



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**ivACE**  
INSTITUT VALENCIÀ DE  
COMPETITIVITAT EMPRESARIAL

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



**INESCOP**  
**REDIT** INNOVATION NETWORK

<b>EXPEDIENTE</b>	IMDEEA/2019/26
<b>ACRÓNIMO</b>	COMTIOT
<b>PROGRAMA</b>	Proyectos de I+D de carácter no económico realizados en cooperación con empresas
<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	INTERNET DE LAS COSAS APLICADA A SISTEMAS RFID PARA LA MONITORIZACIÓN DE LAS HORMAS DE FABRICACIÓN EN EL PROCESO DE LA FABRICACIÓN DE CALZADO

## **Entregable E1.1**

### **ARQUITECTURA GLOBAL DEL SISTEMA**

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>3</b>
2.1	DEFINICIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 .....	3
2.1.1	<i>Impacto de la industria 4.0 en las empresas .....</i>	<i>4</i>
2.2	INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR CALZADO.....	6
2.3	PATENTES EN LA INDUSTRIA 4.0.....	7
<b>3.</b>	<b>REQUISITOS Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA .....</b>	<b>8</b>
3.1	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	8
3.2	ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	9
<b>4.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>10</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Este documento recoge información sobre los sistemas similares que actualmente están siendo usados en el mercado, tanto industrialmente como uso doméstico o particular.

En este entregable se describe la actual situación de las tecnologías empleadas a emplear en este proyecto, haciendo una recopilación de patentes y publicaciones, de dispositivos y de técnicas relacionadas con el objetivo final. Este estudio sirve para conocer el punto de inicio técnico del proyecto. También se definirán las técnicas y protocolos a emplear, que van desde la captura de datos inalámbrica hasta la visualización de los mismos pasando por el encapsulamiento de datos y transmisión de los mismos.

Además, en este documento se describen las bases de la arquitectura a desarrollar sobre la que el proyecto quedará realizado, con una atención especial a las unidades hardware que componen la totalidad del sistema: sensores, equipos de lectura, equipos informáticos o sistemas de monitorización y visualización de datos.

## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Definición de la industria 4.0

El término Industria 4.0 engloba a “la denominada cuarta revolución industrial derivada de una evolución tecnológica propiciada por el desarrollo de los sistemas embebidos, su conectividad y la correspondiente convergencia del mundo físico y virtual. Todo esto proporciona unas capacidades de integración de objetos, información y personas que puede propiciar un salto cualitativo en la producción y uso de bienes y servicios”.

Para poner en contexto esta revolución merece la pena recordar las diferentes “olas” en la introducción de la electrónica y las tecnologías de la información (TEICs) en la producción industrial.

La primera ola, en la década de los 80 e inicio de los 90, perseguía la eficiencia en los procesos. Fue la época de la introducción del CAD, CAM, los sistemas CIM (Computer Integrated Manufacturing), los FMS (Flexible Manufacturing System) y similares. Como en la actualidad, la integración y flexibilidad de los sistemas de fabricación eran los objetivos principales, limitados en aquella época por la tecnología disponible.

La segunda ola, en los años 90, se genera con la aparición de Internet y las tecnologías asociadas, como los portales de Internet y soluciones facilitadoras de la colaboración y la integración de la cadena de valor en su concepto más extendido (SCM, CRM, etc.).

Poco después, con el inicio del nuevo siglo, la conectividad se extiende a las máquinas y se popularizan los conceptos de M2M (Machine to machine), y un poco más tarde surge con fuerza el concepto de Internet de las cosas, ligado al desarrollo de IPv6. La proliferación de los dispositivos móviles y su capacidad de conexión experimentan un fuerte desarrollo hacia finales de la primera década del nuevo siglo. Todo este movimiento supone una tercera ola en la utilización de las TEICs y se puede considerar la precursora de lo que se está denominando 4ª revolución.

### 2.1.1 Impacto de la industria 4.0 en las empresas

Las empresas se cuestionan cómo les puede afectar todo este movimiento a su negocio para reaccionar en consecuencia (estrategia defensiva) o analizar qué oportunidades ofrece este nuevo escenario (estrategia pro-activa). En cualquiera de los casos la reflexión se realiza a tres niveles:



Figura 1: Niveles de la industria 4.0

Primero y fundamental, al nivel estratégico. Es necesario analizar cómo queremos mejorar la propuesta de valor. No es lo mismo la incorporación de las nuevas tecnologías para aportar valor a mi producto, que incorporarlas a máquinas de producción para utilizarlas como herramientas en la eficiencia operativa. E incluso cambiar la propuesta de valor y/o el modelo de negocio.

