

2018-
2019

PLASMA

Desarrollo de plataformas demostradoras de tecnologías para la fábrica inteligente.

Nº Expte: IMDE40/2018/4

Programa: PROYECTOS DE I+D EN EL ÁMBITO DE LA INDUSTRIA 4.0 EN COOPERACIÓN CON EMPRESAS

RESULTADOS DEL PROYECTO (RESUMEN)

Realizado por:
AIDIMME

Indice

1. Objetivos	3
2. Resultados	5
2.1. Diseño y desarrollo de las células plug&play demostrativas	5
2.2. Diseño y desarrollo de la Plataforma de Fabricación Inteligente (PFI)	20
3. Realización de pilotos demostrativos.....	42
3.1. Demostraciones con las células de monitorización y automatización.....	42
3.2. Demostraciones con la Plataforma de Fabricación Inteligente	45

1. Objetivos

El proyecto tiene como primer objetivo el diseño, desarrollo y la utilización en un entorno real de células demostrativas de algunas de las tecnologías integradas en el modelo estándar de Industria 4.0, que podrían ser adoptadas a corto y medio plazo por las empresas industriales de los sectores Madera-Mueble y Metalmecánico, tras el oportuno análisis de viabilidad particularizado a cada empresa.

Un objetivo adicional es acercar la Industria 4.0 a las empresas de los sectores indicados, de forma que éstas puedan experimentar y probar con ejemplos concretos algunas de las tecnologías habilitadoras más relevantes a nivel sectorial, y sus posibilidades de mutua colaboración y conectividad.

Como objetivos específicos cabe destacar los siguientes:

1- El diseño y desarrollo de dos células demostrativas del tipo “conectar y trabajar” (P&P), que podrán montarse directamente en las instalaciones de las empresas interesadas, para que éstas puedan valorar de primera mano la tecnología demostrada y, tras un periodo de demostración determinado (unas cuatro semanas), puedan observar los resultados conseguidos y evaluar la viabilidad de su implantación definitiva. Las dos células P&P demostrarán las tecnologías siguientes:

- Monitorización de procesos en tiempo real.
- Automatización de operaciones.

2- El diseño y desarrollo de una Plataforma de Fabricación Inteligente, es decir, un entorno demostrativo y de experimentación dirigido a empresas industriales y proveedores de tecnología, en el que se podrá evaluar e interactuar con tecnologías existentes enmarcadas en la Industria 4.0, así como con tecnologías que estén en un estado avanzado de desarrollo (TRL7-TRL8).

Esta Plataforma se configurará de forma modular, en la que cada módulo esquematizará un proceso de los habitualmente empleados en la industria Metalmecánica y Mueble, incluyendo procesos indirectos. Los módulos se diseñarán exprofeso para esta aplicación de manera que se puedan combinar entre sí para formar procesos completos. A priori las demostraciones en la Plataforma simularán el funcionamiento de una fábrica real, en la que se obtendrá un producto final personalizado, previamente diseñado para mostrar capacidades relacionadas con *mass customization*.

Las tecnologías a demostrar en esta PFI son las asociadas a las siguientes funcionalidades: control de procesos en tiempo real, mantenimiento predictivo, integración de la fabricación aditiva en procesos productivos, realidad aumentada aplicada al mantenimiento, identificación y trazabilidad del producto, comunicación

máquina-máquina e IIoT (Internet Industrial). Para ello, el diseño de cada módulo estará orientado a integrar estas tecnologías, o bien a formar parte de un subconjunto cuyo funcionamiento demuestre la viabilidad de aplicación de determinada tecnología.

3- La realización de al menos 6 pilotos demostrativos en las instalaciones de empresas colaboradoras durante el periodo de ejecución del proyecto, y los correspondientes estudios de viabilidad, utilizando las células P&P y las tecnologías asociadas a las mismas.

4- La realización de al menos 3 demostraciones grupales y 4 demostraciones individuales en la Plataforma de Fabricación Inteligente, contando con empresas interesadas que ya colaboren o que puedan colaborar en el futuro, así como realizar los estudios de viabilidad oportunos.

2. Resultados

2.1. Diseño y desarrollo de las células plug&play demostrativas

Las actividades desarrolladas para el diseño y desarrollo de las células portátiles son tres: la definición de especificaciones de las células de monitorización de procesos y automatización, y su diseño conceptual, el desarrollo físico de los demostradores a partir de las características definidas y la elaboración de la metodología de uso de los demostradores.

De forma resumida se muestran los resultados de estas actividades:

DISEÑO DE LAS CÉLULAS

- Monitorización de procesos

Tras realizar de forma sistemática la selección de un conjunto de procesos que a priori son los más relevantes en los sectores Madera-Mueble y Metalmecánico, se definen las variables principales de estos procesos, ya que son claves para conocer qué se debe medir y cómo hacerlo:

	VARIABLES A CONTROLAR								
	Entrada de pieza	Inicio del proceso	Fin del proceso	Salida de pieza	Máquina en marcha	Máquina parada	Velocidad de avance	Temperatura	Alimentación de material
Taladrado tablero	●	●	●	●	●	●	●		
Seccionado tablero		●	●		●	●			●
Chapado de cantos	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Troquelado		●	●		●	●			●
Torneado	●	●	●	●	●	●			●
Conformado	●	●	●	●	●	●			
Soldadura	●	●	●	●	●	●			●
Pintado en túnel	●	●	●	●	●	●	●	●	

Variables principales a controlar en cada proceso

a- Para controlar estas variables en todos los procesos indicados se debe utilizar los sensores siguientes:

- Entrada de piezas/Salida de piezas:
 - Sensor inductivo para piezas metálicas
 - Sensor fotoeléctrico para piezas no metálicas
 - Final de carrera mecánico
 - Sensor de visión

- Inicio del proceso/Fin del proceso:

- Sensor inductivo
 - Sensor fotoeléctrico
 - Final de carrera mecánico
 - Sensor de visión
- Máquina en marcha/Máquina parada:
- Sensor de corriente
- Velocidad de avance de la pieza
- Sensor inductivo
 - Encoder
 - Sensor de visión
- Temperatura
- Sensor de temperatura (Pt100)
 - Sensor IR (sin contacto)
- Alimentación de material:
- Sensor inductivo para materiales metálicos
 - Sensor fotoeléctrico para materiales no metálicos
 - Final de carrera mecánico
 - Sensor de visión
- b- Se debe contar con que el control de las máquinas (PLC) no estará accesible en la mayor parte de ocasiones, por lo que normalmente se deberán instalar elementos de medición externos a la propia máquina. En caso de que exista la posibilidad de acceder al controlador se debe poder capturar, almacenar y procesar cualquier tipo de información. Los sensores externos que miden las variables identificadas son los indicados anteriormente:
- Sensor inductivo (mínimo 5 uds)
 - Sensor fotoeléctrico (mínimo 4 uds)
 - Final de carrera mecánico (mínimo 5 uds)
 - Sensor de visión (mínimo 1 ud, se utiliza como alternativa)
 - Sensor de corriente (mínimo 6 uds)
 - Encoder (mínimo 1 ud)
 - Sensor de temperatura (Pt100) (mínimo 1 ud)
 - Sensor IR (sin contacto) (mínimo 1 ud)
- c- Los sensores se instalarán con cable para evitar problemas con las comunicaciones inalámbricas, y se deben poder montar y desmontar fácilmente. Para ello, se utilizará algún dispositivo que permita su instalación sin necesidad de intervención en la máquina. Los dispositivos de amarre pueden ser:
- Sujeción mediante adhesivo (un solo uso)
 - Sujeción magnética sobre bases metálicas

- Sujeción por vacío sobre soportes lisos y regulares
- Sujeción mediante mordazas

Estos elementos deben diseñarse de forma que proporcionen protección física al sensor frente a golpes fortuitos, caídas de objetos, etc.

