



Fondo Europeo de
Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa
UNIÓN EUROPEA

“Proyecto cofinanciado por los fondos FEDER,
dentro del Programa Operativo FEDER
de la Comunitat Valenciana 2014-2020”



INESCOP
CENTRO TECNOLÓGICO DEL CALZADO

EXPEDIENTE	IMDE40/2018/9
ACRÓNIMO	I4FOOTWEAR
PROGRAMA	Proyectos de I+D de carácter no económico en el ámbito de la industria 4.0 en cooperación con empresas
TÍTULO DEL PROYECTO	DEL CONCEPTO AL PROTOTIPO DE CALZADO EN LA ERA DE LA INDUSTRIA 4.0

Entregable E1.1

DESCRIPCIÓN DE HABILITADORES DIGITALES DE I4.0 CON APLICACIÓN A LA INDUSTRIA DEL CALZADO



Fondo Europeo de
Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa
UNIÓN EUROPEA

“Proyecto cofinanciado por los fondos FEDER,
dentro del Programa Operativo FEDER
de la Comunitat Valenciana 2014-2020”



ÍNDICE

1. Descripción del entregable	3
2. Estado del arte	3
3. Referencias.....	26

1. Descripción del entregable

En este entregable se realiza un estado del arte en materia de Industria 4.0 aplicada al sector calzado. En una primera fase, se conceptualiza el significado de I4.0 a nivel global y de forma genérica describiendo los diferentes habilitadores digitales que son definidos inicialmente así como cada uno de los ejes en los que se mueven. A continuación, se especifican cada unos de estos habilitadores digitales en la industria del calzado y se establecen casos de uso (ejemplos) que serán los que guíen cada uno de los demostradores individuales que van a implementarse en el desarrollo del presente proyecto.

2. Estado del arte

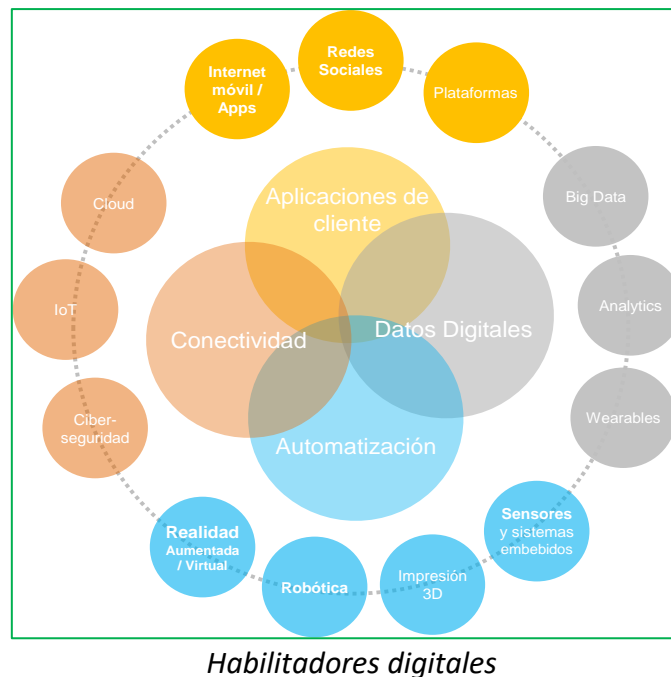
Los “habilitadores digitales” son el conjunto de tecnologías que hacen posible esta nueva industria que explota el potencial de futuro, permitiendo la hibridación entre el mundo físico y el digital. Es decir, vincular el mundo físico al virtual para hacer de la industria una industria inteligente.

Estos habilitadores se pueden clasificar en tres grupos:

- **Habilitadores de la hibridación del mundo físico y digital:** permiten convertir elementos físicos en información digital para su posterior tratamiento.
- **Habilitadores de las tecnologías:** que permiten trasladar la información, de manera segura, desde los habilitadores de hibridación del mundo físico y digital hasta el siguiente grupo. Estos son indispensables para que todos los demás puedan funcionar.
- **Aplicaciones de gestión:** conforma la capa de “inteligencia”, procesando la información obtenida de los dos primeros grupos y permitiendo dar uso a esta información.

Cada uno de los habilitadores puede tener efecto en una o varias dimensiones de la Industria 4.0: pueden optimizar o cambiar el proceso; mejorar los productos existentes o crear productos nuevos; permitir la aparición de nuevos modelos de negocio, etc.

A continuación se muestra un ejemplo de las tipologías de habilitadores digitales:



Habilitador 1. Hibridación del mundo físico y digital

Estos habilitadores permiten conectar el mundo físico con el digital, captando información del mundo físico (a través de la sensorica o las redes sociales), o transformando la información digital en un elemento físico (a través de la impresión 3D o realidad virtual). Existen habilitadores que posibilitan esta relación en sentido bidireccional (a través de la robótica avanzada o los sistemas embebidos).

El abaratamiento de los sensores está promoviendo el uso de la sensorica tanto en los medios productivos como en los productos industriales. La robótica avanzada está generando nuevas disrupciones, incorporando en los robots la capacidad de comunicación con otras máquinas, e inteligencia artificial que les permite tomar decisiones de manera autónoma. La impresión 3D permite imprimir objetos en tres dimensiones con técnicas aditivas de materiales, consiguiendo descentralizar el diseño y la producción de los emplazamientos tradicionales. Los tejidos inteligentes, mediante sensores, pueden, por ejemplo, medir constantes vitales y brindar funcionalidades nunca antes ofrecidas por una prenda de vestir.

Los habilitadores seguirán evolucionando, y aparecerán otros nuevos, como el exoesqueleto, tejido orgánico duro y rígido que recubre exteriormente el cuerpo para aumentar las capacidades humanas o reducir los esfuerzos necesarios para realizar una actividad.

Habilitador 2. Comunicaciones y tratamiento de datos

Estos habilitadores cada vez demandan una mayor capacidad a menor coste. Recogen la información de la primera categoría de habilitadores, la transporta, ofrece capacidad de procesamiento y garantiza su seguridad para ponerla a disposición de la última capa de habilitadores, las aplicaciones de gestión. También realiza esta comunicación en sentido inverso: de las aplicaciones de gestión a los habilitadores que hacen posible la hibridación del mundo físico y digital.

La conectividad o la transmisión de la información de forma segura, a través de unas infraestructuras de comunicaciones fijas o móviles, en cualquier momento y lugar, constituye un elemento central de la transformación digital de la industria. Las redes ubicuas de alta velocidad son clave para la digitalización de la industria, y hacen posible el concepto de ‘Internet de las Cosas’, conectando objetos a través de la red y facilitando la inteligencia autónoma en procesos y actividades. Estas infraestructuras de comunicaciones son un requisito para beneficiarse de otras tecnologías como Internet de las Cosas, Cloud, Big Data o Impresión 3D, entre otras.

En la industria, la conectividad facilita una mejora de la eficiencia, productividad, calidad y seguridad de los procesos, gracias a la monitorización y gestión en tiempo real (trazabilidad, mantenimiento predictivo, eficiencia energética, etc.), y se habilitan nuevos modelos de negocio al permitir la gestión de los productos conectados.

Es importante promover la disponibilidad de las redes y servicios que permitan cubrir las nuevas necesidades de conectividad en el marco de la digitalización de la industria:

- **Mayor capacidad y escalabilidad:** necesidades exponencialmente crecientes de datos y, en particular, en movilidad (multiplicación por 10 del tráfico de datos), y de objetos conectados (se esperan miles de millones de dispositivos conectados y un crecimiento anual superior a un 35%)
- **Ubicuidad o cobertura y globalidad:** promoción de cobertura sin fisuras (vehículo conectado)
- **Seguridad y privacidad** en un mundo más conectado y digital
- **Versatilidad y nuevos requerimientos:** desde bajos consumos de energía a elevados anchos de banda de subida, convergencia fijo móvil y redes aptas para múltiples tipos de servicio
- **Calidades diferenciales:** necesidades de garantías de calidad para evitar interrupciones en los procesos industriales críticos cada vez más automatizados, latencias bajas (robots en tiempo real), transmisión de alta velocidad en movilidad alta (AVE, aviación), etc.