Definida la estrategia y los retos asociados, hay que pensar en cómo trasladarlos al proceso productivo o producto, actuando en el producto, el medio o sistema productivo que la empresa ofrece. Es decir, definir el modelo productivo que va a responder a esa estrategia, y definir y concretar una hoja de ruta en este sentido.

Es importante identificar las tecnologías clave sobre las que apoyarse y decidir cómo integrarlas: Mediante su adquisición o desarrollo y en su caso con quién. Si la tecnología base va a ser clave en el negocio, se desarrollarán capacidades internamente y, quizás, en colaboración con agentes externos que permitan ir más rápido.



Figura 2: Modelo de referencia

En este modelo de referencia hay tres niveles: Uno relacionado con las tendencias o drivers, el segundo relacionado con el modelo productivo y, por último, con las tecnologías posibilitadoras. Estos tres niveles están de alguna manera relacionados con los tres niveles mencionados anteriormente como guía de nuestra reflexión: El posicionamiento estratégico de la empresa estará relacionado/alineado con aquellos drivers o tendencias que pueden impactar más significativamente en su negocio. Puede ser la personalización, los ciclos de vida más cortos, las sostenibilidad o similares. El modelo productivo de fabricación avanzada Industria 4.0 tendrá como características:

- La flexibilidad entendida como capacidad de producir, en último extremo, de forma personalizada.
- La reconfigurabilidad entendida como capacidad de adaptación de forma rápida y económica a los cambios en el producto.
- Digitalización de los procesos, conectando e integrando las diferentes fases y medios del proceso productivo.
- Dotar de inteligencia de los procesos y medios para responder de forma correcta; entre otras cosas, esto significa aprender de experiencias previas y responder de forma autónoma a situaciones imprevistas.

El peso que cada una de estas características tendrá en el modelo productivo dependerá de las tendencias a las que queremos dar respuesta. Por otra parte, hay otras dos características transversales muy relevantes en todo modelo productivo, muy alineados con el driver de sostenibilidad en sus diferentes vertientes; económica, social y medio-ambiental:

- Centrados en las personas, independientemente del nivel de automatización. Las personas serán fundamentales en el buen desempeño del sistema productivo.
- Eficientes, eliminando desperdicios para asegurar el máximo valor con la utilización de los mínimos recursos necesarios.

Por último, tenemos el conjunto de tecnologías posibilitadoras que normalmente se asocian a Fabricación Avanzada Industry 4.0 y que las agrupamos en dos bloques:

- Sistemas ciber-físicos, Big Data–analítica predictiva, y Cloud Computing: Tecnologías que pueden ser troncales en una iniciativa Industry 4.0 por su esencia integradora.
- Robótica colaborativa, simulación–realidad aumentada, visión artificial, fabricación aditiva: Tecnologías que en función de los casos y atributos concretos tendrán más o menos peso.

El modelo productivo siempre se visualiza bajo la perspectiva del usuario y del proveedor de equipos, sistemas o soluciones. Con esta visión, hay que destacar la oportunidad que presenta el caso de las máquinas o sistemas inteligentes y conectados, en el sentido de que el proveedor del equipo puede colaborar de forma sencilla con el usuario del mismo, para optimizar su operación y mantenimiento.

A pesar de que existen barreras culturales que pueden frenar su implantación masiva, esta colaboración comenzará en aquellos casos en los que la ventaja es evidente. Vendrá acompañada por nuevas formas de negocio, por ejemplo el pago por uso para aquellos medios que realizan actividades de soporte, que no están relacionados con las actividades o procesos clave, y que pueden ser entre otros, los temas de logística de materiales. (1)

## 2.2 Industria 4.0 en el sector calzado

La industria 4.0 está entrando con fuerza en el sector calzado. Este sector, tradicionalmente amarrado a procesos manuales y muy tradicionales, se está abriendo a la introducción de nuevos productos que faciliten la fabricación del calzado. Este proceso viene dado por La impresión 3D, siendo una de las tecnologías de la Industria 4.0 que mayor impacto directo tiene sobre el sector del calzado. Según la Asociación Americana de Distribuidores y Retailers del Calzado (FDRA), esta tecnología se convertirá en un estándar del sector de 15 a 20 años. (2)

De igual forma, las empresas de calzado están digitalizando sus procesos e incorporando mecanismos que permitan realizar sus productos de una manera más virtual, ya que el futuro digital ya está presente en muchas empresas, y la empresa que no sea capaz de emprender la transformación digital se encontrará en gran desventaja frente a sus competidores cada vez más ágiles y con unos productos más personalizados a sus clientes. (3)