- d- El Sistema de control estará instalado en una estructura ligera y fácilmente transportable, y que se podrá ubicar con seguridad en un espacio mínimo sin que interfiera con las tareas propias del proceso. El Sistema en su conjunto contará con las protecciones eléctricas necesarias para su conexión a la línea de suministro de la empresa. Los controles externos accesibles deben estar claramente identificados y protegidos contra manipulaciones no deseadas.
- e- El almacenamiento de los datos se hará en una base de datos (BD) instalada en un PC incorporado en el sistema de control.
- f- Se debe poder acceder en remoto al Sistema de control. Este acceso no debe interferir con la red de comunicación de la empresa.
- g- El Sistema de monitorización no estará conectado con el Sistema de gestión de la empresa, por lo que se debe permitir la carga manual de datos por parte de los operadores del proceso. La carga manual se hará a través de un dispositivo HMI táctil para facilitar su manejo. Este dispositivo será independiente del armario de control y podrá instalarse en la mejor posición para su manejo, pro lo que debe estar integrado en un elemento de fijación estable, que lo proteja adecuadamente y que pueda montarse con facilidad -sin realizar mecanización de ningún tipo- sobre la máquina o junto a ella de manera independiente.
- h- La visualización de datos y resultados, además de en el dispositivo HMI se realizará en una pantalla de TV de gran tamaño. Esta pantalla se montará en un soporte robusto que pueda ser instalado cerca del proceso a controlar.
- i- Dispondrá de una Tablet industrial para que los operarios puedan reportar la información requerida en el proceso
- j- El sistema de monitorización mostrará la siguiente información, aunque la visualización se podrá configurar según necesidades de la empresa y características del proceso:
 - Datos capturados por los sensores y/o PLC de la máquina
 - Identificación del operador/es del proceso
 - Datos del proceso introducidos manualmente o capturados automáticamente: horario planificado, pieza u orden de fabricación en curso, paradas realizadas, piezas procesadas, etc.
 - Cálculos relacionados con el OEE: nivel de calidad, velocidad de trabajo, tiempo efectivo de proceso, indicador OEE

- Alarmas establecidas en los parámetros medidos y activación de la alarma en caso de que el valor exceda el rango.

k- El sistema incluirá alarmas para recordar al operador la necesidad de cargar datos manualmente en caso de que no lo haga cuando debe. En cualquier caso, el sistema debe ser sencillo de utilizar y fácil de aprender.

Para conseguir las especificaciones que se han establecido previamente, el demostrador de monitorización de procesos se va a configurar con varios elementos:

- Un rack similar al que se utiliza para transporte de equipos de sonido e instrumentos musicales. Se elige este elemento porque dispone de una amplia gama de accesorios modulares de gran utilidad para la aplicación que se va a desarrollar. En el rack se integrarán los siguientes sistemas:

- Servidor y pantalla retráctil, donde se ubicará la base de datos y el software de visualización de resultados.
- Controlador para la captura de datos, incluyendo alimentación eléctrica, elementos de protección y equipos auxiliares necesarios. Este controlador recogerá las señales de los sensores y las volcará en la base de datos SQL del servidor.
- Pantalla HMI para configuración de las entradas del controlador y verificación del funcionamiento del sistema. Las entradas se podrán configurar en función de las señales que se recojan en cada demostración.
- Caja de conexión a la red eléctrica con los sistemas de protección normativos
- Sistema de transmisión de señal inalámbrico, para recoger los datos de los sensores sin necesidad de cablear. Igualmente el sistema debe permitir la conexión VPN externa para acceso a sistema de configuración y base de datos.

- Un armario de control que se situará junto al proceso a controlar, que actúa como un concentrador de todas las señales recogidas por los sensores instalados en el proceso, o señales directas del PLC del proceso a monitorizar. Este armario incorpora un sistema de transmisión inalámbrica de estos datos hasta el rack con el controlador central. Este armario dispondrá de 24 entradas para señales externas: 8 señales de 4-20 mA y 16 señales digitales.

- **Automatización de procesos**

a- Al igual que ocurre con la célula de monitorización, y aunque en este caso no es tan crítico, para obtener un diseño viable se debe acotar los procesos donde se podrá instalar la célula como demostrador. La automatización mediante robots colaborativos, por las limitaciones propias del robot, tiene sentido en procesos donde:

- i. no se manejen cargas pesadas,

- ii. se pueda o se deba interactuar con personas,
- iii. los desplazamientos del brazo no sean grandes
- iv. la velocidad del movimiento no sea crítica
- v. las series pueden ser cortas, pero no de lote unitario

Con estas características, los tipos de actividad que podría realizar un robot colaborativo en los sectores de referencia serían los siguientes:

- Carga y/o descarga de procesos en línea; depende del tamaño y peso de la pieza
 - Carga y descarga de centros de mecanizado; depende del tamaño y peso de la pieza
 - Embalaje, encajado de piezas
 - Posicionado de piezas
 - Inspección de piezas, con apoyo de visión artificial
 - Montaje de conjuntos o subconjuntos
 - Manipulación de productos con cierto riesgo en caso de ser manejados por personas: calientes, cortantes, afilados, corrosivos, etc.
- b- El robot debe poderse transportar con facilidad sobre una base que después se pueda utilizar como soporte del mismo, por lo que debe ser robusta y se debe poder anclar en el suelo con facilidad. Igualmente debe poderse ajustar en altura en un rango razonable de ajuste alrededor de las alturas habituales de trabajo, y regular la horizontalidad de la plataforma. En caso de que la altura de un proceso específico quedase fuera de rango, se debe poder desmontar el soporte del robot para ubicarlo donde proceda.
- c- Debido a la variedad de piezas a manejar, se debe contar con un manipulador universal o un conjunto de manipuladores que puedan coger piezas con diferente forma, material y tamaño.
- d- Se debe considerar la necesidad de contar con sensores externos al robot para aportar información adicional que puede aprovecharse en la ejecución del proceso. Inicialmente se considera necesario que se pueda medir la fuerza realizada por los manipuladores, y que se pueda ver la pieza a manipular y el entorno del robot. Es decir que se debe instalar sensores de fuerza o presión y visión artificial en la célula robotizada.
- e- Se debe contar con un pequeño compresor para alimentar la célula con aire comprimido. Aunque habitualmente en todas las empresas hay suministro de aire, podría ser un trastorno para la empresa habilitar una toma en el lugar de instalación.

El demostrador de automatización de procesos se configura con los siguientes elementos:

- Una mesa móvil de fácil transporte, dotada con ruedas y un sistema de elevación y nivelado para adaptarla a cualquier superficie. La mesa se diseña considerando los siguientes aspectos:

- Debe tener la estabilidad suficiente para que no vuelque cuando el robot alcance su máxima extensión con la carga máxima en punta (hasta 1.300 mm – 10 kg de carga).
- Integrará dos escáner laser como medida de seguridad en caso de que no funcione en modo colaborativo.
- El carro incluirá un espacio para ubicar el controlador del robot y un pequeño compresor
- Se incluirán cajones y espacios para guardar el material que normalmente debe utilizar el robot.

- Un armario de control que incluirá la alimentación, protecciones y enchufes auxiliares.

El diseño de este demostrador se muestra en las figuras siguientes. El diseño está realizado en CAD 3D y se dispone del desglose en componentes.



Vista en perspectiva de la célula demostrativa móvil para el cobot



Vista frontal de la célula demostrativa móvil para el cobot

DESARROLLO DE LAS CÉLULAS

- Monitorización de procesos

Seguidamente, se expone el desarrollo del demostrador de monitorización de procesos para líneas de producción.

El objetivo principal es desarrollar un equipo capaz de monitorizar datos de producción en una línea de forma NO intrusiva. La instalación/desinstalación debe realizarse de forma rápida y sin interferir en el proceso productivo.

El equipo debe de ser portable, ya que se llevará por diferentes empresas. Asimismo, debe contener todos los componentes necesarios para realizar todo el proceso de monitorización. En este caso, los componentes necesarios para capturar datos de máquinas, sensores, almacenamiento en base de datos y comunicación.