El **cloud** es una tecnología que facilita la agilidad, flexibilidad y escalabilidad en el uso de recursos técnicos. Es importante, por ejemplo, en aplicaciones de diseño avanzado, gracias al aumento exponencial de la capacidad de computación; o en la gestión de la cadena de producción, cuyo control pasa a la nube, permitiendo compartir toda la información.

Por otra parte, la **ciberseguridad** ha cobrado una dimensión determinante en cualquier proceso industrial debido, principalmente, a la democratización tecnológica y a la interconexión global, que conlleva nuevos riesgos. La descentralización de la información, como principal activo a proteger por las organizaciones, ha generado un nuevo paradigma en cuanto a medidas de protección se refiere. Las aproximaciones clásicas de la función de la ciberseguridad, basadas en la protección del perímetro, han dejado de ser eficaces debido a la desaparición de dicho perímetro como consecuencia del cloud, la movilidad o el Internet de las Cosas. La Ciberseguridad también afecta al proceso y al producto. Un ejemplo de ello es el caso de Land Rover, que ha tenido que retirar 65.000 vehículos del mercado por un problema de ciberseguridad que permitía robar fácilmente el automóvil.

Un ejemplo de un nuevo modelo de negocio gracias a las comunicaciones y a la movilidad es Volvo Trucks. Ha concluido que ocho de cada diez paradas no programadas de un camión se podrían evitar mediante un mantenimiento preventivo. La clave para llevar a cabo ese mantenimiento preventivo se encuentra en la conectividad de los camiones con el taller, que permite al técnico monitorizar el camión y programar el mantenimiento necesario con antelación.

Habilitador 3. Aplicaciones de gestión (intraempresa e interempresas)

Estos habilitadores procesan la información obtenida de los dos primeros habilitadores, y aplica inteligencia para poder dar uso a esta información. Existen tres tipos de aplicaciones de gestión especialmente relevantes para la industria: las **soluciones de negocio**, las de **inteligencia y control**, y las **plataformas colaborativas**. Las soluciones de negocio, a su vez, se clasifican en cuatro grupos: supply chain, comerciales, financieras y de recursos humanos.

Las aplicaciones financieras, por ejemplo, facilitan la actividad comercial de la empresa mediante la digitalización de los pedidos y las facturas; los servicios de pago asociados a las transacciones; y la optimización de los flujos de caja con la gestión del crédito comercial en formato digital. Estas aplicaciones permiten además la recopilación y el

análisis de información valiosa para un mayor conocimiento de las empresas y su acceso online a productos de financiación.

Estas soluciones de negocio pueden convertirse en interempresa a condición de usar plataformas colaborativas que permitan la interacción entre varias compañías. Las plataformas tecnológicas de colaboración conectan un ecosistema (empresas, clientes, centros educativos y de investigación, instituciones públicas,...), y todas sus posibles interacciones: B2B (business to business), B2C (business to consumer), C2C (consumer to consumer), U2B (university to business), etc.

Retos de la industria actual

1. Usar métodos colaborativos para potenciar la innovación

La innovación colaborativa es un requerimiento competitivo en auge. Implica involucrar en un mismo proyecto de innovación a varias empresas (del mismo o distinto sector) e incluso clientes, centros de investigación o cualquier otro actor que pudiera contribuir a la innovación. El objetivo es tener en cuenta conocimientos diferentes y complementarios con el fin de dar lugar a innovaciones disruptivas en un tiempo más reducido.

2. Combinar flexibilidad y eficiencia en los medios productivos

La necesidad de eficiencia de los medios productivos, aunque siempre ha existido, se considera una disrupción por la relevancia mucho mayor que ha adquirido al combinarse con la flexibilidad, algo a lo que la digitalización puede dar respuesta. Tradicionalmente, la eficiencia se ha logrado estableciendo medios productivos lineales especializados y automatizados. La flexibilidad, contrariamente, se ha caracterizado por la ausencia de especialización y automatización. El reto consiste en combinar ambas propiedades en una misma cadena de producción, logrando procesos automatizados y eficientes que permitan producir, de manera flexible, varias series.

La digitalización favorece que los activos productivos puedan adaptarse de manera rápida a un cambio de serie o producto. La digitalización de los medios productivos supone un reto debido a la importante inversión que supone, pero también por el esfuerzo de adaptación de los medios existentes que requiere. Varios actores de la industria han indicado que si diseñar una fábrica de nueva generación requiere inversión, adaptar una ya existente precisa de un proceso de adaptación de los activos que puede ser muy complejo y costoso.

3. Gestionar tamaños de series y tiempos de respuesta más cortos

Como consecuencia de la personalización del producto, se reducen los tamaños de las series y los tiempos de respuesta. Los menores tamaños de las series requieren una mayor flexibilidad de la producción y los menores tiempos de respuesta implican un mayor esfuerzo logístico y de coordinación entre los distintos actores de la cadena de valor. Con la automatización de los procesos (tercera revolución industrial), se logró eficiencia con series largas y rígidas. Pasar de estas series largas a unas cortas supone la modificación de procesos tanto en la fabricación como en la logística e incluso en la distribución. La reducción de los tiempos de respuesta se hace patente especialmente en el sector de la automoción, donde prima el sistema just-in-time. No obstante, se trata de una tendencia que afecta cada vez más a otros sectores, como el textil y de la confección, pues los ciclos de vida de los productos son cada vez más cortos, con más colecciones distintas al año. Sin embargo, no es suficiente con lograr la reducción de tamaños de series y tiempos de respuesta, sino que se debe conseguir, además, sin aumentar costes.

4. Adoptar modelos logísticos inteligentes

Aunque la optimización de las cadenas logísticas siempre ha sido un requerimiento para la industria, la novedad está en incorporar la nueva tecnología digital a los procesos logísticos, generando modelos logísticos inteligentes y conectados con otras aplicaciones de negocio. Varios factores hacen de esta un factor clave: la personalización y los canales digitales obligan a una mayor flexibilidad en rutas; el acceso a la información supone una alta competitividad en costes; y el fraccionamiento de la cadena de valor hace necesaria una perfecta coordinación en tiempos. Todo ello hace que la gestión logística avanzada requiera una eficiencia cada vez mayor.

5. Adaptarse a la transformación de canales (digitalización y omnicanalidad)

Hasta hace poco los canales tradicionales (puntos de venta físicos, canales telefónicos, venta por catálogo, etc.) eran los únicos existentes y permitían comprar productos o interactuar con proveedores en horarios reducidos, sin interacción posible entre canales, disponiendo de poca información del cliente... La digitalización de canales, debida tanto a la aparición de nuevos puramente digitales como a la digitalización de los existentes, ofrece nuevos beneficios: el acceso 24/7; la recopilación de datos de clientes, haciendo posible el conocimiento predictivo; la generación de propuestas individualizadas proactivas; la facilitación de la personalización; la aproximación a clientes internacionales; etc. La aparición de nuevos canales digitales, como las redes sociales o las webs de ventas por internet, ha dado lugar a una multiplicación de los mismos y al concepto de multicanalidad. Estos canales presentan una oportunidad, pues permiten a las empresas tener acceso a clientes, actuales y potenciales, a los que de otra manera no podrían llegar o contactar. Pero, también son un reto, pues solo si

se entienden y se saben usar correctamente y se es capaz de extraer de ellos todos los datos que proporcionan sobre usuarios y tendencias, se podrán aprovechar todas las posibilidades que ofrecen. A medida que el consumidor se ha ido sofisticando y ha requerido una mayor coherencia entre los canales y que la tecnología ha permitido la interacción de los mismos, la multicanalidad ha dado paso a la omnicanalidad. Esta ha permitido eliminar las diferencias entre canales (haciendo que las relaciones con el cliente sean homogéneas y coherentes independientemente del medio utilizado), y aprovechar la complementariedad de los mismos. Por ejemplo, un cliente puede ser informado de una oferta durante una llamada al centro de atención telefónica, investigar sus beneficios por internet y, finalmente, realizar la compra en una tienda física. En cuanto a la digitalización de canales existentes, esta se refiere, por ejemplo, a la implantación en tiendas físicas de soportes digitales que el cliente pueda usar.

