realizar ajustes rápidos y precisos a las especificaciones del cliente, gestionando tareas repetitivas y complejas con una precisión que mejora la eficiencia y reduce los tiempos de producción.

Un sistema ERP (planificación de recursos empresariales) integrado es igualmente importante, ya que gestiona todos los aspectos del proceso productivo, desde el diseño del producto hasta su expedición. En el contexto de la personalización, un ERP eficaz coordina las operaciones de producción, gestiona inventarios específicos para cada pedido y garantiza la entrega puntual de productos personalizados.

La fabricación aditiva, comúnmente conocida como impresión 3D, aunque tradicionalmente asociada con la producción de prototipos y productos rígidos, empieza a tener aplicaciones en la creación de textiles personalizados. Esta tecnología permite la creación de estructuras textiles tridimensionales con patrones y características únicas, abriendo nuevas posibilidades para la personalización.

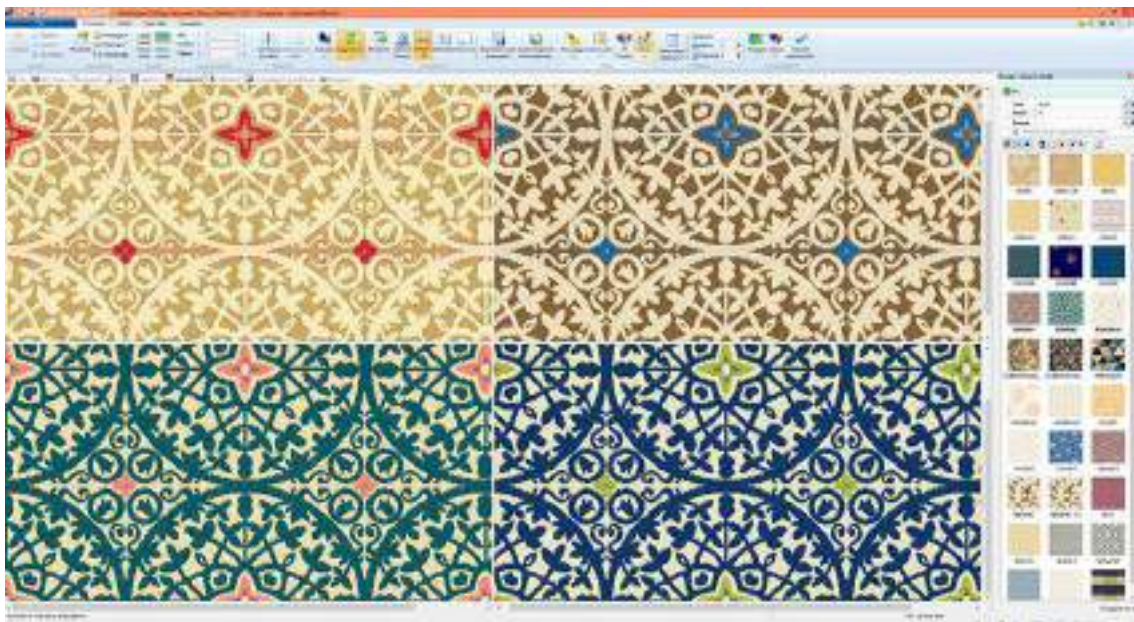
El Internet de las Cosas (IoT) conecta dispositivos y máquinas en la producción textil, permitiendo la recopilación de datos en tiempo real sobre el rendimiento y uso de los productos. Estos datos son fundamentales para adaptar y mejorar continuamente los productos personalizados según las preferencias y comportamientos de los usuarios.

Los algoritmos de inteligencia artificial (IA) y machine learning son herramientas poderosas para analizar grandes volúmenes de datos de clientes y predecir patrones de comportamiento. En la personalización textil, estas tecnologías ayudan a identificar las preferencias individuales y a diseñar productos que satisfagan mejor las expectativas.



: Personalización del textil para jacquard

Los sensores avanzados, tanto en la fabricación como en la utilización del producto, recopilan datos sobre el estado de los procesos productivos y la interacción del usuario con los textiles. Esta información permite ajustes y personalizaciones precisas de productos según las necesidades del cliente y las condiciones del entorno.

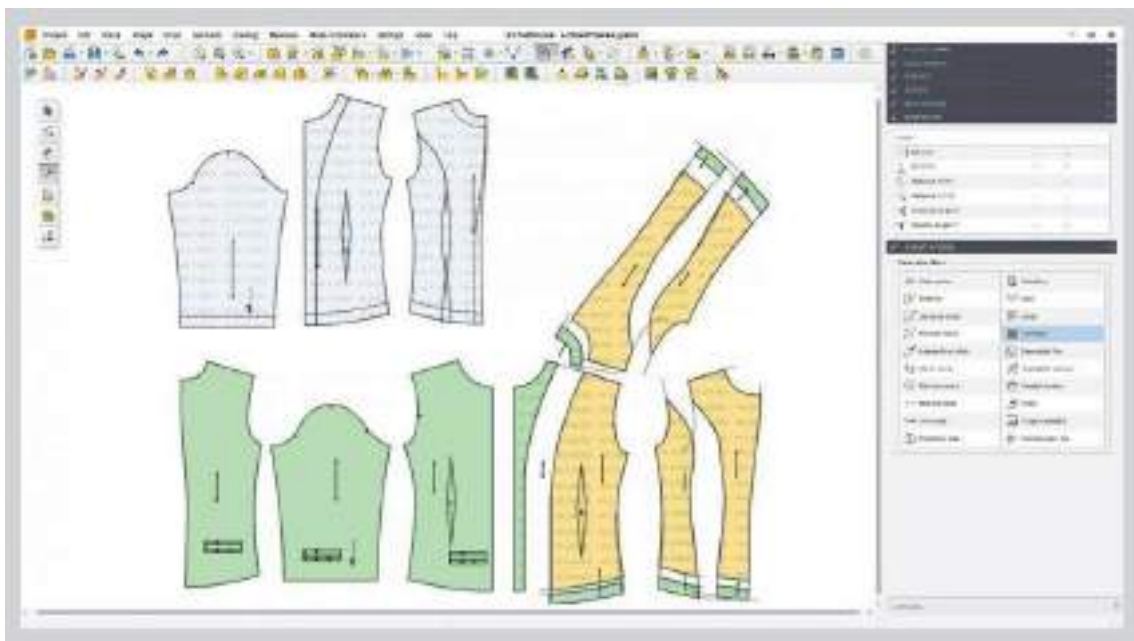


: Personalización del textil para jacquard

Las tecnologías de realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV) permiten a los clientes visualizar y experimentar productos textiles personalizados en entornos virtuales antes de realizar una compra. Esta capacidad es particularmente útil en la moda y el diseño de interiores, donde la visualización precisa del producto final es crucial para la decisión de compra.