La solución adoptada ha sido fabricar un bastidor/armario tipo RACK 19" donde irán alojados todos los componentes. Se dota al bastidor de dos puertas y ruedas, de modo que se pueda transportar fácilmente. El armario RACK ha sido fabricado con aluminio y madera de contrachapado, buscando la máxima rigidez con el mínimo peso posible. Dentro del armario se montan los anclajes para los componentes y unos cajones destinados al almacenamiento de los sensores y cables necesarios para cada instalación. A continuación se muestra una imagen del demostrador completamente plegado.



Rack que contiene el demostrador de monitorización

A la hora de instalar el equipo en una empresa, este se dividirá en dos partes. En primer lugar, se situará el bastidor RACK en una ubicación donde no invada el espacio de los trabajadores. Normalmente estará apartado y cerca de un punto de conexión de 230 V. Por otra parte, se montará un pequeño armario eléctrico con la conexión de todos los sensores. Este armario secundario se montará adosado a la línea/máquina/proceso productivo.

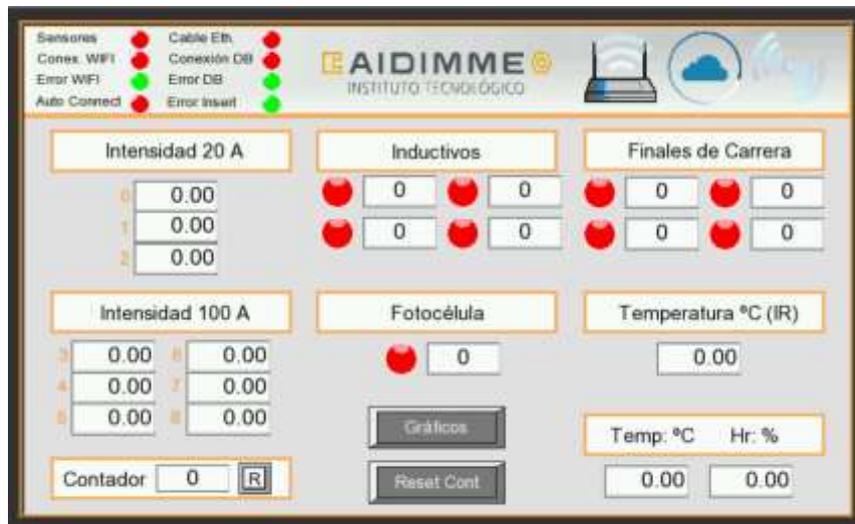
Seguidamente se muestra el aspecto final de cada uno de los elementos que configuran el demostrador.



Servidor tipo Rack + pantalla y teclado



Armario principal: Controlador principal con driver OPC-UA y Base de datos



Pantalla del terminal HMI para control de sensores.

Los sensores que se han incorporado en el sistema, separados en sensores digitales y analógicos, se mencionan seguidamente.

DIGITALES

- 4 finales de carrera Omron D4N
- 4 sensores inductivos Omron PNP con referencia E2AM18KS08M1B1.

- Fotocélula telemecanique XUK1ARCNL2.
- 12 conexiones de relé para capturar señales de máquina

ANALÓGICOS

- 3 transformadores de intensidad 4...20 mA con 20 A de fondo de escala.
- 6 transformadores de intensidad 4...20 mA con 100 A de fondo de escala.
- Anemómetro 4...20 mA.
- Sensor de temperatura y humedad ambiente 4...20 mA.
- Sensor de temperatura por infrarrojos



Sistema de visión artificial y su sistema de iluminación, montados en una empresa



Armario secundario: conexión de sensores.



Demostrador abierto y pantalla TV para visualización de datos, instalado en una empresa



Rack del demostrador instalado en una empresa

- **Automatización de procesos**

Seguidamente se muestran dos imágenes del robot colaborativo montado sobre su base móvil. Esta base se ha diseñado de forma que puede utilizarse con robots OMRON o UR



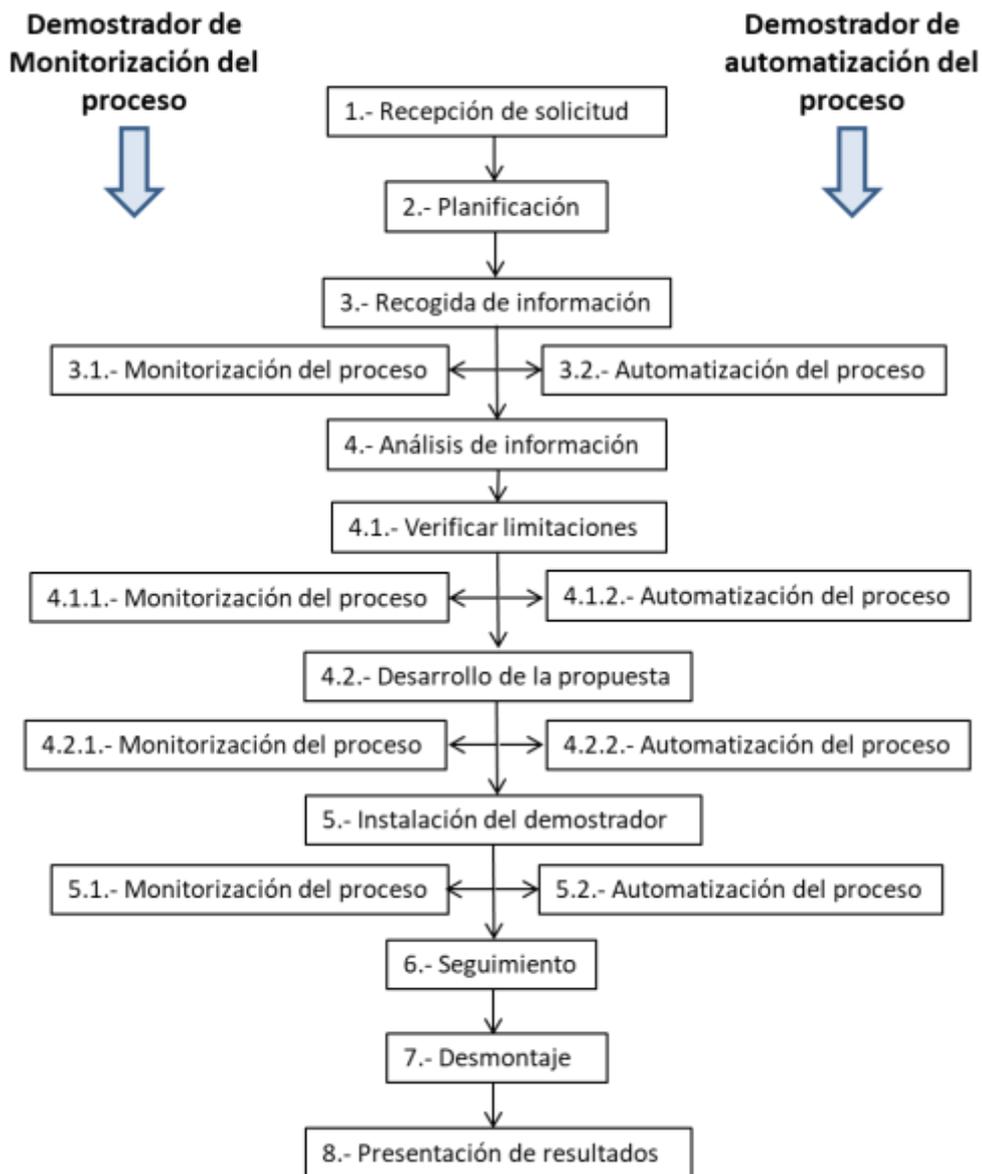
Robot colaborativo OMRON sobre el carro de transporte



Robot colaborativo OMRON sobre el carro de transporte con los sensores láser instalados

METODOLOGÍA DE USO Y ANÁLISIS DE VIABILIDAD

En la siguiente gráfica se muestra flujograma de la metodología diseñada para el uso de los demostradores.