6. Aprovechar la información para anticipar las necesidades del cliente

Otro reto a tener en cuenta es lograr anticiparse a las necesidades del cliente. Esta anticipación va referida tanto a los deseos de un cliente concreto como a los de una colectividad. El objetivo es poder ofrecer productos y servicios ajustados a los gustos y preferencias de cada cliente. En el caso de la colectividad de clientes, se trata de predecir la demanda de un producto concreto para poder ajustar la producción, optimizando los procesos productivos y logísticos y, en definitiva, la gestión de los stocks. Para ello, las empresas pueden utilizar la recogida de datos a través de mecanismos capaces de recabar información de las compras realizadas por un cliente (programas de fidelización, cuentas de usuario, etc.), así como la información generada en las bases de datos transaccionales de las empresas. Una vez se dispone de la información, las necesidades y preferencias podrán ser identificadas, por ejemplo, mediante modelos predictivos. La predicción de la demanda es una de las aplicaciones más importantes de la analítica avanzada, pero no es la única. Así, las empresas también serán capaces de predecir nuevas tendencias a partir de la información disponible en la red.

7. Adaptarse a la hiperconectividad del cliente

Hiperconectividad es la interconexión digital, cada vez mayor, entre las personas y las cosas, en cualquier momento y lugar. Significa que todo está conectado: de persona a persona, de persona a máquina y de una máquina a otra. En el año 2020 se estima que habrá 50 millones de dispositivos conectados en red. Este nivel de conectividad tendrá profundas consecuencias sociales, políticas y económicas. Es una condición cultural a la que las empresas no tienen más remedio que adaptarse. El cliente (final o industrial) de hoy en día está hiperconectado y tiene acceso en todo momento, tiempo y lugar, a toda la información disponible: noticias, precios de productos y servicios, opiniones,

ideas, publicaciones, informes, etc. La hiperconectividad del cliente representa al mismo tiempo una oportunidad para alcanzar nuevos usuarios y una amenaza, ya que los clientes actuales pueden identificar nuevos proveedores más fácilmente, lo que implica una mayor competencia. Por otra parte, la hiperconectividad tiene entre sus consecuencias la progresiva concienciación del consumidor sobre su entorno, lo cual también le hace demandar conocimiento sobre las características de los productos. Existe la oportunidad de poner a disposición del cliente la información necesaria, en los canales adecuados.

8. Gestionar la trazabilidad multidimensional extremo a extremo

La trazabilidad o seguimiento del producto es otro de los nuevos retos competitivos a los que la industria se enfrenta en la actualidad. La trazabilidad permite conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto a lo largo de toda la cadena de valor. Los medios para llevarla a cabo no han estado siempre a disposición de la empresa. La tendencia es una trazabilidad cada vez más a nivel de unidad producida, frente a la trazabilidad por lote del pasado, y a dotar de mayor información de contexto a la unidad vendida, para hacerla disponible al consumidor, de manera que pueda conocer la procedencia del producto.

La trazabilidad tiene numerosas aplicaciones. Por ejemplo, en sectores muy regulados en los que la seguridad del producto final es clave, como el químico-farmacéutico, el de la alimentación o el de la automoción. Permite conocer el origen y destino de los productos finales e intermedios, de forma que si se detecta un problema que pueda afectar a la salud o seguridad de los consumidores, podrá hacerse un llamamiento a aquellos consumidores que hubieran adquirido algún producto del lote afectado y evitar así muchos riesgos.

9. Gestionar la especialización mediante la coordinación de ecosistemas industriales de valor

Para afrontar los requerimientos de eficiencia cada vez más exigentes, las empresas industriales tienden a la especialización, dando lugar a la fragmentación de las cadenas de valor. La fragmentación también ha propiciado la localización de cada una de las fases de la cadena de valor en puntos geográficos distintos y/o a la subcontratación de parte de sus procesos. El tamaño medio de las empresas industriales españolas (pymes en su mayoría) y la especialización en eslabones concretos de la cadena de valor favorecen la creación de ecosistemas especializados, en los que las diferentes empresas sectoriales se interrelacionan. Por ello, la cadena de valor tradicional, basada en una organización lineal de sus actores, se complica y transforma, evolucionando hacia un ecosistema de valor con interacciones multidireccionales entre ellos. En este nuevo contexto, es necesario garantizar la coordinación y la interacción de los

diferentes actores que conforman el ecosistema de valor para garantizar un correcto funcionamiento del proceso de diseño, producción y posterior comercialización.

10. Garantizar la sostenibilidad a largo plazo

Ser sostenible se convierte en un reto para la industria. La sostenibilidad se puede aplicar tanto al proceso industrial como al producto y viene determinada por numerosos factores, como el uso eficiente de los recursos, el uso optimizado de las materias primas y el adecuado tratamiento de los residuos. En el nuevo paradigma digital, se deja atrás la industria poco sensible al impacto que pudiera generar en su entorno para dar paso a una industria integrada en él. Así, la eficiencia energética (optimización del uso de la energía) es un factor competitivo determinante, especialmente para aquellas industrias en las que el coste energético sea relevante en el escandallo de costes. La optimización en el uso de otros recursos como las materias primas también puede ser un factor competitivo clave, sobre todo en aquellos casos en los que el coste de dicho recurso suponga una parte relevante del coste total de producción. Además, un uso optimizado de las materias primas y los recursos naturales y energéticos dará lugar a una reducción en la generación de residuos. Por otra parte, la sostenibilidad también está relacionada con el concepto de producto sostenible. Cada vez más se espera que el producto industrial sea sostenible.

11. Ofrecer productos personalizados

La personalización de los productos consiste en adaptarlos a las necesidades o preferencias de cada cliente. Tradicionalmente, este concepto se vinculó a un artículo exclusivo al alcance de muy pocos. El reto actual significa ofrecer estos productos personalizados de manera masiva, es decir, sin aumentar sus costes, en grandes volúmenes y no afectando a la calidad. La personalización implica un mayor número de referencias y un menor tamaño de las tiradas y lotes, además de unos tiempos de respuesta reducidos. Todo ello requiere de un esfuerzo adicional de logística y coordinación por parte de todos los actores de la cadena de producción y distribución, además de las capacidades necesarias para llevar a cabo este tipo de producción.

12. Adaptar el portfolio de productos al mundo digital

La industria debe adaptar su portfolio de productos a la digitalización. Esta adaptación se puede llevar a cabo “digitalizando” productos actuales (incluyendo tecnología digital y enriqueciendo funcionalidades), o produciendo nuevos productos digitales e inteligentes. Un ejemplo de tecnología aplicada a producto es el tejido inteligente.

Habilitadores específicos sector calzado

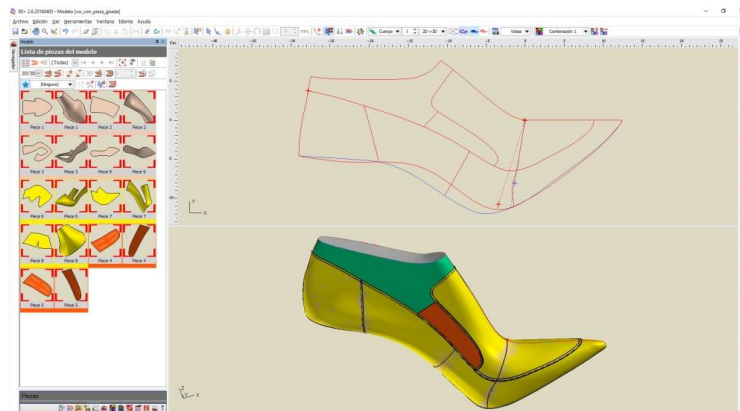
En la actualidad, existen diferentes habilitadores tecnológicos de I4.0 cuyo uso se aplica en diferentes procesos de la industria del calzado. La digitalización industrial de diferentes procesos que van desde los estadios iniciales de conceptualización de producto hasta la fabricación final del mismo aceleran la asimilación por parte de las empresas de los conceptos relacionados con I4.0. Es por ello que la técnica en el sector calzado al respecto tiene un calado amplio y profundo, por ello se pasa a describir a continuación cada una de estas áreas temáticas indicando patentes, proyectos o estudios similares y publicaciones más destacadas de cada una:

- Tecnologías CAD/CAM actuales para fabricación de calzado.
- Tecnologías para digitalización del mundo físico 3D.
- Tecnologías actuales fabricación aditiva.
- Tecnologías actuales robótica con aplicación a calzado.
- Tecnologías actuales IoT/Big-data sensorización de maquinaria y entorno trabajo.
- Tecnologías actuales Cloud-computing
- Sostenibilidad digital.