Los sistemas de gestión de la cadena de suministro (SCM) inteligentes optimizan la producción, el inventario y la distribución de textiles personalizados utilizando análisis predictivo y automatización. Esto asegura que los productos personalizados se produzcan y entreguen de manera eficiente, satisfaciendo las expectativas del cliente.

Finalmente, la digitalización de textiles facilita la toma de medidas y la creación de productos personalizados a medida mediante sistemas CAD. Este proceso mejora la precisión en el diseño y la producción, garantizando que los textiles personalizados cumplan con las especificaciones exactas del cliente.



: Personalización del textil mediante CAD y CAM

La adopción de estas tecnologías es fundamental para la personalización efectiva en el sector textil. Evaluando la importancia de cada una, los sistemas CAD y ERP se destacan como imprescindibles, seguidos por los sistemas CAM y los medios de producción automatizados que facilitan la materialización de los diseños. La robótica y la fabricación aditiva, aunque menos críticas, aportan flexibilidad y nuevas posibilidades de creación. La IoT y los sensores avanzados mejoran el control y la adaptación continua del producto. La IA y el machine learning, junto con la RA y la RV, enriquecen la personalización a través del análisis de datos y la visualización del producto. Los sistemas SCM aseguran una gestión eficiente de la producción y distribución, y la logística cierra el ciclo permitiendo una adaptación precisa a las necesidades del cliente.

En resumen, la personalización en el sector textil requiere la integración de múltiples tecnologías avanzadas que permiten diseñar, producir y entregar productos únicos adaptados a las necesidades individuales de los clientes. La implementación eficaz de estas tecnologías no solo mejora la eficiencia del proceso productivo, sino que también aumenta la satisfacción del cliente, proporcionando una ventaja competitiva significativa en un mercado globalizado.

La personalización de producto es habitual en el sector Hábitat, especialmente en lo que concierne a mobiliario personalizado. Desde hace décadas, los fabricantes de muebles comenzaron a ofrecer a sus clientes la posibilidad de personalizar cada uno de sus productos, aunque al principio esta personalización era muy limitada. Se podía seleccionar, por ejemplo, el tipo de tirador de los cajones, el color o el acabado de determinadas piezas y poco más.

A medida que se requería mayor diferenciación de producto/servicio, por la abundante competencia, los fabricantes ofrecían más opciones de personalización, lo que complicaba el proceso de producción. Actualmente, muchos fabricantes ofrecen tal opciones que podría hablarse casi de productos unitarios, fabricándose productos que tienen pocas posibilidades de que se repitan en un corto periodo de tiempo. Las opciones que pueden elegir los consumidores abarcan un amplio rango: dimensiones, colores, herrajes decorativos, posición de ciertos elementos, acabados, patas/soportes, etc.

Las tecnologías que con mayor intensidad favorecen la producción de mobiliario personalizado, son las siguientes:

- Software de configuración de producto. Los configuradores permiten a los clientes personalizar muebles directamente desde el sitio web del fabricante o de la plataforma de comercio electrónico. Mediante el uso de un configurador, el usuario puede elegir dimensiones, materiales, colores, telas, herrajes y otros detalles, viendo los cambios en tiempo real. Una vez definido el producto a gusto del usuario, éste puede pasar directamente, ya como pedido, al sistema de gestión del fabricante con todas las variantes introducidas.



- Configurador de producto de BLUM.

(Fuente: <https://www.blum.com/es/es/services/planning->

- Sistemas CAD/CAM y procesos automatizados. Estos sistemas son imprescindibles para gestionar adecuadamente los productos personalizados en los que se ajustan las formas y dimensiones a petición del cliente. El sistema CAD permite redimensionar de forma rápida el producto estándar, generando las nuevas especificaciones de mecanizado de las piezas modificadas. Estas características son transmitidas directamente, mediante los sistemas CAM, al centro o centros de mecanizado para que se ajusten los nuevos parámetros de fabricación de las nuevas piezas.
- Sistemas de gestión integrados. Al existir miles de referencias posibles en los catálogos de productos personalizados, es imprescindible contar con un sistema de gestión capaz de procesar toda la información requerida para que el proceso se ejecute de manera eficiente. Es necesario disponer de un sistema ERP que contenga toda la información necesaria en su base de datos, y pueda generar las órdenes de compra y producción adecuadas, permitiendo planificar los procesos requeridos en función de las prioridades.
- Sensórica y captura de información en tiempo real. La monitorización de los procesos de producción permite conocer el estado real de cada pedido, detectando desviaciones e incidencias de forma inmediata. Este tipo de tecnología facilita la resolución de los imprevistos habituales que surgen en cualquier planta productiva, facilitando el cumplimiento de plazos y reduciendo



- APP de realidad aumentada de IKEA.

<https://www.ikea.com/us/en/newsroom/corporate->

- RA/RV. Aun no siendo una tecnología esencial desde el punto de vista de fabricación, es importante que los clientes puedan visualizar, de forma realista, los productos que están configurando, y además puedan verlos en entornos similares a los reales. Es una tecnología orientada a la venta en este caso, pero que aporta un elevado valor al cliente.

Obviamente, hay otras tecnologías de vanguardia que pueden tener cierta utilidad en el momento actual, pero que aún no aportan el suficiente valor como para considerarlas imprescindibles en el desarrollo y fabricación de mobiliario personalizado. Por ejemplo la fabricación aditiva se utiliza en algunas ocasiones para fabricar algún componente personalizado, aunque su uso no está muy extendido, bien por el coste que supone o bien porque la calidad del acabado no es la deseable.

La personalización en el sector del está ganando terreno a medida que los consumidores demandan productos más adaptados a sus preferencias individuales. Las tecnologías necesarias para implementar la personalización en este sector están evolucionando rápidamente y ofrecen múltiples oportunidades. La expansión de dichas tecnologías y su reducción de costes han ayudado a la modernización de este sector hacia productos más personalizados. A continuación, se detallan varias de las tecnologías clave para esta evolución:

 es una de las tecnologías más importantes para la personalización de juguetes. Permite la creación de productos únicos, fabricados a medida según las especificaciones del cliente. Esta tecnología reduce significativamente los costos de fabricación en pequeñas series y facilita la producción de diseños personalizados sin necesidad de moldes ni grandes instalaciones industriales. Posibilita la fabricación de

juguetes únicos y personalizados al usuario final, si bien es verdad, que los tiempos de impresión y los materiales pueden no ser adecuados para una producción en masa.