2.2. Diseño y desarrollo de la Plataforma de Fabricación Inteligente (PFI)

Las actividades desarrolladas son tres: la definición de especificaciones de la plataforma demostrativa y su diseño conceptual, el desarrollo físico de la misma a partir de las características definidas y la elaboración de la metodología de uso de la PFI.

De forma resumida se muestran los resultados de estas actividades:

DISEÑO DE LA PLATAFORMA

Seguidamente se detallan las características relevantes de la PFI.

- a- Por un lado el diseño debe cubrir, en la medida de lo posible, los objetivos planteados en el proyecto y por tanto incluir y demostrar las siguientes tecnologías:
 - control de procesos en tiempo real,
 - mantenimiento predictivo,
 - integración de la fabricación aditiva en procesos productivos,
 - realidad aumentada aplicada al mantenimiento,
 - identificación y trazabilidad del producto,
 - comunicación máquina-máquina
 - IIoT (Internet Industrial)
- b- Dado que también debe poderse utilizar para la demostración de software comercial de diferentes proveedores, se debe desarrollar un conjunto de APIs que permitan conectarse a los sistemas de control de la plataforma.
- c- Para dar relevancia a la personalización de producto como factor competitivo clave, debe mostrarse el proceso completo de fabricación de un producto totalmente personalizado, diseñado conjuntamente con los asistentes a la demostración, que en adelante se denominan “clientes”.
- d- Dado que las demostraciones se orientan a los sectores mueble y metalmecánico, en la medida de lo posible los procesos de transformación deben ser similares a los utilizados en ambos sectores.
- e- Se parte de un proceso de fabricación sencillo definido a partir del producto personalizado que se quiere fabricar. El producto es una pieza de tablero, decorada con cualquier imagen que el cliente quiera y con un sistema de soporte seleccionable entre varias opciones. Este producto está compuesto por:
 - una pieza de tablero (máximo 100mmx150mm) a elegir entre varios colores,
 - unas piezas de plástico fabricadas con aditiva para poder colgar o sujetar la pieza de diversas formas
 - la pieza de tablero se grabará mediante láser con la figura que el cliente haya diseñado
 - la pieza se mecanizará dependiendo del tipo de soporte que se haya elegido
 - el montaje lo realizará un robot colaborativo

- el embalaje lo realizará el propio cliente, siguiendo instrucciones dadas mediante RA
 - dado que las piezas de plástico necesitarán tiempo para ser fabricadas, se estandarizan dos o tres configuraciones posible, y se almacenarán piezas de todas las configuraciones.
- f- El proceso de fabricación se realizará en dos líneas: una de mecanizado y otra de montaje. El enlace entre ambas lo realizará un robot móvil.
- g- Las líneas de fabricación son las siguientes:
- I. LINEA DE MECANIZADO. Está compuesto por un pequeño almacén con al menos cuatro ubicaciones en superficie. Cada pieza de tablero está identificada con una etiqueta RFID. Cada pieza debe situarse sobre una cuna/soporte estándar para ser trasladada al resto de procesos. Los procesos sobre la pieza son el grabado de la imagen seleccionada por el usuario y el taladrado de los agujeros necesarios para montar el soporte. La pieza podría retroceder para ubicarse nuevamente en el almacén. Previamente a cada proceso, debe haber un lector de etiquetas RFID de manera que se asegure que el producto que va a ser procesado corresponde con cada pedido.
Sensores externos:
 - Consumo de energía
 - Vibración de la línea completa
 - Temperatura motor taladro
 - II. LINEA DE MONTAJE. Está compuesta por una máquina de fabricación aditiva tipo DLP, un robot colaborativo, una ubicación para control de calidad mediante visión artificial y un puesto de trabajo manual. El control de calidad verifica tanto la imagen grabada como el posicionado de los soportes. El puesto de trabajo debe ser ergonómico, con conectividad y un monitor. Se usará para insertar algún elemento en el producto, montar otro producto o realizar alguna operación asistida por RA. La máquina de FA fabricará tres o cuatro tipos diferentes de piezas de sujeción, y se almacenarán en soportes estándar para facilitar su manipulación. Las piezas son ensambladas por el robot.
Sensores externos:
 - Consumo energía
 - Control de presencia (identificación operario)
 - III. ROBOT DE TRANSPORTE. Se utilizará para trasladar productos entre la línea de mecanizado y la de montaje
 - IV. SISTEMAS DE APOYO
 - Sistemas de aire acondicionado
 - Iluminación
 - Control de calidad del aire