Aún así, la fabricación propiamente dicha del calzado sigue con los procesos tradicionales y no ha intervenido excesivamente la industria 4.0 en este sentido. No hay instrumentos que nos permitan realizar una recogida de los datos del proceso de fabricación y toda la información que se genera y que permitiría mejorar estos procesos se pierde y nunca se ha analizado. Esta interconectividad conectaría a productos, maquinaria y profesionales de forma que compartan información que

permita conocer el estado de las diferentes etapas de producción, los fallos, las necesidades de material, los picos de producción, etc. Esto aporta al proceso rapidez de decisión y producción. (4)

Los únicos datos que se pueden observar en estos procesos son los que propiamente originan las máquinas que se utilizan para la fabricación de calzado, pero estos datos son algo local y que sólo los usuarios de estas máquinas pueden visualizar, sin que nadie más tenga conocimiento al respecto. Por esta razón, el sector del calzado no ha alcanzado a tener una gran madurez en la industria 4.0 y hay muchas parcelas donde la introducción de sensores generará nueva información respecto al proceso de fabricación mejorando el producto final.

### 2.3 Patentes en la Industria 4.0

- Wireless communication apparatus used in heavy equipment of industrial site (Lim Song Tak, Kim Woo Hyeon; Kim Yeon Mee; Ha Hyun Ok; Go Ju Yeon; Oh Jeong Hyun)
- Communication module for machine tool (Kim Gwanhyung; Jeong Younghwan)
- Control system and method for controlling industrial and heavy machinery (Thompson Mike)
- Industrial wireless communication system (Aki Tomohiko; Ishikawa Kazuhiro; Kunii Koji; Kuwahara Toshiaki; Nozaki Yoshihiro; Wu Shengcong; Ozaki Norimasa)
- Plataforma de adquisición de señales para mantenimiento predictivo en la industria 4.0. (Verdager Prats, Lluís)
- Método para la configuración de aparatos electrónicos, particularmente para la configuración de componentes de un sistema de control de acceso (Keyser, York)
- Configuración heterogénea de comunicaciones para sistemas de control distribuido ( Talavera Martín, Juan Antonio)
- Método de monitorización inalámbrico y dispositivo del mismo( Chiang Chien, Ming)

## 3. REQUISITOS Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA

### 3.1 Requerimientos del sistema

La arquitectura que se plantea en el proyecto servirá para la implantación de parte de la industria 4.0 a las empresas. En el transcurso del proyecto, se elaborará un prototipo basado en dicha arquitectura con el fin de poder validar toda la arquitectura, desde la sensorización hasta su representación teniendo las empresas una herramienta para la toma de decisiones.

Es por ello, por lo que es de vital importancia establecer claramente los requerimientos que debe cumplir la arquitectura, así como la tecnología más idónea para su implementación y las estructuras de datos que permita integrar de forma sencilla con el proceso de trabajo y negocio de cualquier empresa.

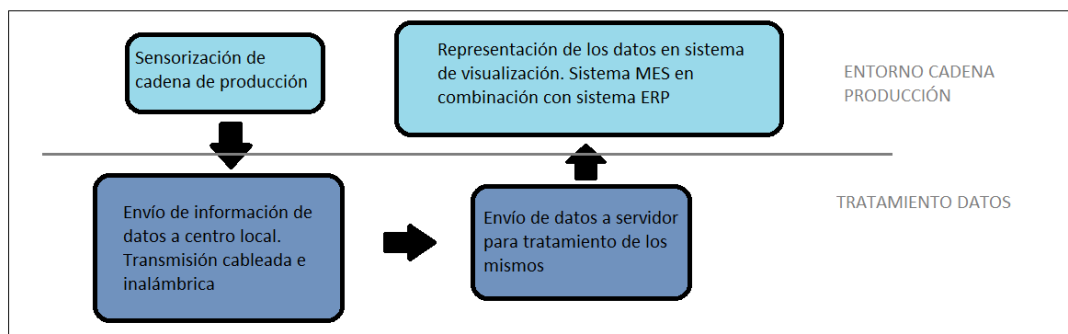
Por lo tanto, la arquitectura deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Sistema prácticamente transparente al operario de un puesto de trabajo. El trabajo que tiene que realizar el sistema no puede en ningún momento interferir en el operador ni en la calidad del producto final.
- Conexión de los sensores y el servidor de forma ajena al usuario y sin que su colocación suponga una modificación sustancial del entorno de trabajo, pasando lo más desapercibo posible en las tareas diarias de un empleado.
- Arquitectura modulable y escalable, que permita la introducción de mas sensores si llegare el caso y fueren necesarios, sin que se tenga que diseñar la arquitectura desde el inicio o suponga un cambio drástico en ella.
- Gestión de información en el servidor. Para ello la información estará empaquetada de tal forma que el servidor pueda distinguir qué tipo de información es y de que sensor proviene.
- Representación de la información de manera inequívoca y que permita en todo momento ver los datos generados independientemente de la plataforma en la que se visualicen los datos.
- Manejo fácil de la interfaz de representación de datos, para que todos los usuarios, independientemente de la destreza que posean delante de un equipo informático pueda visualizarlo sin problemas.