Inteligencia Artificial (IA) y Aprendizaje Automático puede ayudar a comprender mejor las preferencias de los consumidores mediante el análisis de grandes cantidades de datos. Esta información puede utilizarse para sugerir opciones de personalización, desde colores y formas hasta funciones interactivas y personalización en tiempo real. Para ello, existen herramientas como ChatBots y Asistentes Virtuales, los cuales utilizan algoritmos de recomendación para sugerir juguetes según los intereses mostrados p

configuradores en línea permiten a los usuarios personalizar juguetes desde sus dispositivos digitales, ajustando aspectos como los colores, los accesorios o las características del juguete.

realidad aumentada (AR) **realidad Virtual (VR)** se puede utilizar para mejorar esta experiencia al permitir visualizar en tiempo real cómo se verán los juguetes personalizados antes de realizar la compra. Además, esta tecnología ha abierto un abanico nuevo de posibilidades en cuanto a juegos interactivos, uniendo el mundo físico con el digital y ofreciendo experiencias de juego inmersivas y personalizadas.



- Experiencia mediante RV

El **Internet de las Cosas (IoT)** permite que los juguetes estén conectados a internet y se personalicen mediante software o actualizaciones. Por ejemplo, un juguete podría adaptarse a las preferencias del niño basándose en su interacción previa o preferencias digitales. Además, los juguetes inteligentes conectados pueden permitir un nivel más

profundo de personalización, como ajustes en el comportamiento o respuestas del juguete según el perfil del usuario.

juguets robóticos modulares o juguetes que pueden ser programados, permite que los niños personalicen no solo el aspecto físico del juguete, sino también su comportamiento. Los kits de construcción robótica que se pueden programar y modificar ofrecen una experiencia educativa además de lúdica, adaptada a las preferencias del niño. Este tipo de juguete se está extendiendo en el sector educativo debido a que fomenta la creatividad y el aprendizaje de habilidades tecnológicas como la programación.

El sector del juguete tiene un potencial significativo para evolucionar hacia la personalización a gran escala gracias a las tecnologías emergentes. Sin embargo, hay que equilibrar el costo de implementación con los beneficios, y asegurar que la a personalizada no solo sea atractiva, sino también segura y accesible para los consumidores. La clave para el éxito radica en combinar tecnologías como la impresión 3D, IA y AR con enfoques innovadores en diseño y experiencia del usuario.

Buenas prácticas

Seguidamente, se muestran ejemplos reales de uso de diferentes tecnologías, aplicadas a varios sectores. En algún caso, para resolver un problema determinado, es necesario combinar varias de las tecnologías enumeradas en el apartado anterior.

Gemelo digital de instalación industrial

Empresa colaboradora

Empresa de depuración de aguas

Descripción del problema a resolver

La optimización de la eficiencia en las plantas de tratamiento de aguas residuales se ha convertido en un objetivo prioritario. Una vanguardia en la resolución de este desafío se encuentra en la aplicación de avances en ciencia de datos y modelización. La introducción de sensores para la medición de diversos parámetros en estas instalaciones presenta oportunidades significativas para aprovechar la abundancia de datos generados. La inteligencia artificial (IA) emerge como una solución clave para la acción y digitalización en el sector de aguas residuales, facilitando la creación de gemelos digitales como herramientas prometedoras en la gestión y operación eficiente del ciclo del agua. En este contexto, el centrifugado de lodos en Estaciones de Aguas Residuales (EDARs) desempeña un papel fundamental para mitigar los costes asociados al transporte y disposición de residuos, al mismo tiempo que contribuye a la minimización del impacto ambiental y mejora la eficiencia global del proceso. La reducción de la carga de sólidos en el tratamiento global de aguas residuales no solo optimiza la sostenibilidad del proceso, sino que también promueve prácticas respetuosas con el medio ambiente. La monitorización y modelado adecuados del proceso son esenciales para alcanzar estos objetivos, al ayudar a reducir los costes asociados al transporte y disposición de lodos, minimizar el impacto ambiental y mejorar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales.