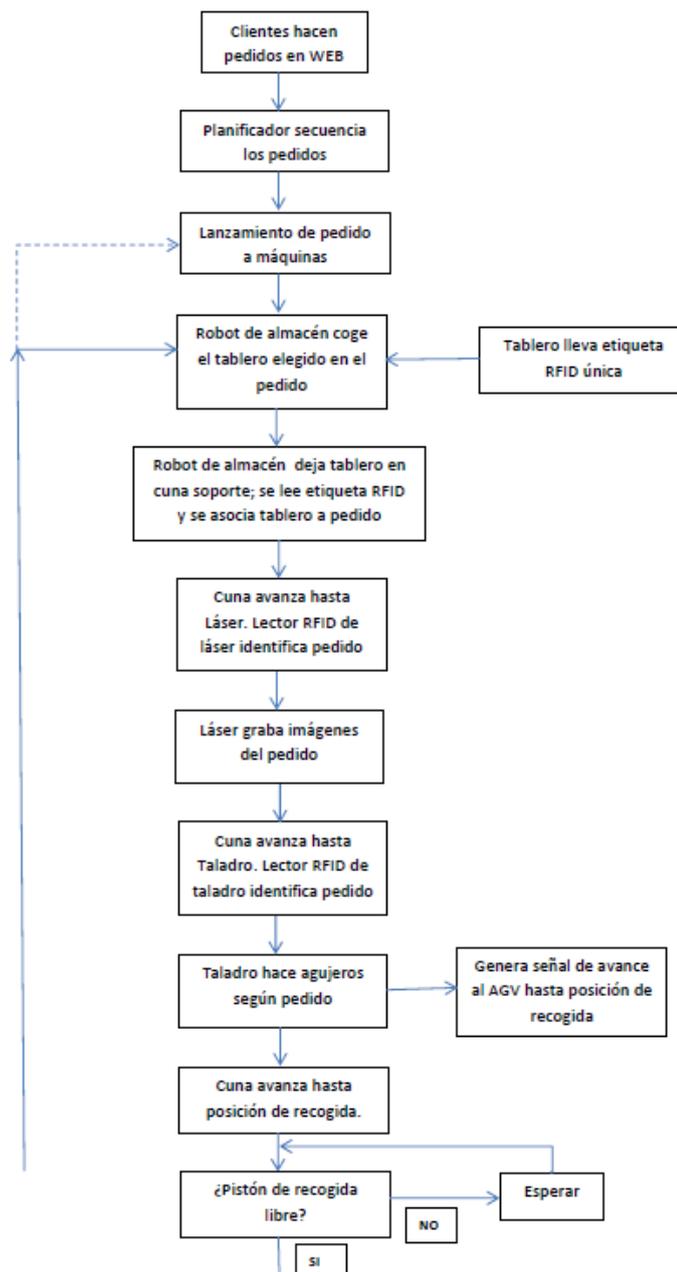
Sensores externos

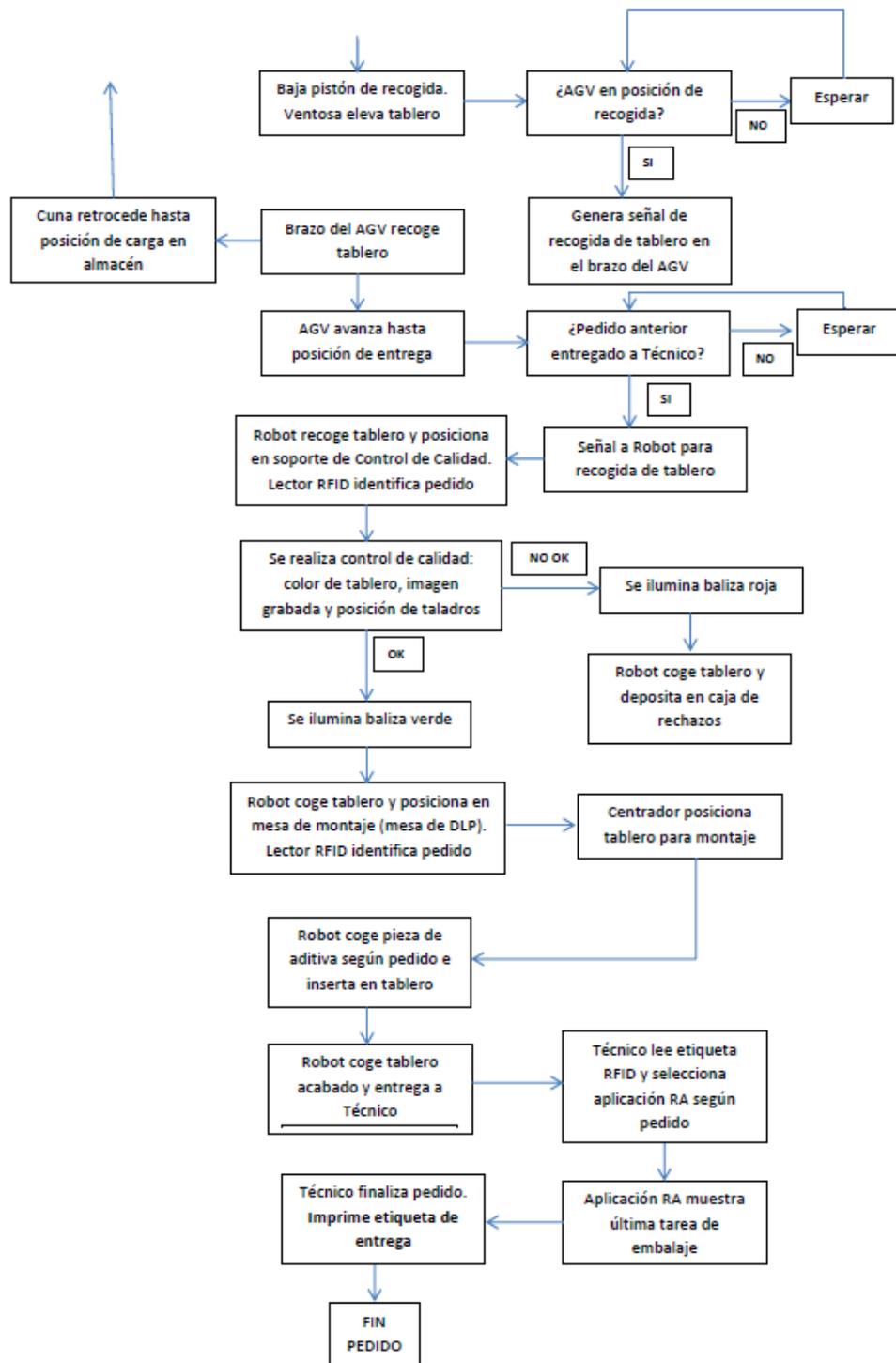
- Temperatura y humedad ambiental
 - Nivel de CO2
 - Consumo eléctrico general
 - Vibración compresor del acondicionador
 - Temperatura motor
 - Sonido motor
- h- El manejo de los módulos o la puesta en marcha del proceso completo sólo podrá hacerse por personal autorizado, de forma que se visualice la existencia de niveles de seguridad en el manejo de máquinas.
- i- La situación del proceso de fabricación, es decir los parámetros relevantes del mismo, serán visualizados por los asistentes a la demostración. Tanto en una pantalla general como mediante conexión a través de sus dispositivos móviles. Esto supone que todos los módulos deben disponer de sensores y elementos de control que permitan conocer el estado del proceso.
- j- La visualización del proceso se realizará también a través de una plataforma cloud, donde se mostrarán los indicadores básicos del proceso.
- k- En las demostraciones se debe reflejar la actividad de mantenimiento. Se mostrará el apoyo al mantenimiento mediante software de realidad aumentada.
- l- Se debe mostrar la coordinación directa entre máquinas y sistema de gestión, sin necesidad de que exista un control centralizado.
- m- Se debe mostrar la planificación de la producción.
- n- A nivel de software, se dispondrá de los siguientes elementos:
- 1- Plataforma Cloud. En esta plataforma se podrá visualizar:
 - Datos de todos los sensores de la línea
 - Situación del pedido: Identificación del pedido, procesos finalizados, en curso y pendientes
 - 2- Plataforma de control. En esta plataforma se gestionará:
 - Comunicación con máquinas
 - Web de carga de pedidos, a partir de las configuraciones y personalizaciones posibles
 - Planificación de producción, a partir de los pedidos pendientes
 - Avance y control del proceso (estado de máquinas incluyendo almacén y servicios)
 - 3- Plataforma de RA
 - Instrucciones de trabajo
 - Visualización de variables de proceso

4- Capa de enlace con aplicaciones externas

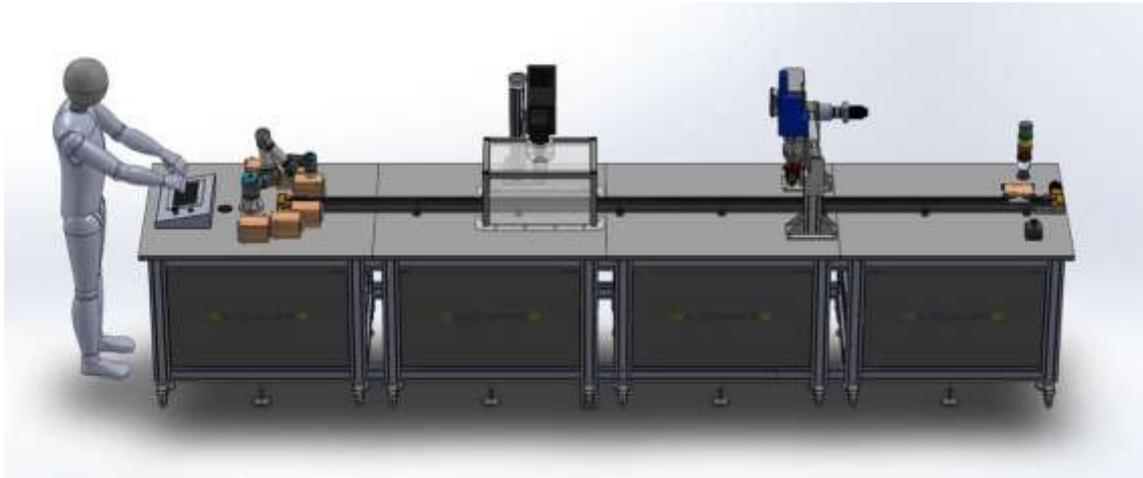
- API para conexión con ERP
- API para conexión con MES
- APIs para conexión con máquinas

Seguidamente se describe el esquema del proceso de fabricación en la Plataforma.





Seguidamente se muestra el diseño de las dos líneas que configuran la PFI.



Esquema 3D de la línea de mecanizado



Vista en perspectiva de la Línea 2 de la PFI

DESARROLLO DE LA PLATAFORMA

Los módulos construidos son los siguientes:

- Módulo de almacén inteligente, compuesto por un robot colaborativo UR3 y seis posiciones de almacenaje.
- Módulo de grabado láser
- Módulo de mecanizado: taladro CNC
- Almacén de piezas de fabricación aditiva
- Módulo de montaje, formado por un robot colaborativo OMRON TM400
- Módulo de control de calidad mediante un sistema de visión artificial.
- Módulo de embalaje
- Controlador general de la línea y sistema de control de movimiento.
- Sensores de medición de parámetros.
- Instalación neumática.
- HMI de control.
- Armario eléctrico principal donde se alimenta a todos los equipos y donde se ejecutan todas las comunicaciones.
- Robot móvil de transporte (AGV)
- Software de control y gestión

Dado que los detalles pueden encontrarse en el entregable indicado, a continuación se mostrarán algunas imágenes del aspecto de la línea tal y como ha quedado finalmente y de algunos módulos.