Tecnologías CAD/CAM actuales para fabricación de calzado

- **Herramientas CAD en los procesos industriales**

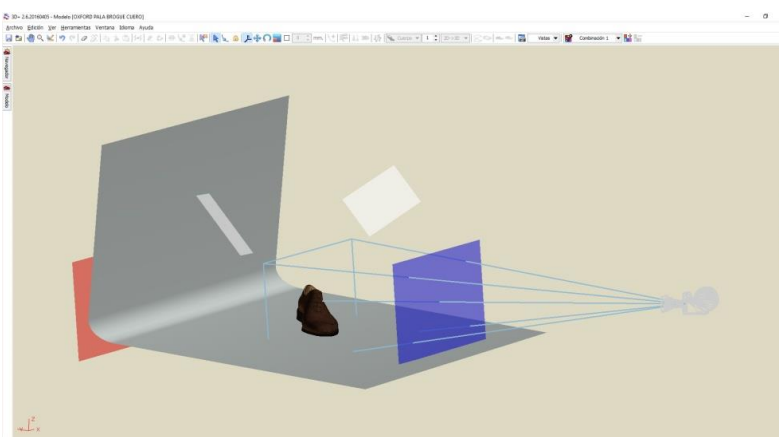
Desde la introducción de las herramientas CAD en los años 60, su relevancia en los procesos industriales ha ido creciendo notablemente. Además, su evolución ha ido enfocada a mejorar la eficiencia de los procesos de diseño y la calidad de representación del producto final [Zeng, 2012]. Actualmente, existen sistemas CAD de propósito general como AutoCAD o 3dStudioMax de [Autodesk], Rhinoceros [Rhinoceros], Blender [Blender], etc., que ofrecen soluciones generales para diseño asistido por computador; sin embargo, los sistemas comerciales que se utilizan en la industria, van enfocados a soluciones concretas, ya sea adaptando estas aplicaciones al problema en el que se van a emplear, como RhinoJewel [Rhinojewel] o el programa de diseño y fabricación de pisos de INESCOP, Sole3D©, o mediante desarrollos completos de un entorno 3D, ofreciendo así una solución personalizada y adecuada al problema al que se enfrentan, en estos casos podemos citar los sistemas CAD de INESCOP ICadFor©, ICad3D+©, ICadTac©, etc., otros sistemas de este sector cómo ShoeMaster [Shoemaster], o sistemas de gran relevancia en otros ámbitos cómo JcadCam [Jcadcam] o Matrix 7 [Matrix] para la industria de la joyería.



Modelo de calzado en sistema CAD

- **El proceso de diseño y fabricación de calzado**

El proceso de diseño y fabricación de calzado está basado en un método tradicional que ha ido evolucionando con el paso del tiempo, gracias en gran medida a las nuevas tecnologías e investigaciones que se han ido realizando en el sector. Gran parte de estos avances han sido llevados a cabo por INESCOP, gracias a diversos proyectos de investigación que engloban prácticamente todo el proceso de diseño y fabricación del calzado, desde el diseño y fabricación de hormas, con proyectos como "Automatización del diseño y fabricación de hormas" y la aplicación ICadFor®, pasando por el diseño de componentes de calzado donde se puede destacar ICadTac®, ICad3DP®, ICadPla®, etc., y terminando con el diseño del prototipo de un modelo virtual de calzado, proyecto "Desarrollo de herramientas CAD/CAM para el prototipado virtual en calzado" y la aplicación ICad3D+®. También cabe destacar la investigación realizada para la aplicación de estas nuevas tecnologías y su utilización en proyectos como "Desarrollo de estructuras de control para virtualización de calzado", gracias al cual se consigue deformar un modelo virtual de calzado con el objetivo de simular lo que ocurre en la realidad al retirar la horma una vez fabricado el zapato (deshormado), o "Multidiseño y escenarios virtuales en calzado", con el que se desarrolló un sistema para la generación de escenarios virtuales de calzado.



Escenario virtual de calzado

Por último, también destacar la aparición de herramientas para la combinación de materiales del modelo virtual, ya sea para ofertar al cliente una nueva alternativa de compra, donde [Boër y Dulio, 2007], ya advertían de la necesidad de personalización del producto a los nuevos requerimientos del mercado. Este claro ejemplo también se puede ver en conocidas marcas como [NikeID], [Addidas], [MunichMyWay] o [GlentShoes]. Sin embargo, es en los últimos años cuando se está aprovechando todo el potencial de esta tecnología y se está empleando en el proceso de diseño y conceptualización del producto, de manera que digitalmente se estudian y analizan cuáles son las combinaciones de materiales preferidas para cada producto, reduciendo así notablemente el coste y tiempo en fabricación y validación de muestras.

Tecnología para digitalización del mundo físico 3D

- **Digitalización de geometría 3D**

La digitalización de objetos ha sido una temática que se ha abarcado desde los comienzos de los primeros dispositivos de adquisición de información y su transformación a datos digitales. Con el paso de los tiempos y los avances tecnológicos, se ha conseguido la representación virtual de prácticamente cualquier objeto con una precisión milimétrica y en tiempos muy reducidos.

En el caso del sector del calzado, se han empleado estos sistemas para la representación digital de todos los elementos que engloban la fabricación del calzado, desde la digitalización de la misma horma digital, hasta accesorios, componentes materiales, incluso la obtención de la geometría digital del zapato ya fabricado. Puesto que en todos estos casos la geometría es muy variada, existen diferentes dispositivos que facilitan la adquisición de la geometría adaptados para las diferentes situaciones, no obstante, hoy en día se impone la técnica de adquisición de información por luz estructurada, puesto que es la que mejores resultados ofrece. Es adaptable para cualquier geometría y prácticamente se trabaja en tiempo real. Existen numerosos sistemas de digitalización por luz estructurada como por ejemplo el escáner Einscan-SE o el escáner Artec Space Spider, que ofrecen una alta calidad de digitalización además de la posibilidad de capturar las texturas y colores del elemento digitalizado.

Por otra parte, un concepto importante en la digitalización de elementos en el sector del calzado es la obtención de la propia geometría del pie o su planta. Para este tipo de procesos, se requiere de una técnica más específica y adaptada al sujeto de trabajo, ya que se trata de una persona humana que no tiene la misma movilidad ni propiedades físicas que un elemento de fabricación. Por lo tanto, debido a los requerimientos técnicos y específicos de esta problemática, no existen muchas soluciones en el mercado que ofrezcan un resultado óptimo y preciso de la digitalización de los pies del usuario. Entre los sistemas existentes, cabe destacar los digitalizadores de luz láser azul abiertos de INESCOP, en sus versiones tanto para la digitalización completa del pie como para la digitalización de la planta únicamente.