Tecnologías implicadas

-
- Inteligencia artificial
- Realidad virtual

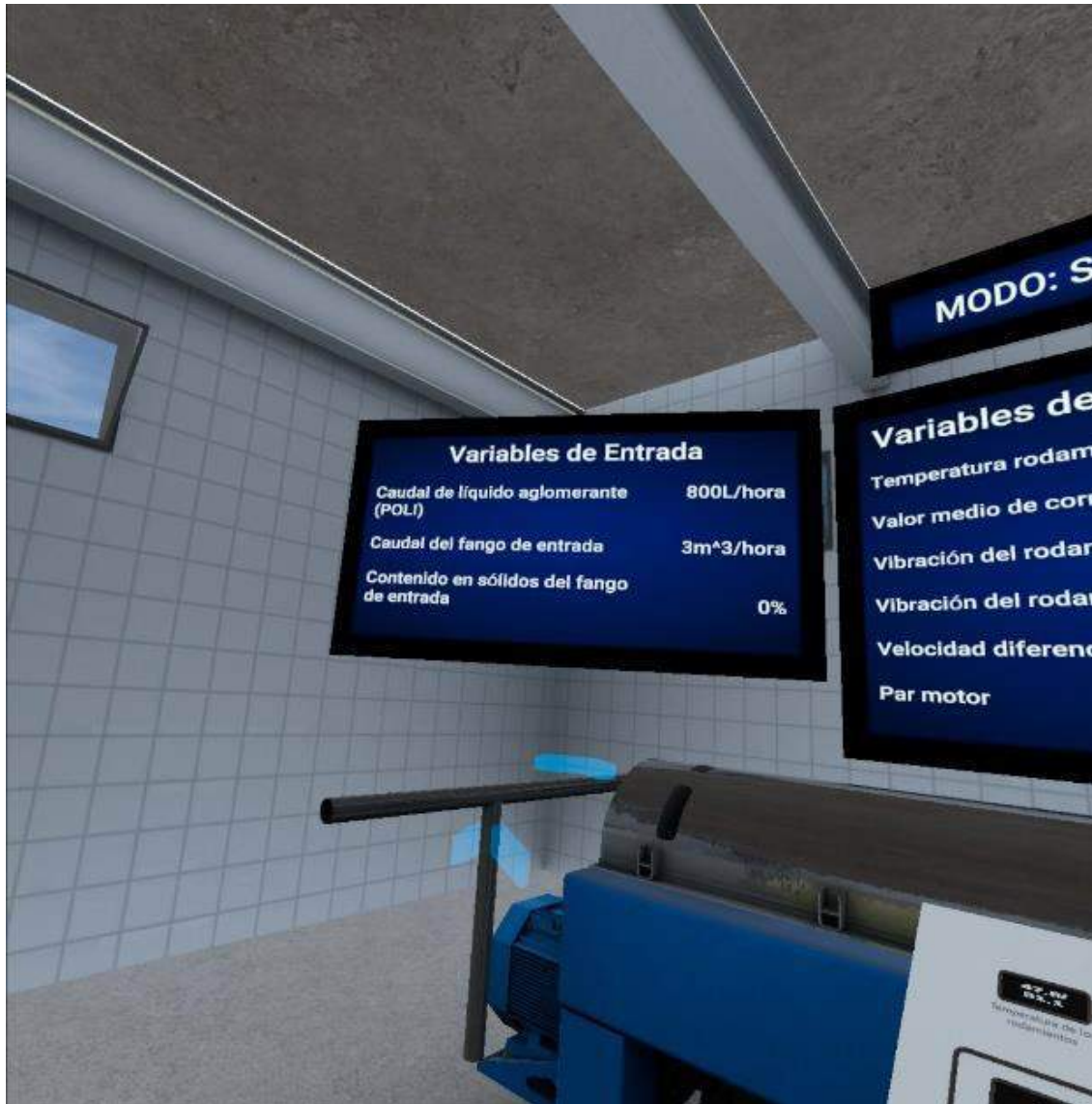
Objetivos principales

Conocer la respuesta del proceso de depuración ante el aumento de la cantidad de materia sólida en el fango de entrada, y las cantidades de polielectrolito (aglomerante) que hacen más eficiente el proceso

Solución desarrollada o implementada

La utilización de gemelos digitales para simular el comportamiento de un proceso, en situaciones poco habituales, puede resultar de gran utilidad en procesos donde no es sencillo realizar muchas pruebas. Se ha desarrollado el gemelo digital de una máquina para centrifugar fango, que separa la parte sólida del agua que posteriormente se tratará para su uso en aplicaciones de riego.

A partir de la extracción de datos del proceso mediante sensores, y su posterior análisis se ha creado el gemelo digital del proceso, que permite tanto la visualización de variables de funcionamiento en tiempo real (modo SCADA), como visualizar situaciones simuladas (modo SIMULACIÓN). La visualización del proceso se realiza utilizando tecnología de Realidad Virtual.



- Pantallas virtuales de visualización de datos



- Tablero de mandos virtual

Pick&Place con visión artificial

Empresa colaboradora

Empresa proveedora de diversas industrias

Descripción del problema a resolver

En determinados procesos de fabricación de piezas y componentes, es habitual que las máquinas de producción depositen las piezas sobre una cinta transportadora tal y como salen del proceso, y que éstas ocupen posiciones diferentes cada vez. Normalmente se requiere una persona para recoger este material y ordenarlo de la forma que esté definida. Existen algunas aplicaciones orientadas a bin picking o belt picking, diseñadas para determinados tipos de robot y que requieren cámaras estáticas. Sin embargo estas soluciones, además de tener un precio elevado para cada unidad, no admiten portabilidad ni el uso de cualquier tipo de robot, por lo que el problema que se aborda es desarrollar aplicaciones de belt picking portátiles, con cámaras integradas en un UR) o en un robot industrial (ABB).

Tecnologías implicadas

-
- Visión artificial

Objetivos principales

Eliminar la recogida y encajado manual de piezas. Reducir tareas de poco valor añadido que requieren intervención manual porque las piezas sobre la cinta están en posiciones casi aleatorias, y no es admisible una programación del robot sobre puntos fijos. La solución debe poderse utilizar con la cámara montada en el robot

Solución desarrollada o implementada

Se identifica la ubicación de piezas en diversas posiciones y ángulos, transfiriendo al robot instrucciones de recogida. La pinza del robot se diseña para cualquier tipo de forma que no marque ni raye la superficie.



- Piezas en posiciones casi aleatorias



- Pinza diseñada para un tipo de pieza



- Pruebas con un robot colaborativo

Diseño y fabricación de calzado personalizado

Empresa colaboradora

Empresa de calzado personalizado a medida

Descripción del problema a resolver

La fabricación de calzado personalizado siempre ha estado directamente relacionada con el trabajo artesano, realizado por profesionales de forma manual. Digitalizar este tipo de fabricación permite a las empresas ser competitivas en coste y sobre todo en

tiempos de fabricación. La personalización de calzado ha estado siempre ligada, por un lado, al prestigio y a la comodidad que supone el uso de un zapato fabricado a medida y personalizado según el gusto del usuario, pero, por otro lado, también está relacionada con personas con necesidades específicas en sus pies. Dependiendo de las necesidades concretas de cada cliente, estas pueden ir desde la personalización de los materiales o colores del zapato final, hasta la modificación de la horma de fabricación para garantizar el mejor calce posible al cliente.

Aunque este concepto siempre ha estado ligado a la industria del calzado, es ahora, y gracias a los avances tecnológicos y la incursión de la Industria 4.0, cuando este concepto está teniendo mayor relevancia. Gracias a sistemas de digitalización, tanto de pies como de hormas, como a sistemas de diseño y fabricación asistido por computador (CAD/CAM), a sistemas de inteligencia artificial (IA), y herramientas de configuración o personalización, se disponen hoy en día de todas las herramientas necesarias para frente a un mercado cada vez más cambiante y con mayor competitividad, donde es primordial ofrecer todo tipo de posibilidades al cliente en unos plazos de tiempo y costes cada vez más reducidos.

Tecnologías implicadas

- Digitalización de partes del cuerpo humano
- Sistemas CAD para modificación de piezas de calzado

Objetivos principales

Poder ofrecer un sistema integral que permita el diseño y fabricación de calzado personalizado o, a medida, de forma sencilla, rápida y fácil de usar, tanto para el fabricante como para los clientes. Al mismo tiempo, el sistema debe ofrecer una experiencia virtual que permita visualizar el resultado con calidad foto-realista, para que el cliente pueda ver y decidir sobre el resultado final, antes de que el zapato sea