Línea - Mecanizado



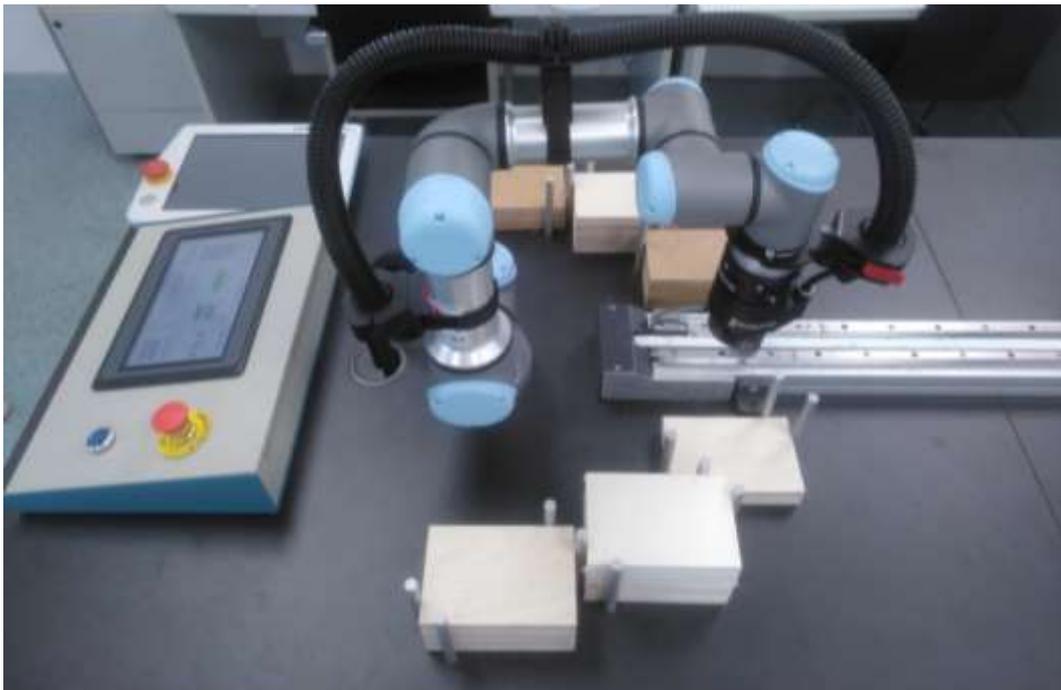
Línea – Montaje y embalaje

Productos PLASMA - Plataforma de Fabricación Inteligente

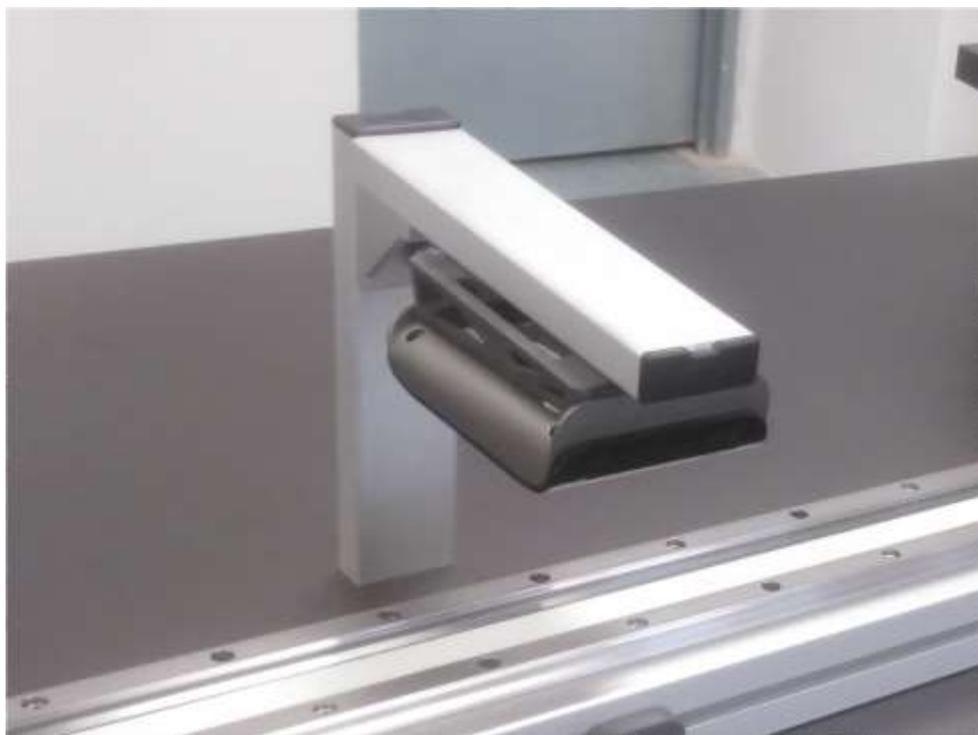
<p>Apaisado - Apoyado</p> 	<p>Retrato - Apoyado</p> 
<p>Apaisado - Colgado</p> 	<p>Retrato - Colgado</p> 
<p>Apaisado - Pie</p> 	<p>Retrato - Pie</p> 
<p>Materiales</p> 	<p>SCAN ME</p> 