*Digitalizador de pies de
INESCOP*



*Digitalizador de
plantas de INESCOP*



Escáner luz estructurada

▪ Digitalización de materiales

Un proceso fundamental dentro de la digitalización de un modelo virtual, es la caracterización y apariencia de los materiales que lo componen, de manera que ofrezca una representación virtual lo más próximo a la realidad. Para ello, es necesaria la digitalización de los materiales del modelo, obteniendo la textura y características del material físico con el fin de poder simular estas propiedades en el sistema virtual. En la actualidad son varios los métodos que se utilizan para la captura digital de los materiales y su obtención de propiedades y texturas:

- **Método manual:** Se digitaliza por medio de fotografías realizadas por el usuario, dentro de un entorno más o menos controlado. En este proceso, se intenta recrear en una especie de estudio fotográfico las condiciones de luz más adecuadas. A pesar de que las condiciones de luz se pueden adecuar para la correcta captura de las imágenes, la presencia del usuario en la escena altera las condiciones de luz, produciendo sombras y reflexiones que pueden modificar la calidad deseada de las capturas. Además se trata de un proceso lento, tedioso y que depende en gran medida de las habilidades del usuario.
- **Escáner fotográfico:** En este proceso, se coloca el material deseado en un escáner fotográfico y se escanea como si fuera cualquier otro tipo de documento. Si bien la calidad de la imagen obtenida con esta técnica es muy alta, durante el proceso de digitalización se pierden valores como el relieve o la profundidad, que son muy importantes a la hora de calcular la textura.

- **Bases de datos de materiales existentes:** Existen bases de datos de datos de materiales donde se pueden encontrar gran cantidad de ejemplos de los materiales más utilizados. Sin embargo, dada la gran variedad de materiales que se utilizan en la industria del calzado, no es fácil encontrar todos los materiales que se quieren dentro de una misma base de datos. Además si el sistema de pago, la utilización de una gran cantidad de materiales puede provocar que el del proceso se dispare.
- **Sistemas cerrados de digitalización:** Son sistemas que recrean unas condiciones de luz determinadas en el interior de un recinto cerrado, en el que sólo se encuentra el material. Dicho recinto tiene una abertura, normalmente en la parte superior, por donde se coloca el objetivo de una cámara de fotos digital, de manera que no interfiera en la escena de trabajo. Si bien la calidad de los resultados obtenidos con este sistema es muy alta, hay cierto tipo de materiales, normalmente los que tienen brillos o superficies reflectantes, con los que es muy complicado obtener una digitalización que ofrezca una calidad aceptable.

Por lo tanto, a pesar de que en un principio puede suponer una inversión elevada, la utilización de los sistemas cerrados de digitalización son la mejor opción para la captura y recreación digital de un gran abanico de materiales reales. Estos sistemas, manejan un entorno controlado gracias al cual son capaces de obtener imágenes del material con suficiente calidad y que combinadas por medio de técnicas de visión artificial, se obtienen las texturas digitales que permitirán imitar la propiedades físicas de relieve, brillo, reflexión de la luz, etc., del material real.

Tecnologías actuales fabricación aditiva

La impresión 3D permite imprimir información dimensional de una pieza diseñada o escaneada procedente de un archivo informático, obteniendo un objeto físico 3D. Se trata por tanto de una tecnología de fabricación que facilita al usuario la posibilidad de fabricar un producto a partir del diseño que ha realizado en su ordenador.

Las primeras aproximaciones a la impresión 3D surgieron por los años 50. El gran cambio empezó a mostrarse en los años 90 con la aparición de patentes relacionadas con sinterización por láser selectiva SLS, tecnología que emplea un láser que fusiona pequeñas partículas de materiales tales como plástico, metal, cerámica o cristal en finas capas hasta generar el objeto tridimensional. Otras técnicas de impresión 3D se han venido desarrollando durante los últimos años, como es el caso de la estereolitografía SLA o la deposición por hilo fundido FDM, contribuyendo a la innovación en el área de impresión 3D que ha dado lugar a la presentación de numerosas patentes relacionadas con esta tecnología.

El campo de la impresión 3D se ha incrementado desde los años 90, y el hecho de que actualmente existan patentes de esa época es ilustrativo de que esta tecnología ha

existido en distintas formas, y actualmente con el desarrollo de las tecnologías de la información, en combinación con el creciente interés del mercado, han propiciado una apuesta importante por el I+D en este campo.

El aumento en la actividad innovadora alrededor de la impresión 3D ha estado enfocado principalmente a la elaboración de prototipos y a la fabricación de objetos tridimensionales en distintos campos, como por ejemplo construcción, automoción, sector aeroespacial, industria médica, calzado y joyería, entre otros sectores.

Las posibilidades que ofrecen las impresoras 3D de fabricar prácticamente cualquier objeto de calidad a partir de un diseño conceptual desarrollado por el propio usuario resulta de gran atractivo, y actualmente nos encontramos en una situación en la que los fabricantes están centrando su investigación en abaratar los costes de producción, por lo que la llegada de la impresoras 3D al gran público es inminente y casi una realidad.

Actualmente la técnica más extendida es la tecnología FDM, patentada por Scott Crump hace más de 20 años y que, en el 2006, se liberó permitiendo la expansión a las impresoras Open Hardware que conocemos a día de hoy.

Hay muchas clasificaciones distintas para la impresión 3D, pero aquí se va a hacer una clasificación por la tecnología que utilizan. Existen 8 grandes familias, cuyos aspectos más relevantes se citan a continuación:

1 - Fotopolimerización: La fotopolimerización o VAT photopolymerization es la tecnología de impresión 3D más antigua que existe. Básicamente consiste en un fotopolímero líquido en una cubeta que se endurece selectivamente capa a capa mediante polimerización activada por la luz.

2 - Fusión de lecho de polvo: Materiales en polvo son selectivamente consolidados al fundirlos juntos usando una fuente de calor, laser, rayo de electrones, etc. El polvo no fundido que rodea la pieza actúa como material de soporte para características adicionales.

3 - Inyección por aglutinante: Se aplican selectivamente agentes líquidos de unión en pequeñas capas de material en polvo para construir piezas capa por capa. Los aglutinantes incluyen materiales orgánicos e inorgánicos. Las piezas metálicas o cerámicas son, por lo general, llevadas a un horno tras ser impresas.

4 – Inyección de material: Se depositan gotas de material capa por capa para la fabricación de piezas. Variaciones comunes incluyen chorros de resina fotocurable y curado con rayos UV, así como chorros de materiales fundidos que luego se solidifican a temperatura ambiente.

5 – Laminación de hojas: Se aplican unas láminas de material para formar un objeto. El método de laminación puede ser adhesivo o químico (papel, plásticos), soldadura ultrasónica o soldadura con bronce (metales). Las zonas que no se necesita son cortadas capa por capa y eliminadas cuando el objeto está terminado.

6 – Extrusión de material: El modelado por deposición fundida utiliza una técnica aditiva, depositando el material en capas, para conformar la pieza. Un filamento plástico o metálico que inicialmente se almacena en rollos, es introducido en una boquilla. La boquilla se encuentra por encima de la temperatura de fusión del material y puede desplazarse en tres ejes controlada electrónicamente. La boquilla normalmente la mueven motores a pasos o servomotores. La pieza es construida con finos hilos del material que solidifican inmediatamente después de salir de la boquilla.

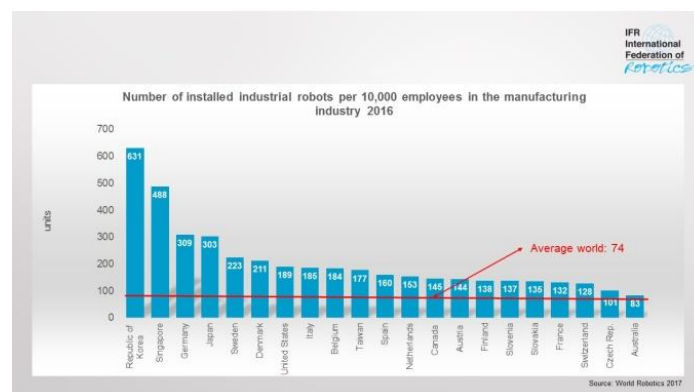
7 – Deposición directa de energía (DED): Se libera polvo o alambre en una superficie donde se adhiere mediante una fuente de energía, como laser o haz de electrones. Básicamente es una forma de soldadura.