Solución desarrollada o implementada por INESCOP

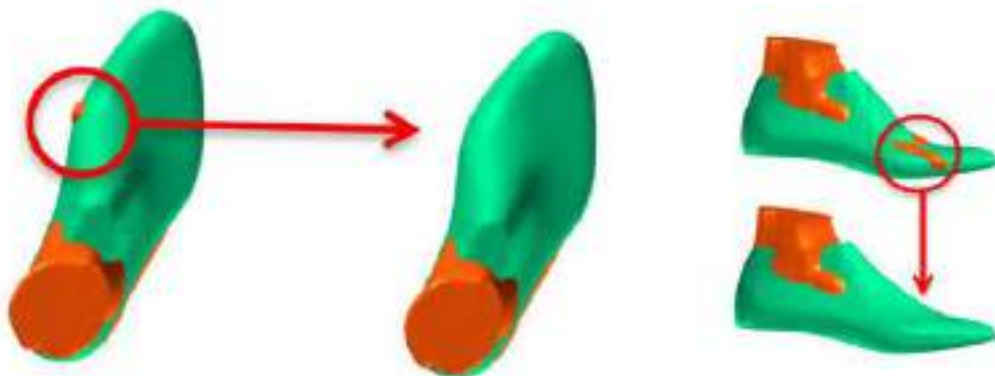
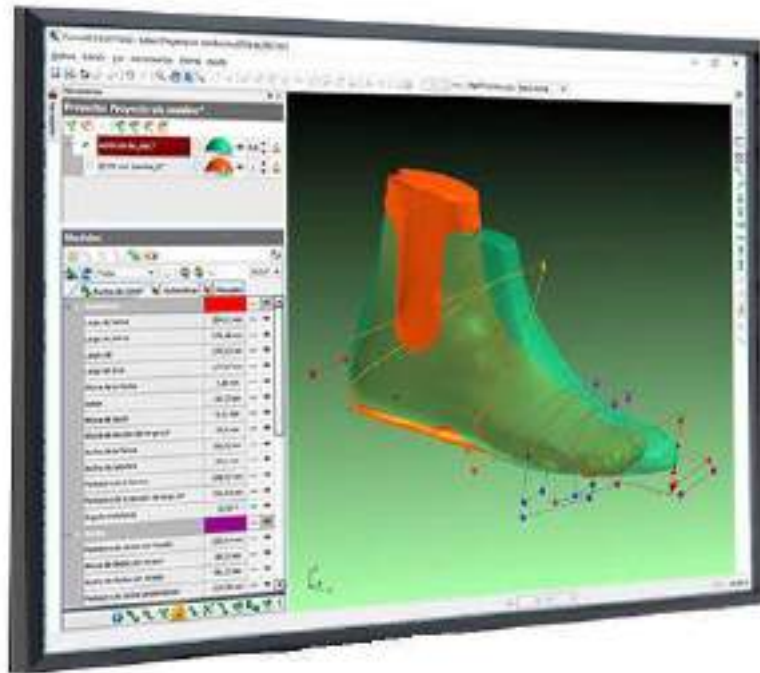
El sistema desarrollado parte del uso de digitalizadores de alta precisión, con capacidad para obtener la geometría de los pies con la mayor calidad y precisión posible. Esta digitalización, además de permitirnos disponer de la geometría del pie en 3D, permite obtener todas las medidas de este. A partir de la información obtenida, un sistema de inteligencia artificial nos recomendará cuál es la mejor horma para utilizar en la fabricación del zapato, así como su escalado o talla más apropiada. En el caso de necesidades específicas, utilizando sistemas CAD o de diseño asistido por computador, se puede modificar una horma para personalizarla para ese cliente en concreto. En este caso, será necesario fabricar esta horma a medida, para posteriormente fabricar el zapato, y se podrá fabricar utilizando un torno tradicional o bien usar impresión 3D.

Gracias a los sistemas CAD es posible transformar un modelo de zapato estándar a uno personalizado de forma rápida, y con todas las piezas y materiales digitales correctamente configurados, se puede ofrecer una experiencia de personalización del modelo de alta calidad, donde el cliente puede visualizar el zapato en 3D y elegir cuáles son los materiales de su zapato, utilizando una herramienta de personalización sencilla, pero con una visualización realista.

La experiencia para el cliente es única, al tener la posibilidad de personalizar el calzado a sus necesidades, y el fabricante dispone de un conjunto de herramientas potentes, pero a la vez ágiles y sencillas de utilizar que llevan a que la fabricación de calzado sea competitiva.



de tecnologías de fabricación avanzada orientadas al desarrollo de productos personalizados



- Software CAD para la modificación de la horma



- Personalización de materiales

Optimización del control de calidad en la producción de baldosas cerámicas

Empresa colaboradora

Varias empresas del sector

Descripción del problema a resolver

La producción de baldosas cerámicas implica un control riguroso de la calidad, particularmente en lo que respecta a la uniformidad de la densidad de las piezas recién conformada, un factor clave para evitar variaciones dimensionales, deformaciones o ciones estéticas en los productos terminados. Hasta el desarrollo de esta tecnología, las empresas dependían de métodos manuales y destructivos para medir la densidad de las baldosas, lo que conllevaba unos costes de operación asociados elevados, tiempos prolongados de inspección y un número significativo de problemas de fabricación no detectados a tiempo.

La falta de un control preciso y no destructivo durante la etapa de prensado implicaba que los defectos solo se detectaban, en la mayoría de los casos, una vez finalizada la fase de cocción y sinterización, generando pérdidas de material y tiempos muertos en la cadena de producción. Además, en algunos casos se hacía uso de mercurio con el consiguiente riesgo para la salud de los empleados y el medio ambiente.

Tecnologías implicadas

- : sistema de medición de densidad no destructivo basado en tecnología de rayos X y láser.
- Medios de producción automatizados: Software de análisis de datos en tiempo real para la visualización y procesamiento de la información obtenida por el
- Digitalización de medidas de calidad: Digitalización de un proceso de control de proceso realizado de manera destructiva y manual previamente a la introducción de la tecnología

Objetivos principales

- Automatizar el control de calidad para reducir defectos de producción.
- Aumentar la precisión en la medición de la densidad, eliminando los métodos
- Mejorar la sostenibilidad del proceso productivo, limitando el uso de mercurio.
- Optimizar los recursos mediante un análisis predictivo que permita ajustar el proceso de prensado y cocción de las baldosas.

Solución desarrollada o implementada por

Para solucionar este problema, el ITC desarrolló una máquina no destructiva de medición de densidad aparente que utiliza tecnología de radiografía industrial y reconstrucción dimensional láser para determinar esta propiedad.

De manera general, el procedimiento de control tiene lugar una vez se ha realizado el prensado de la baldosa. El operario, selecciona para su análisis las piezas conformadas en un mismo ciclo de prensado o piezas individuales, en función de las necesidades control efectuado. Una vez en la máquina, esta realiza un escaneo de las baldosas midiendo la absorción de rayos X experimentada por las piezas y determina su densidad combinando dicha medición con la de su espesor, determinado a través de un sistema de telemetría láser.

Los datos generados por el equipo XDS son enviados automáticamente al software de análisis donde se visualizan los resultados y se identifican posibles desviaciones en la densidad, el espesor o la distribución de masa en el seno de las piezas fabricadas

Estos datos son procesados para anticipar defectos y ajustar parámetros clave, como la presión del prensado y la cantidad de material vertido en los diferentes alveolos del molde de prensado.