### 3.2 Arquitectura del sistema

Para poder llevar a cabo este proyecto, desde un primer momento se ha planteado una arquitectura tipo, la cual se profundizará más a lo largo de este proyecto, que nos servirá de base para desarrollar todo el sistema que engloba el proyecto. Para ello, se va a partir del siguiente diagrama.



**Figura 3:** Flujo de la arquitectura a desarrollar

La primera etapa es la sensorización del puesto de trabajo. Esto comporta la tarea de análisis exhaustivo de las necesidades a cubrir y de las posibles soluciones de viables adecuadas, teniendo en cuenta los parámetros a medir como las implementación física de los captadores.

Es por esto que la sensorización tiene que partir de un instrumento al que se le puedan añadir sensores que proporcionen información de distintos parámetros ya sean complementarios o no y que permitan tener una visión global de la monitorización y condiciones de la producción.

La sensorización en este proyecto se iniciará con la colocación de marcadores en las hormas del zapato. El uso de la horma como herramienta sensorizada es consecuencia de la presencia de este objeto en la mayor parte del proceso de fabricación de calzado. El marcador ubicado en la horma será detectado por unos lectores ubicados estratégicamente en la cadena de montaje del zapato. Haciendo corresponder cada lector con cada fase de fabricación, se podrá conocer la ubicación de cada horma en todo el proceso de producción.

Aparte del control de producción también se podrá sensorizar la humedad y temperatura y, relacionando esta información con la calidad en el acabado del producto, podrá establecerse una relación directa.

El consumo energético también podrá ser monitorizado, pudiendo relacionar esta información con el coste final del producto o con el impacto ambiental que suponen ciertas tareas.

Todos estos datos son capturados de forma continua para que el análisis sea correcto, pudiendo establecer las actuaciones correspondientes una vez analizados estos datos.

Los datos llegan a una estación local a través de cables o tecnologías inalámbricas. La tecnología inalámbrica a usar es LoRa (5), que proporciona una gran robustez frente a fuentes de interferencias y logra una perfecta transmisión en grandes distancias. LoRa está concebido como una red de baja potencia pero de ancho espectro lo que la hace ideal para la cantidad de datos que en este proyecto se pretenden transmitir.

Desde la estación central, se enviarán los datos a un servidor que se encarga de tratarlos y ofrecerlos de nuevo para una sencilla y entendible visualización por parte del operario, encargado, jefes de sección...pudiendo ver/corregir y tomar las acciones pertinentes que afectan a los procesos.

La transmisión de datos entre la estación local y el servidor se realiza a través de protocolo OPC-UA (6), ampliamente probado y siendo prácticamente un estándar en las comunicaciones entre elementos sensores y sistemas MES de monitorización de datos.

En definitiva, con esta arquitectura, el personal puede analizar el estado en el que se desarrolla la producción y tomar decisiones al respecto para poder cambiar condiciones para que la producción se realice lo más eficientemente posible en aspectos de tiempo y calidad final del producto.

## 4. REFERENCIAS

- (1) [http://www.tekniker.es/media/uploads/noticias/IK4-TEKNIKER\\_FabricacionAvanzada\\_ES.pdf](http://www.tekniker.es/media/uploads/noticias/IK4-TEKNIKER_FabricacionAvanzada_ES.pdf)
- (2) <http://www.elmundo.es/economia/2017/11/03/59fcad9746163f721c8b45c6.html>
- (3) <https://www.clavei.es/blog/el-sector-calzado-camina-hacia-la-transformacion-digital/>
- (4) <https://www.ingenioindustrial40.com/2017/12/01/calzado-sector-puntero-la-industria-4-0/>
- (5) <https://lorawan.es/>
- (6) <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>