8 – HYBRID: Deposición de metal por laser (una forma de DED) es combinada con mecanizado CNC, que permite la manufactura aditiva y sustractiva en una misma máquina.

Tecnologías actuales robótica con aplicación a calzado

La incorporación de la robótica en la industria es un hecho que ha experimentado un fuerte incremento en las últimas décadas, aunque su historia se remonta a finales de los 50, cuando aparecen las primeras patentes sobre este tema.

La norma ISO 8373, definida por la *International Federation of Robotics (IFR)*, ofrece la definición de robot industrial como un “manipulador multifuncional, controlado automáticamente, reprogramable en tres o más ejes, que puede estar fijo o móvil para uso en aplicaciones de automatización industrial”. Su implantación en grandes industrias es, a día de hoy, innegable; sobre todo atendiendo a grandes producciones y en tareas repetitivas, tediosas o incluso peligrosas. Según datos de 2015, la densidad de robots industriales a nivel mundial:



Densidad de robots industriales a nivel mundial

Indudablemente, la **Robótica Industrial** es una parte fundamental en el concepto de industria 4.0, y dado que su implantación mejora la productividad, disminuye los costes e incrementa la calidad de los productos fabricados, constituye una parte fundamental para atender a la reclamación del FMI a Europa sobre el objetivo de pasar del 15% actual de PIB industrial al 20% para el 2020. En cualquier caso, es una tecnología que tomará protagonismo en los próximos 50 años tal y como vaticina la IFR, generará empleo cualificado, dando sostenibilidad a las plantas de producción.

En este marco, el mercado actual ofrece una amplia gama de robots de aplicación industrial, desde los grandes robots de las cadenas de producción del sector automovilístico, hasta robots de menores dimensiones para la manipulación o ensamblaje de piezas pequeñas.

Según el estudio del último año de la *Asociación Española de Robótica y Automatización y Tecnologías de la Producción (AerAtp)*, el parque de robots lleva años creciendo sostenidamente en España hasta alcanzar los 34.528 robots industriales instalados en 2016, tal y como se puede ver en la Tabla 1:

AÑOS	Nº de unidades	Total acumulado histórico	% >	TOTAL REAL (*)
2004	2.826	25.406	12,5	22.212
2005	2.599	28.005	10,2	24.031
2006	2.527	30.532	9,0	26.016
2007	2.515	33.047	8,2	27.701
2008	2.461	35.508	7,4	29.029
2009	1.833	37.341	5,1	29.729
2010	2.019	39.360	5,4	30.545
2011	3.006	42.366	7,6	31.741
2012	2.355	44.721	5,5	31.984
2013	2.850	47.571	6,4	31.893
2014	2.129	49.700	4,4	32.048
2015	3.710	53.410	7,5	33.338
2016	3.221	56.631	6,0	34.528

(*) Acumulado ejercicio anterior + incremento del ejercicio - incremento año número 12 anterior

Evolución el parque de robots en España en los últimos 12 años

Sin embargo, esta incorporación de los robots a nuestra industria presenta grandes diferencias si atendemos a criterios sectoriales: solo el 0,2% se encuentran ubicados en los sectores del textil y calzado, alcanzando el 5,7% en los sectores del plástico y el caucho, por citar los sectores de nuestro entorno.

Esta carencia en el sector textil-calzado representa un potencial de crecimiento muy grande y necesario para modernizar y aumentar la productividad, siempre que se atiendan a las necesidades específicas de sectores tan tradicionalmente manufactureros, con un proceso productivo compuesto por muchas operaciones pequeñas y una gran diversidad y variabilidad en los materiales.

Precisamente por estas características, el sector calzado representa un terreno abonado para la incorporación de Robots Colaborativos (CoBot), dado que muchas de las tareas necesarias para la fabricación del zapato precisan supervisión e interacción constante con los operarios. Además, la estructuración del sector, compuesto en su mayoría por PYMES, supone un hándicap a tener en cuenta cuando se plantea la necesidad de realizar grandes inversiones.

El CoBot constituye una nueva generación de robots capaz de integrarse en el entorno de trabajo humano sin necesidad de utilizar vallados de seguridad, lo que lo hace ideal para su aplicación en un entorno como el que nos ocupa, donde los espacios de trabajo son generalmente reducidos. Sus principales ventajas con respecto a los robots convencionales son:

- **Más barato:** Tanto el robot en sí, ya que suele ser más pequeño y con menos capacidad de carga, como en la instalación requerida.
- **Más flexible:** La no necesidad de vallas de seguridad, hace que se puedan mover libremente por la fábrica. Además, son más fáciles de reprogramar para nuevas tareas.
- **Más seguro:** Los robots colaborativos están pensados para evitar daños a las personas.

La actual normativa referente a sistemas de robótica industrial se basa en las normas ISO 10218-1, ISO 10218-2. La irrupción de los CoBots ha propiciado nuevas legislaciones como la ISO/TS 15066 – Safety of Collaborative Robots donde se definen los Requisitos de seguridad para robots y aplicaciones colaborativas.

Esta capacidad de trabajar ‘codo con codo’ se logra principalmente por el uso de actuadores elásticos, sistemas de detección de fuerza, sensores de proximidad y movimientos relativamente lentos; todo ello unido a diseños basados en formas redondeadas e incluso acolchadas para reducir el impacto de cualquier colisión con el humano.

Con todo, existe una amplia oferta de robots colaborativos, tanto de las marcas tradicionales dedicadas a la fabricación de robots industriales, como de otras nacidas ya en el mundo colaborativo:

“Todos los modelos de Universal Robots son brazos robóticos de seis ejes ligeros y altamente flexibles, diseñados para destacar en una amplia gama de aplicaciones. Los robots colaborativos, o cobots, se clasifican según sus límites de carga útil. Los diferentes modelos tienen también diferente alcance, peso y huella.”

	Brazo robótico UR3	Brazo robótico UR5	Brazo robótico UR10
Radio de acción	500 mm/19,7 pulg	850 mm/33,5 pulg	1300 mm/51,2 pulg
Carga útil	3 kg/6,6 libras	5 kg/11 libras	10 kg/22 libras
Peso	11 kg/24,3 libras	18,4 kg/40,6 libras	28,9 kg/63,7 libras
Huella	128 mm/4,6 pulg	149 mm/5,9 pulg	190 mm/7,5 pulg

Robots colaborativos UR



TX2-90 6-axis industrial robot

TX2 robots: the next generation of fast and precise 6-axis robots. This new robot range is redefining performance with the optimum balance of speed, rigidity, size and envelope. Those pioneer robots can be used in all areas, including sensitive and restrictive environments thanks to their unique features.

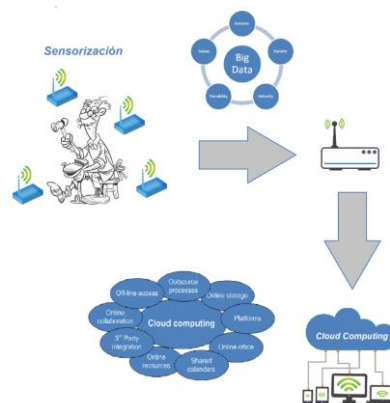
Robots colaborativos STAUBLI

Tecnologías actuales IoT sensorización de maquinaria y entorno trabajo

La fabricación del calzado sigue siendo un proceso muy tradicional y casi todas las operaciones que se realizan se originan mediante el uso de personal, estando poco utilizados los diversos sistemas automatizados para la creación del calzado. Por esta razón, la sensoría que está muy presente en otros ámbitos, como es el caso de la fabricación automovilística, no se ha podido introducir hasta el momento en este sector.