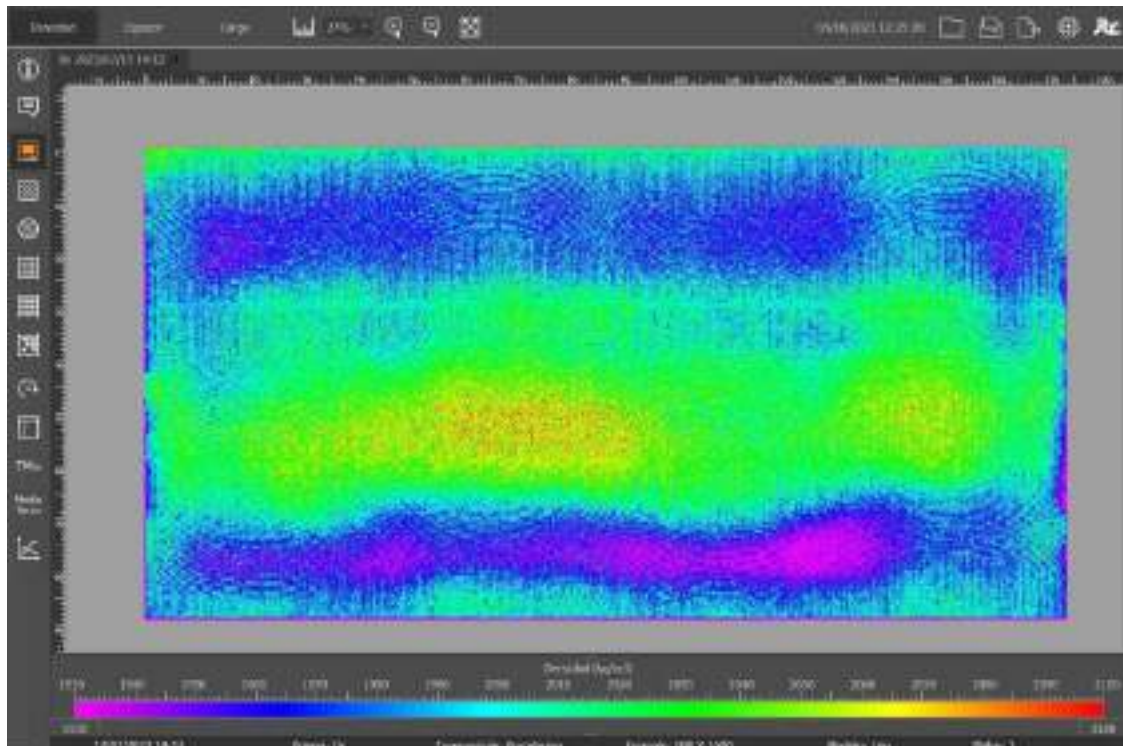
Este enfoque automatizado ha permitido que las empresas:

- Reduzcan en un **20% los defectos** de producción asociados a la falta de homogeneidad en la densidad.
- Aumenten la eficiencia, eliminando las inspecciones manuales y **acortando los tiempos de análisis**
- Mejoren las condiciones laborales y medioambientales, eliminando el uso de mercurio y membranas, sustituyéndolo por un proceso seguro y limpio
- Esta tecnología junto a los sistemas de medición por infrarrojos en continuo de la humedad de las piezas recién prensadas, también desarrollados por el ITC, permite reducir los calibres (diferencias de tamaño entre piezas de un mismo lote productivo) en al menos, un 50%.

de tecnologías de fabricación avanzada orientadas al desarrollo de productos personalizados



- Máquina de medición de densidad aparente



- Gráficos de distribución de densidad generados por el software de análisis

Proyecto ECO INDUSTRY

- , liderado por , ha contado con la colaboración de diversas empresas e instituciones de sectores clave como el textil, hábitat, calzado y juguete en la Comunidad Valenciana. Empresas como , **Home Furnisinc** Centros Tecnológicos como **AIJU e INESCOP**, fundamentales en el desarrollo y validación de soluciones innovadoras para la valorización de residuos industriales y su reintroducción en nuevas cadenas de valor.

Descripción del problema a resolver

Este proyecto surge como respuesta a la creciente problemática de los residuos multicomposición generados por industrias como el hábitat, textil, calzado y juguete. Estos residuos complejos, formados por materiales heterogéneos, plantean un desafío significativo para su correcta gestión y revalorización en nuevos productos. Basado en la Ley 7/2022, el proyecto se alinea con la normativa vigente y busca promover una simbiosis industrial, permitiendo que los residuos de un sector se transformen en materias primas valiosas para otro. Este enfoque intra e intersectorial no solo aborda un problema ambiental, sino que también refuerza la competitividad de las industrias

Tecnologías implicadas

Se han utilizado sistemas como compounding, extrusión e inyección de plásticos con tecnologías emergentes como la visión artificial para la identificación y clasificación de residuos. Estas tecnologías fueron implementadas en una planta piloto, la cual cuenta con módulos para la separación magnética y densimétrica, y sistemas de visión artificial para mejorar la precisión en la clasificación de residuos multicomposición, un reto clave para su correcta valorización.

Objetivos principales

- Revalorización de Residuos: Procesar y analizar residuos generados por sectores clave de la Comunidad Valenciana, identificando oportunidades para su valorización en nuevos productos.
- Implementación de Simbiosis Industrial: Facilitar la colaboración entre sectores industriales para reutilizar los residuos generados en unos como recursos en otros, promoviendo la circularidad de los materiales.
- Demostradores Industriales: Desarrollar demostradores que validen la viabilidad de los nuevos materiales reciclados para aplicaciones en los sectores del hábitat, textil, calzado y juguete.

Solución desarrollada o implementada por

Para alcanzar estos objetivos, se desarrollaron tecnologías avanzadas de reciclaje y revalorización de residuos. Entre las soluciones implementadas destacan:

- Planta piloto CIRCULAR INDUSTRY: Equipado con tecnología de visión artificial y módulos de separación, este demostrador permitió procesar residuos de sectores como hábitat, textil y calzado. Se validaron materiales reciclados para

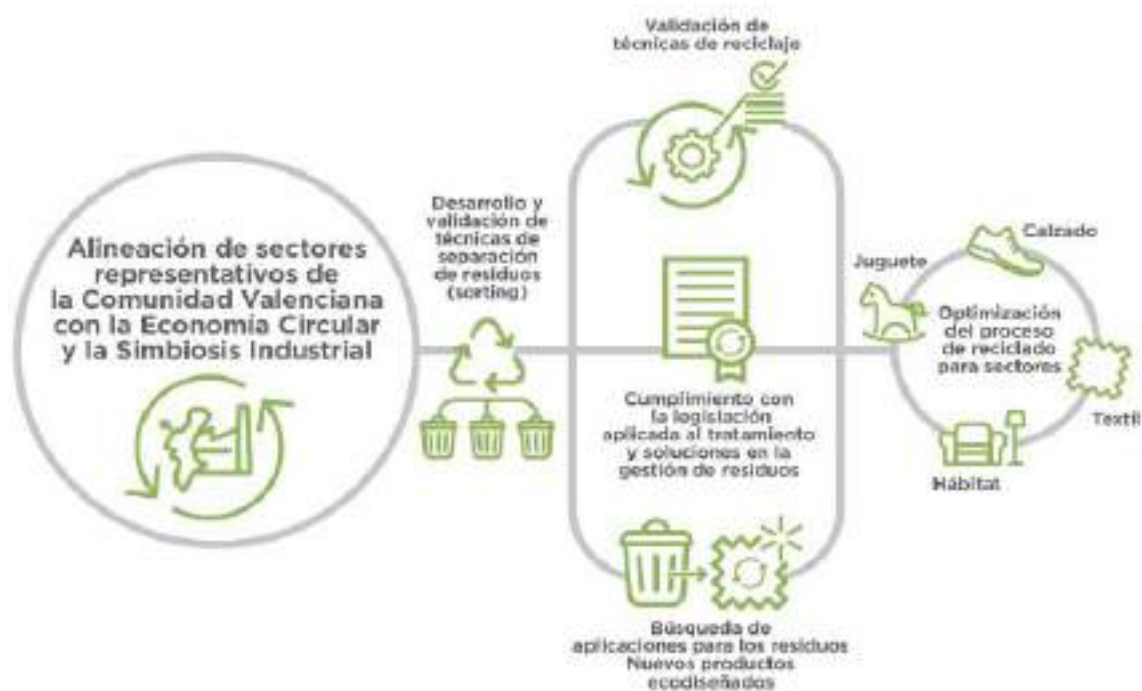
su uso en la fabricación de productos como mobiliario de alta gama, productos textiles y componentes plásticos.