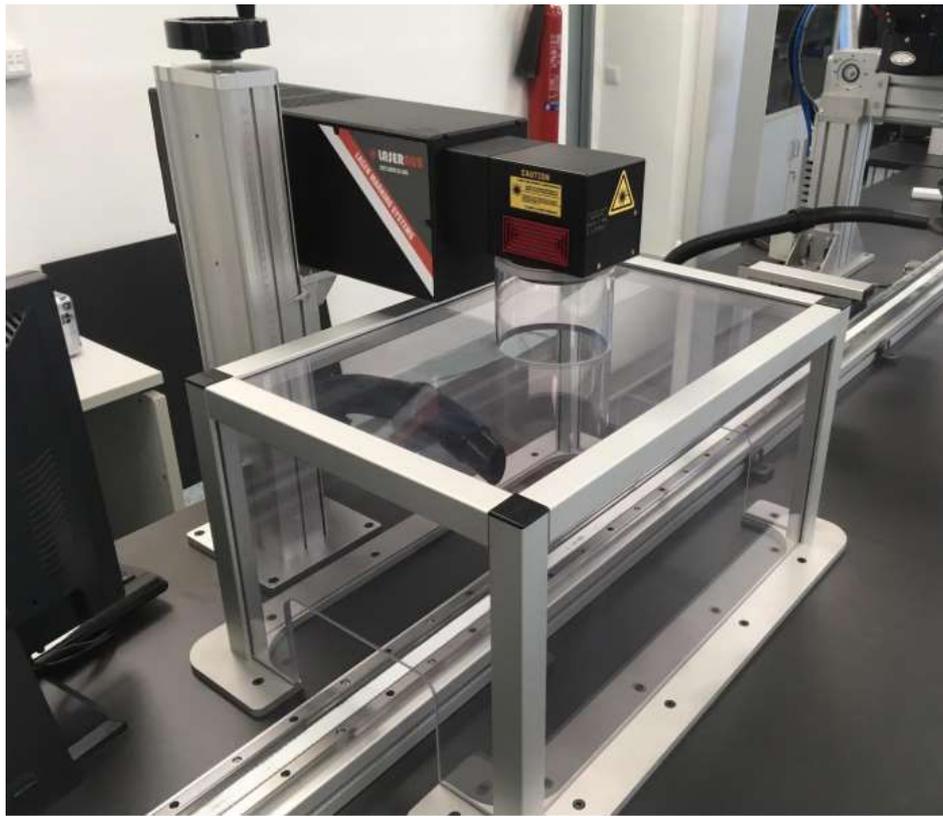
Catálogo de producto a fabricar



Inicio de línea. Almacén automatizado



Lector RFID situado entre las diferentes etapas de la Línea 1 de la PFI



Sistema Láser



Taladro CNC



Sistema de iluminación y visión en fase de pruebas



Zona de montaje con robot OMRON TM5



Módulo de la estación embalaje final del producto de la Línea 2 de la PFI

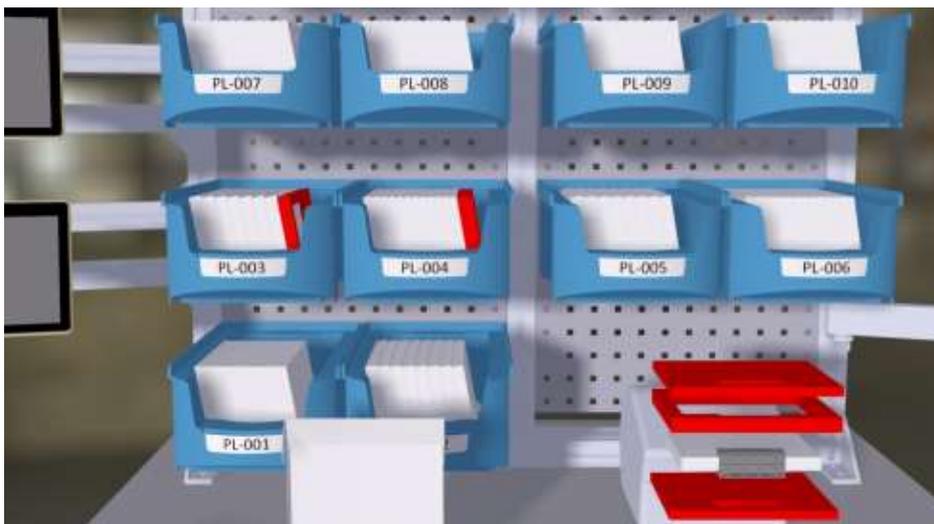


Imagen renderizada de la estación de embalaje final de la Línea 2 de la PFI. Producto fabricado por la línea, caja de embalaje, y placas de embalaje, marcadas para identificación mediante instrucciones dadas por RA



Sensor de CO2 instalado en la línea para medición de condiciones ambientales



AGV Kobuki Turtlebot.

Software de gestión, control y visualización

El sistema dispone de varios servidores que se tendrán que comunicar entre sí. Existe una web de la plataforma desde la que se deben de poder realizar los pedidos, personalizarlos, gestionarlos y comprobar sus estados. Está el PC del láser, que se encarga de controlar el sistema láser. Tenemos el servidor del sistema de control que debe de controlar, recibir y enviar datos al resto de elementos. Además, tenemos el PLC, que será accesible vía OPCUA y que será el encargado de controlar a bajo nivel el resto de elementos de la línea.

La comunicación del sistema de control de la línea con el resto de servidores la haremos de la siguiente manera:

- Con la web de la plataforma: la comunicación principal se hará a través de la base de datos. Dentro del servidor de la web se utiliza una base de datos MySQL que es accesible también desde el sistema de control de la línea. Existirán tablas de uso

exclusivo de cada uno de los sistemas y tablas de uso compartido y de comunicación. Además de estos datos hay otros elementos que se deben de compartir, como las imágenes para personalizar el marcado láser de las tablillas, que deberá de ser accesible por parte del sistema de control, para eso se utilizará una carpeta compartida entre la web de la plataforma y el sistema de control.

- Con el PC Láser, como se ha visto en los puntos anteriores, la comunicación se hará vía TCP. Para la compartición de los ficheros de las imágenes, que el sistema de control de la línea ha adaptado a las características del pedido se utilizará otra carpeta compartida.
- Con el PLC la comunicación se realizará mediante variables OPCUA que tendrá visibles y públicas el PLC, de manera que pueda consultar y modificar el sistema de control, permitiendo este protocolo que se puedan monitorizar de manera sencilla.

Los detalles del software de control de la línea desarrollado y los sistemas de comunicación interna y con elementos externos se recogen en el Entregable 2.2.

Además, se ha desarrollado un software que actúa de controlador central a efectos de gestionar los pedidos que se realicen durante las demostraciones. Este sistema es capaz de:

1. Ser fácilmente accesible a los visitantes de modo que estos puedan **realizar pedidos**.
2. **Organizar los pedidos** que recibe la línea dando prioridad a los marcados como urgente.
3. Mostrar la **visualización de la ejecución** en tiempo real.
4. Mostrar el resultado del **control de calidad**.
5. Permitir al operario de embalado recibir información y **reportar su trabajo**.
6. **Generar imágenes** para la realidad aumentada.
7. Albergar una **interfaz agradable y fácil de usar**.
8. Recibir los datos de **sensores y lectores** de rfid.
9. **Imprimir etiquetas**.
10. Comunicarse con las plataformas de **Globaltech e Innoarea**.

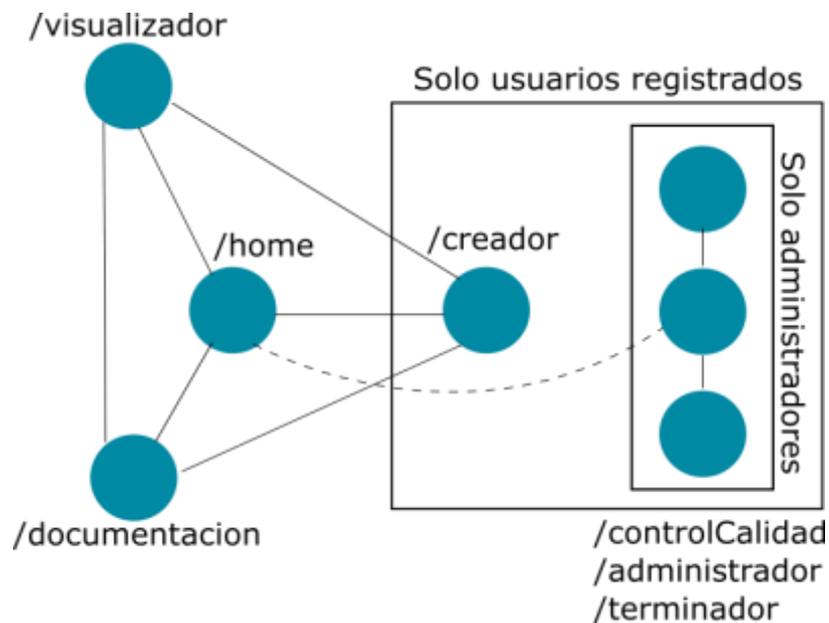
Vistas las necesidades del sistema, éste va a tener que estar en ejecución en distintos sistemas a la vez, por lo que se va a configurar un sistema distribuido. Para hacerlo más accesible se utiliza un sistema web, para lo cual existen distintos lenguajes de programación como Java, PHP, Python o C# entre otros, la mayoría apoyados por potentes Frameworks que facilitan el desarrollo y la seguridad.