Debido a las exigencias del consumidor y a los fuertes cambios que se originan constantemente en la sociedad, la mejora de la fabricación del calzado no puede quedarse detrás, debe modificar su fabricación tradicional y avanzar hacia procesos más sensorizados que permitan un control total a las empresas sobre los procesos que se van originando, pudiendo tener acceso a los datos que actualmente no se registran y por lo tanto no aportan información acerca de cómo se lleva a cabo esta fabricación. La introducción de estas herramientas, permitirán una mejora de los procesos, puesto que los responsables de fabricación podrán ver de una forma muy sencilla y rápida los problemas que presentan algunas partes de la fabricación del calzado, de manera que podrán tomar decisiones rápidas, concisas y que no supongan un retraso a la hora de la producción.

Cabe reseñar, que algunas máquinas presentes en las fábricas de calzado, sí que presentan algún tipo de sensorica, proporcionando información al usuario, pero esta información, es en todo momento información “local”. Los sistemas existentes, si los hay, no pueden captar esa información que proporcionan los sensores y enviarlas a un servidor para su tratamiento, si no que lo único que pueden hacer es mostrar información en pantalla o mediante indicadores luminosos al empleado de esa máquina, siendo él, el único que ve esa información. Toda esa información valiosa que puede ayudar a mejorar los procesos, se pierde y nunca se utiliza, puesto que el usuario de la maquinaria la utiliza para su control pero en ningún momento proporciona información a su superior u otra persona para mejorar el proceso a partir de esos datos, con lo que en ningún momento la fabricación puede mejorar con la información aportada.



Esquema de sensorización y cloud-computing

Por otra parte, la problemática no solo se centra en la sensorica de la maquinaria. Sino que no existen ningún tipo de sensores que permitan analizar el entorno de trabajo de las personas que trabajan en una fábrica de calzado. Sensores de temperatura, humedad, luminosidad, etc., que aporten información sobre las condiciones del entorno de trabajador que afectan a la producción del mismo si no son las propias. Este tipo de datos, muy relevantes para la fabricación puesto que la producción depende en gran parte de cómo se encuentren los trabajadores, no se tienen en

cuenta actualmente, y su valor, aunque sea muy importante, se desprecia o no es considerado relevante aún cuando se ha demostrado su importancia en la fabricación. Con este tipo de sensores, como ya no se centra solamente en que la información pueda ser vista a nivel “local”, sino que directamente esa información no existe y afecta significativamente a la producción, ya que el factor humano juega un papel fundamental a la hora de la realización del calzado.

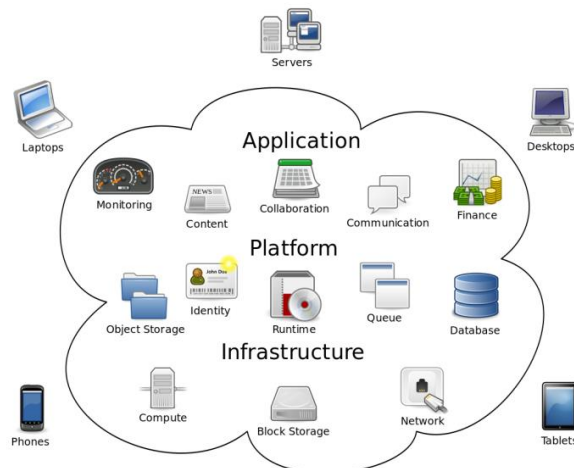
Debido a que no existe una sensórica capaz de recoger datos, tampoco se ha podido poner en marcha arquitecturas Big Data y Cloud Computing que permitan visualizar y procesar datos para mejoras de procesos. Estas dos técnicas, también presentes en otros ámbitos empresariales, combinadas con la captación de datos, mejorarían considerablemente el estado actual de la industria del calzado, puesto que permitiría un control total sobre los procesos de la misma.

Tecnologías actuales Cloud Computing

El cloud-computing, o computación en la nube, ha surgido recientemente como un nuevo paradigma para la provisión de servicios y el alojamiento de datos. Éste es un modelo que permite el acceso bajo demanda, en tiempo real y de forma segura [Almorsy et al, 2016] a un conjunto de recursos computacionales y servicios distribuidos (entre los que se encuentran, por ejemplo, servidores, almacenamiento, aplicaciones, etc.) para almacenar, gestionar y procesar información, que pueden proporcionarse y liberarse rápidamente con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción con los proveedores de servicios. Esta "nube" distribuida de servicios no tiene por qué ser pública, sino que es posible desplegar una infraestructura de este tipo en la propia red de una corporación. La computación en la nube, más que una nueva tecnología, supone un nuevo modelo operacional que agrupa un conjunto de diferentes tecnologías, las cuales son aprovechadas para satisfacer las necesidades de recursos de computación para un determinado fin.

El concepto de Cloud Computing es por tanto muy amplio, pero dependiendo de la tipología del servicio de computación en la nube, se divide en tres tipos: En primer lugar, *Software como servicio* (SaaS), en el que las aplicaciones no se encuentran instaladas en el equipo local del usuario, sino que están alojadas en un servidor y el usuario las utiliza de manera remota. En segundo lugar, *Plataforma como servicio* (PaaS), donde se ofrecen plataformas de desarrollo y las herramientas de programación con el objetivo de reducir la complejidad a la hora de crear, desplegar y mantener aplicaciones, de manera que la infraestructura hardware que le da soporte es transparente al desarrollador. En tercer lugar, *Infraestructura como servicio* (IaaS), donde lo que se ofrece es hardware para ofrecer capacidad de computación o dar soporte al almacenamiento. Las principales ventajas [Avram et al, 2014] que aporta son:

- *Acceso ubicuo*: Permite que los usuarios puedan acceder a los sistemas independientemente de su ubicación, utilizando un navegador de internet o un dispositivo móvil.
- *Orientado a servicios*: La computación en la nube adopta un modelo operacional orientado a servicios, de manera que el usuario sólo se debe preocupar de consumir estos servicios específicos sin que sea necesario pensar en la arquitectura que le da soporte.
- *Simplificación de las actualizaciones y menor coste de mantenimiento*: En términos de mantenimiento, sólo es necesario actualizar la aplicación que se encuentra en la nube, y automáticamente todos los usuarios se beneficiarán de ella.
- *Escalabilidad y rendimiento*: Los recursos de computación se escalan automáticamente en función de las necesidades.
- *Implementación rápida y que no necesita gran inversión*: Las aplicaciones que hacen uso de plataformas cloud no requieren invertir en equipamiento hardware, ya que estos recursos se proporcionan por la propia plataforma. De la misma manera, permiten al desarrollador abstraerse de esta capa de hardware, simplificando la creación y despliegue de aplicaciones.



Tres tipos de plataformas en la nube (SaaS, PaaS e IaaS) y ejemplos recursos ofrecidos por cada uno de ellas.

Fuente: <https://commons.wikimedia.org>

Por otra parte, existen una serie de plataformas cloud públicas y comerciales. Las soluciones que en este momento dominan el mercado [Zhang et al, 2010] son:

- *Amazon EC2*. Servicio en la nube de Amazon orientado a infraestructura (IaaS), en el que los usuarios pueden lanzar y gestionar instancias de sus servidores en máquinas virtuales utilizando la API que proporcionan, y otras herramientas y utilidades. Las aplicaciones que permite correr son de propósito general.



- *Microsoft Azure*. Servicio orientado a plataforma (PaaS). Éste consiste en tres componentes donde cada uno de ellos proporciona un conjunto específico de servicios. Windows Azure proporciona un entorno basado en Windows para ejecutar aplicaciones y almacenar datos en servidores en centros de datos; SQL Azure proporciona servicios de datos en la nube basada en SQL Server; y. NET Services ofrece servicios de infraestructura distribuida tanto para aplicaciones locales y como basadas en nube. El mayor inconveniente consiste en que se limita a dar soporte a sólo a aplicaciones basadas en windows.
- *Google App Engine*. Servicio orientado a plataforma (PaaS) ubicada en los centros de datos de Google que da soporte a aplicaciones web tradicionales. Los lenguajes de programación soportados son Python y Java. Google gestiona la implementación de código en un clúster, monitorizando, gestionando errores, y lanzando las instancias de aplicaciones necesarias. Las APIs actuales soportan características tales como almacenar y recuperar datos de una base de datos no relacional BigTable, realizar peticiones HTTP y caché.