- Validación de Nuevos Materiales: Mediante ensayos en empresas colaboradoras, se generaron prototipos que demostraron la viabilidad de los materiales reciclados para diferentes aplicaciones industriales. Los ensayos incluyeron pruebas de propiedades físicas y químicas para garantizar el cumplimiento de normativas de calidad y seguridad.

Los principales resultados obtenidos incluyen:

- Valorización de Residuos Multicomposición: Se ha logrado procesar y valorizar una amplia gama de residuos de diversos sectores, reduciendo significativamente su impacto ambiental.
- Simbiosis Industrial Exitosa: La colaboración entre sectores ha permitido la creación de nuevos modelos de negocio basados en la economía circular, favoreciendo la sostenibilidad y mejorando la eficiencia de los recursos.

Los beneficios del proyecto no se limitan al ámbito ambiental. En términos económicos, la reutilización de residuos como materias primas secundarias ha reducido los costos de producción, y las nuevas soluciones desarrolladas han mejorado la competitividad las empresas valencianas en mercados internacionales.



- Esquema del proyecto ECO INDUSTRY

Gemelo digital de una planta de fabricación

Empresa colaboradora

Empresa del sector alimentación

Descripción del problema a resolver

La empresa necesitaba implementar una nueva línea de producción para uno de sus productos. El desafío era asegurarse de que la nueva maquinaria pudiera instalarse correctamente en el espacio disponible, ya que los planos existentes no incluían información detallada sobre líneas de gas, tuberías y otros elementos de infraestructura que podrían interferir con la instalación.

Tecnologías implicadas

- Gemelo digital
- Realidad aumentada

Objetivos principales

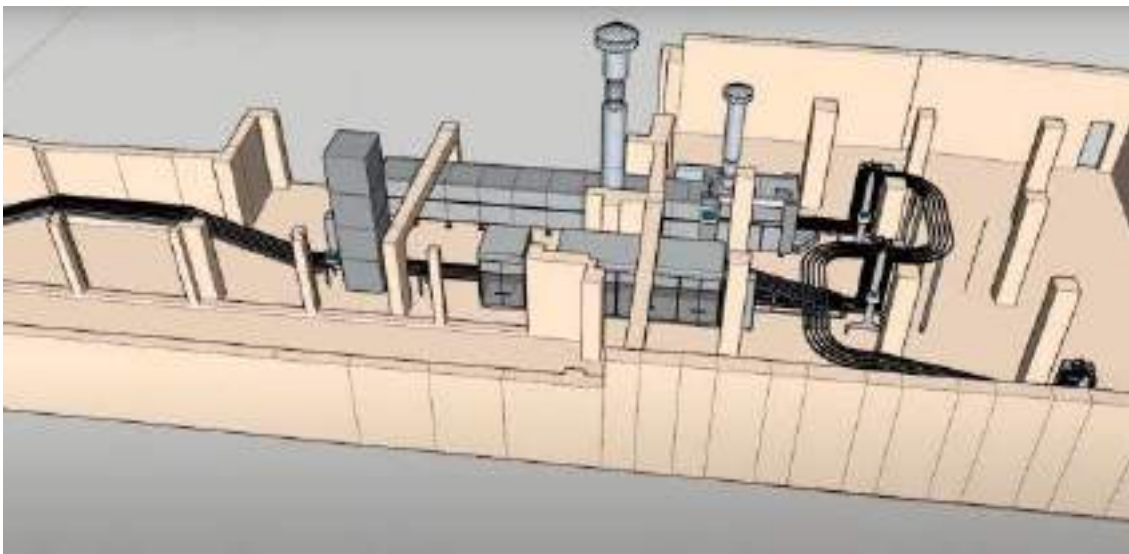
- Crear un gemelo digital de la nueva línea de producción para simular su instalación en la fábrica.
- Verificar si la maquinaria podía ser instalada en el espacio físico disponible, considerando las tuberías y líneas de gas no registradas en los planos.
- Utilizar la realidad aumentada para posicionar virtualmente la línea de producción en la planta y corregir posibles interferencias antes de la instalación física.

Solución desarrollada

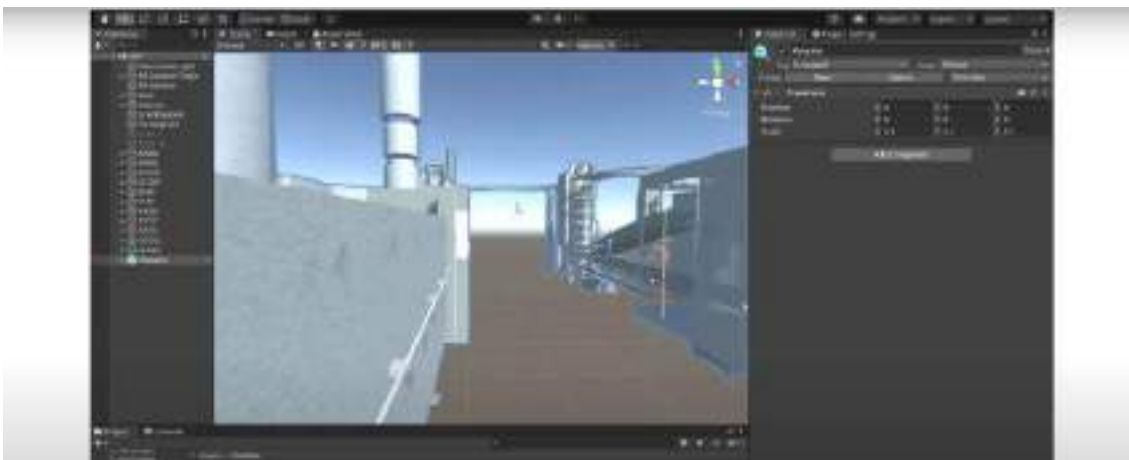
Se desarrolló un **gemelo digital** de la nueva línea de producción para su implementación en la planta. Mediante el uso de **realidad aumentada**, se pudo posicionar virtualmente toda la línea de fabricación dentro de la planta y verificar que las dimensiones y espacio eran adecuados.

Durante el proceso, se identificó que una de las **chimeneas del horno** cruzaba una línea de gas no registrada en los planos originales. Gracias a la simulación, se pudieron **rectificar los planos** a tiempo, evitando problemas en la instalación real de la nueva

de tecnologías de fabricación avanzada orientadas al desarrollo de productos personalizados



- Modelado 3D de la línea



- Gemelo digital de la línea de producción



- Realidad aumentada en la planta

Plataforma integral de desbarbado robotizado

Empresa colaboradora

Fabricante de piezas de plástico por inyección

Descripción del problema a resolver

La empresa requería mejorar la eficiencia y agilidad en el proceso de desbarbado de piezas de gran volumen producidas por soplado.

El desafío consistió en la automatización de este proceso mediante la creación de una célula robótica dotada de visión artificial y el desarrollo de una herramienta robótica de desbarbado capaz de compensar las desviaciones de tamaño en las piezas características del método de fabricación.



- Desbarbado de piezas de gran volumen

En una fase posterior, se desarrolló una plataforma avanzada capaz de simular y analizar de forma exhaustiva el entorno de producción del desbarbado sin interrumpir ni afectar la operación en tiempo real. Además, se implementaron tecnologías IoT para la captura y monitoreo de datos, permitiendo una supervisión continua del proceso y facilitando ajustes en tiempo real. Asimismo, se integraron sistemas RFID para la trazabilidad eficiente de materiales, optimizando la gestión y el flujo de productos en la planta. Con estas soluciones, la empresa también buscaba herramientas que optimizaran la toma de decisiones estratégicas con mayor precisión, reduciendo riesgos y mejorando la eficiencia operativa en este proceso crítico.

Tecnologías implicadas

- Robótica industrial
- Identificación mediante radio frecuencia
- Visión artificial
-
- Gemelo digital

Soluciones desarrolladas e integradas en la empresa por AIJU

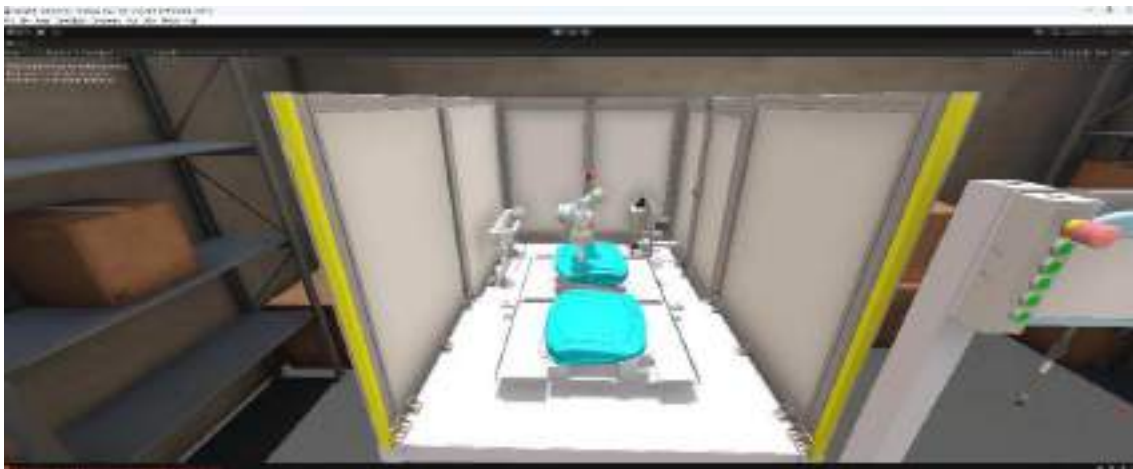
robótica flexible para desbarbado y manipulación: Se desarrolló una célula robótica avanzada que automatiza la manipulación, el desbarbado y la inserción de insertos en piezas de gran volumen. Esta solución permite a los robots realizar tareas de acabado superficial con precisión, reduciendo la intervención manual y mejorando la calidad y consistencia del producto final.

Sistemas de visión artificial para reconocimiento y posicionamiento: integraron sistemas de visión que permiten a los robots identificar, localizar y ajustar la posición de las piezas de manera autónoma. Esto asegura un manejo preciso de las piezas, reduciendo errores derivados de variaciones geométricas y mejorando la eficiencia del proceso.

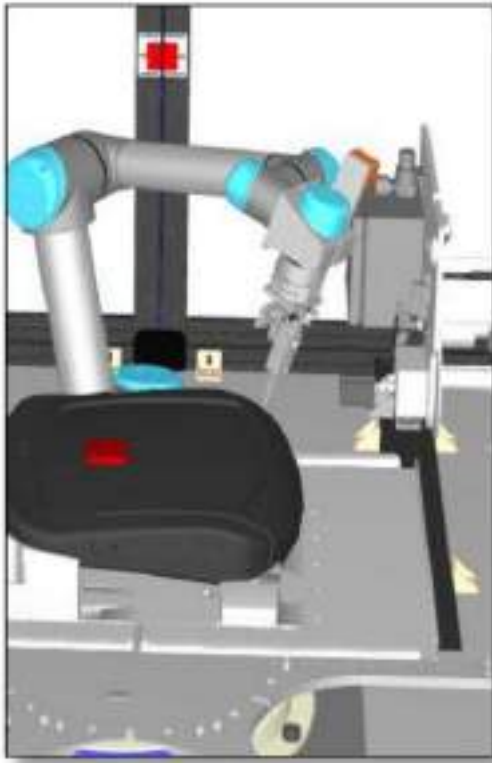
Tecnología RFID para trazabilidad: Implementación de un sistema RFID para rastrear materiales paletizados, optimizando la localización y gestión de productos y recursos dentro de la planta

Integración de IoT para captura de datos: Instalación de módulos IoT que permiten la monitorización de procesos industriales, recopilación de datos en tiempo real y su integración con sistemas MES/MOM, facilitando la toma de

Desarrollo de gemelos digitales y simulación virtual: Creación de modelos virtuales para simular procesos robóticos, optimizando el diseño y la eficiencia antes de su implementación física. Esto incluyó la modelización 3D, el uso de software de simulación y de Realidad Virtual.



- Representación visual de célula robótica



- Proceso simultáneo de simulación y proceso robótico real



PLATECMA