Sostenibilidad digital

El concepto de sostenibilidad viene aplicándose desde hace siglos, cuando era necesaria la tala de árboles para prácticamente cualquier construcción o fabricación. El daño constante que realiza el ser humano al medio ambiente ha ido creciendo a lo largo de los años, a pesar de las iniciativas y legislaciones que tratan de paliar o remediar los ya evidentes problemas causados. Hoy en día, cuando el proceso de transformación del medio ambiente y la industrialización está tan expandido, se está comenzando a emprender verdaderas inversiones y marcos de investigación y desarrollo para llegar a una sostenibilidad real que permita seguir evolucionando sin perjudicar el medio ambiente.

Materiales como el plástico, tienen una demanda creciente debido a su utilización en los modelos de producción y consumo actuales. Esto, unido al bajo grado de degradabilidad, hace que su impacto medioambiental sea notable, por lo que se están llevando numerosas actuaciones orientadas a nuevas soluciones de envase para sustitución del plástico, con el uso de materiales procedentes de fuentes renovables biodegradables. Sin embargo, la utilización de este tipo de materiales no es del todo aplicable a los diferentes tipos de contenidos que son capaces de abarcar los plásticos, como por ejemplo, diferentes gases (oxígeno o vapor de agua).

En el sector del calzado, el problema de la sostenibilidad se ve reflejado no solo en la utilización de las materias primas y los diferentes procesos industriales de fabricación del calzado, sino también en el propio entorno industrial con factores como por ejemplo la moda, la cual obliga a las empresas a una constante renovación de la producción, llegando en ocasiones a desechar producciones enteras al estar desfasadas. La moda implica un alto consumo de recursos y acumulación de desperdicios, por lo que para hacer sostenible el calzado, no solo basta con utilización de elementos biodegradables o reciclables, sino que es necesaria la utilización de la tecnología con el fin de conseguir una fabricación más sostenible.

Por lo tanto, la digitalización industrial, tiene un papel importantísimo dentro de este proceso de sostenibilidad, por ello, gracias a la digitalización de los procesos industriales, cada vez son más los ahorros en materiales y desechos generados, se reduce la utilización del transporte de material (puesto que éste viaje de forma digital), se reduce en el gasto y utilización de papel y un gran número de elementos secundarios que se ven beneficiados de esta digitalización. La digitalización de todos los elementos de fabricación del calzado, permite reducir notablemente la fabricación física de estos elementos como muestras para los diferentes actores dentro de la cadena de fabricación del calzado, obteniendo provecho no sólo de este ahorro, sino evitando la generación de desperdicios (sólo se fabrica lo que realmente se va a utilizar) y reduciendo notablemente el transporte de esta materia a los diferentes puntos de trabajo.



Definición del producto digital y su posterior fabricación

La tecnología existente aplicada a los procesos de trabajo, permite la definición del producto en sus estadios iniciales sin la necesidad de fabricación de una muestra, con el más que notable ahorro tanto en tiempo cómo en desperdicio de material, equipos en funcionamiento, etc. Además, al disponer de toda la información digital del modelo de calzado, se puede conocer en tiempo real los detalles de consumos de material e incluso de huella de carbono existente en ese proceso y así compararlo con otros materiales o incluso variando el propio proceso o diseño del calzado.

3. Referencias

Tecnologías CAD/CAM actuales para fabricación de calzado

[Tong et al, 2005] Modeling and Rendering of Quasi-Homogeneous Materials. Xin Tong Jiaping Wang, Stephen Lin Baining Guo Heung-Yeung Shum. ACM Transactions on Graphics, Volume24, Issue 3, July 2005.

[Boër y Dulio, 2007] *Claudio Roberto Boër, Sergio Dulio. Mass Customization and Footwear: Myth, Salvation or Reality?. 2007.*

[Wang et al, 2008] Modeling and Rendering of Heterogeneous Translucent Materials. Using the Diffusion Equation. Jiaping Wang, Shuang Zhao, Xin Tong, Stephen Lin, Zhouchen Lin, Yue Dong, Baining Guo, Heung-Yeung Shum. ACM Transaction on Graphics, Vol.27, Issue 1, 2008

[Zeng, 2012] Zeng, Y. Fundamentals of next generation CAD/E systems. 2012. Computer-Aided Design. Vol. 44, Issue 10, October 2012, Pages 875-878.

[NikeID] http://www.nike.com/es/es_es/c/nikeid

[Addidas] <http://www.adidas.es/personalizar>

[MunichMyWay] <https://www.munichmyway.com/>

[GlentShoes] <https://www.glentshoes.com/>

[Autodesk] AutoCAD o 3dStudioMax.

[Rhinceros] Rhinceros.

[Blender] Blender.

[Rhinojewel] RhinoJewel, para el sector de la joyería.

[ICad3DP©] ICad3DP, para el diseño y fabricación de pisos de calzado (INESCOP).

[ICadTac©] ICadTac, para el diseño y fabricación de tacones de calzado (INESCOP).

[ICadFor©] ICadFor , para el diseño y fabricación de hormas de calzado (INESCOP).

[ICad3D+©] ICad3D+, para el diseño 3D de calzado (INESCOP).



[ShoeMaster] Shoemaster, para el diseño 3D de calzado.

[JCadCam] Jcadcam, para el sector de la joyería.

[Matrix] Matrix, para el sector de la joyería.

Tecnologías actuales robótica con aplicación a calzado

<http://www.aer-automation.com/wp-content/uploads/2017/06/ESTUDIO-COMPLETO-2017.pdf>

<http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/collaborative-robot-market-194541294.html?gclid=Cj0KEQjwxbDIBRCL99Wls-nLicoBEiQAWroh6rl1McVVqb5CdPoaJFDMwH8hFfRyZF7-bKelgupKBbUaAp0q8P8HAQ>

https://ifr.org/img/office/IFR_The_Impact_of_Robots_on_Employment.pdf

<https://www.bcg.com/d/press/10feb2015-robotics-power-productivity-surge-manufacturing-838>

[ISO 15066] <https://www.iso.org/standard/62996.html>

Tecnologías actuales Cloud Computing

[Zhang et al, 2010] Zhang, Qi, Lu Cheng, and Raouf Boutaba. "Cloud computing: state-of-the-art and research challenges." Journal of internet services and applications 1.1 (2010): 7-18.

[Yu et al, 2010] Yu, Shucheng, et al. "Achieving secure, scalable, and fine-grained data access control in cloud computing." Infocom, 2010 proceedings IEEE. Ieee, 2010.

[Kumar, Yung-Hsiang, 2010] Kumar, Karthik, and Yung-Hsiang Lu. "Cloud computing for mobile users: Can offloading computation save energy?." Computer 43.4 (2010): 51-56

[Tao et al, 2014] Tao, Fei, et al. "CCIoT-CMfg: cloud computing and internet of things-based cloud manufacturing service system." IEEE Transactions on Industrial Informatics 10.2 (2014): 1435-1442.

[Avram et al, 2014] Avram, Maricela-Georgiana. "Advantages and challenges of adopting cloud computing from an enterprise perspective." Procedia Technology 12 (2014): 529-534.

[Rahimi et al, 2014] Rahimi, M. Reza, et al. "Mobile cloud computing: A survey, state of art and future directions." Mobile Networks and Applications 19.2 (2014): 133-143.

[Botta et al, 2016] Botta, Alessio, et al. "Integration of cloud computing and internet of things: a survey." Future Generation Computer Systems 56 (2016): 684-700.

[Almorsy et al, 2016] Almorsy, Mohamed, John Grundy, and Ingo Müller. "An analysis of the cloud computing security problem." arXiv preprint arXiv:1609.01107 (2016).

[Amazon EC2] <https://aws.amazon.com/es/ec2/>

[Microsoft Azure] <https://azure.microsoft.com>

[Google App Engine] <https://cloud.google.com>