En este caso se utiliza un conocido framework de PHP: Laravel en su versión 6.12

El frontend de la aplicación se basa en Javascript, aunque se utilizan las siguientes librerías de apoyo:

1. JQuery
2. Datatables
3. Google charts
4. Bootstrap (JS y CSS)

Interfaz de la aplicación web

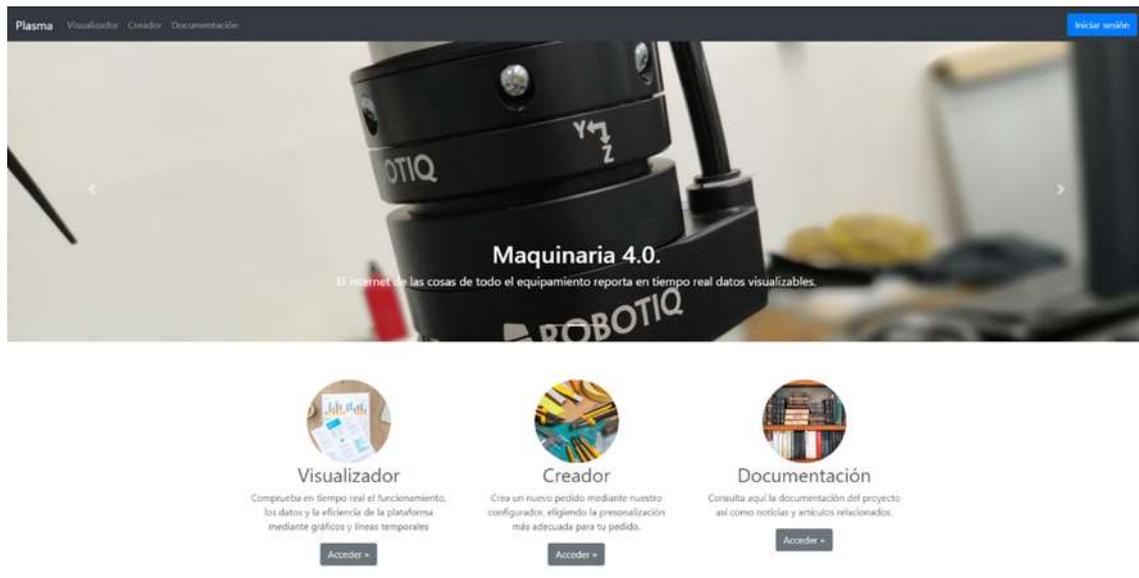


Se muestra a continuación el mapa de las distintas vistas de la aplicación web desarrollada:

Explorando estas vistas:

1. /home

Esta vista contiene la presentación del proyecto y da la bienvenida a la aplicación como se muestra en la siguiente imagen:



Esta vista está compuesta de las siguientes secciones:

1. Carrusel de imágenes
2. Redirección a /visualizador, /creador y /documentación
3. Presentación de aspectos clave del proyecto
4. Equipo
5. Financiación

A través de la barra de navegación se consigue la movilidad a las secciones /visualizador, /creador, /documentación, /administrador y a la pantalla de login.

2. /documentación

Contiene enlaces a documentos relacionados con el proyecto:

Documentación del proyecto

Aplicaciones de lijado con robots colaborativos. Proyecto PLASMA

El pasado mes de septiembre se iniciaron las demostraciones de tecnologías Industria 4.0 en el marco del proyecto PLASMA, financiado...

[Visitar artículo >>](#)

¿Cómo se puede evaluar la rentabilidad de una inversión en Industria 4.0?

Cuando una empresa manufacturera se plantea avanzar en la digitalización de sus procesos, por ejemplo mediante el control...

[Visitar artículo >>](#)

Desarrollo de plataformas demostradoras de tecnologías para la Fábrica Inteligente

El uso de demostradores por Centros Tecnológicos e incluso por cierto tipo de empresas tecnológicas es práctica habitual...

[Visitar artículo >>](#)

PLASMA - DESARROLLO DE PLATAFORMAS DEMOSTRADORAS DE TECNOLOGÍAS PARA LA FÁBRICA INTELIGENTE

El proyecto consiste en el diseño, desarrollo y aplicación de células demostrativas de algunas de las tecnologías integradas...

[Visitar artículo >>](#)

3. /visualizador

Esta vista permite a los usuarios ver un gráfico en tiempo real de la ejecución:



Esta vista utiliza principalmente Google charts para mostrar el funcionamiento de la línea. En particular, se utiliza timeline para mostrar el avance en tiempo real. Para ello, un proceso en Javascript manda de manera periódica una petición AJAX al backend para mantenerse al corriente de todos los cambios en la línea.

En la parte inferior se pueden ver los pedidos que ya han sido procesados, los que están en cola y una tabla que muestra estadísticas en tiempo real y permite acceder a datos históricos.

4. /creador

Esta vista permite crear un nuevo pedido, un formulario HTML pide de forma progresiva los datos de configuración del pedido al usuario, tras introducir cada dato javascript permitirá el acceso al campo siguiente del formulario, a la vez que genera una previsualización del pedido con los datos que se tienen hasta el momento.

Nuevo pedido

1. Acabado

2. Alineación

3. Soporte

4. Imagen IMG_20160312_161746.jpg

5. Texto a grabar

6. Urgencia
 Pedido urgente

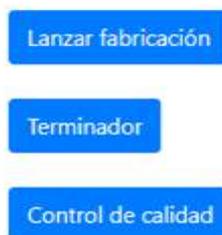


Al pulsar 'Hacer pedido' se enviará el formulario al Backend y este generará un pedido nuevo que se pondrá en modo espera hasta que un administrador autorice su producción.

5. /administrador

Esta vista, a la que únicamente pueden acceder los administradores, permite mandar a funcionar los pedidos que están en espera y acceder a las otras dos vistas exclusivas para administradores: control de calidad y terminador:

Panel de control



6. /terminador

Esta vista está destinada a ejecutarse en una de las Tablet de embalaje, y se ocupa de dar información al operario de los productos que tiene a su disposición y de permitirle marcar el

producto como terminado. Al realizar este marcaje el pedido desaparecerá de la línea de tiempo y se añadirá a los terminados.

Search:

Pedido ▲	Material ▼	Soporte ▼	Alineación ▼	Texto ▼	Finalizar ▼
1	Pino	Colgado	Apaisado	asdf	<button>Finalizar</button>
2	Pino	Colgado	Apaisado	adsf	<button>Finalizar</button>

Showing 1 to 2 of 2 entries

Esta vista se vale de datatables para dar el aspecto a la tabla además de añadir interactividad.

Existe un proceso asíncrono JS que está actualizando la tabla mediante AJAX de modo que cuando un pedido completa la fase anterior, se incluye automáticamente. Al pulsar finalizar, una petición AJAX cambiará el pedido a terminado eliminándolo así de la tabla.

7. /controlCalidad

La última vista está destinada a ejecutarse en la Tablet del control de Calidad, su misión es únicamente informar del resultado de la inspección realizada a un pedido. Para esto utiliza AJAX para monitorear una tabla y mostrar los resultados:

Información del pedido

Pedido 1	Plasma	Pino	Apaisado	Colgado	2020-03-12 13:00:00
----------	--------	------	----------	---------	------------------------

Correcto

Al tratarse de una aplicación distribuida, el sistema es accesible desde cualquier dispositivo, incluyendo tablets o dispositivos móviles que puedan portar los visitantes. Esto garantiza la accesibilidad a todo el mundo, además, permite la visualización desde pantalla SmartTV.

El backend se vale de PHP para organizar los pedidos entrantes mediante una política FIFO (*First in First Out*) con la excepción de que pueden ser marcados como urgentes y se salta a los previamente introducidos que no hayan sido marcados de esta forma.

La vista /visualizador se vale de las gráficas de la librería Google Charts para realizar esta función, además de permitir el acceso a datos históricos.

El backend de PHP utiliza la librería PHP GD para generar una visualización previa del pedido y guardarla en el servidor, de modo que pueda ser accedida por los proveedores de realidad aumentada.

La tecnología web es de dominio público y se utiliza un modelo estándar como HTML5 lo que hace que el usuario ya esté familiarizado y le resulte intuitivo el aprendizaje de la aplicación.

Mediante CSS y Bootstrap se muestran de forma agradables los elementos utilizando diseños responsive asegurando la consistencia de la aplicación independientemente del dispositivo o pantalla en el que se utilice.

La aplicación se vale de AJAX para mantener todos los registros de sensores y lectores actualizados, ofreciendo así una experiencia de tiempo real permitiendo la monitorización de variables simples y calculadas.

El sistema se vale de la línea de comandos del servidor para comunicarse con una impresora de etiquetas, generando de forma completamente automática una imagen con un código bidi y la información pertinente del pedido.

El sistema utiliza una API para comunicarse con Innoarea y Globaltech, manteniendo estas plataformas en sincronía estableciendo un canal de comunicaciones.

Plataforma cloud

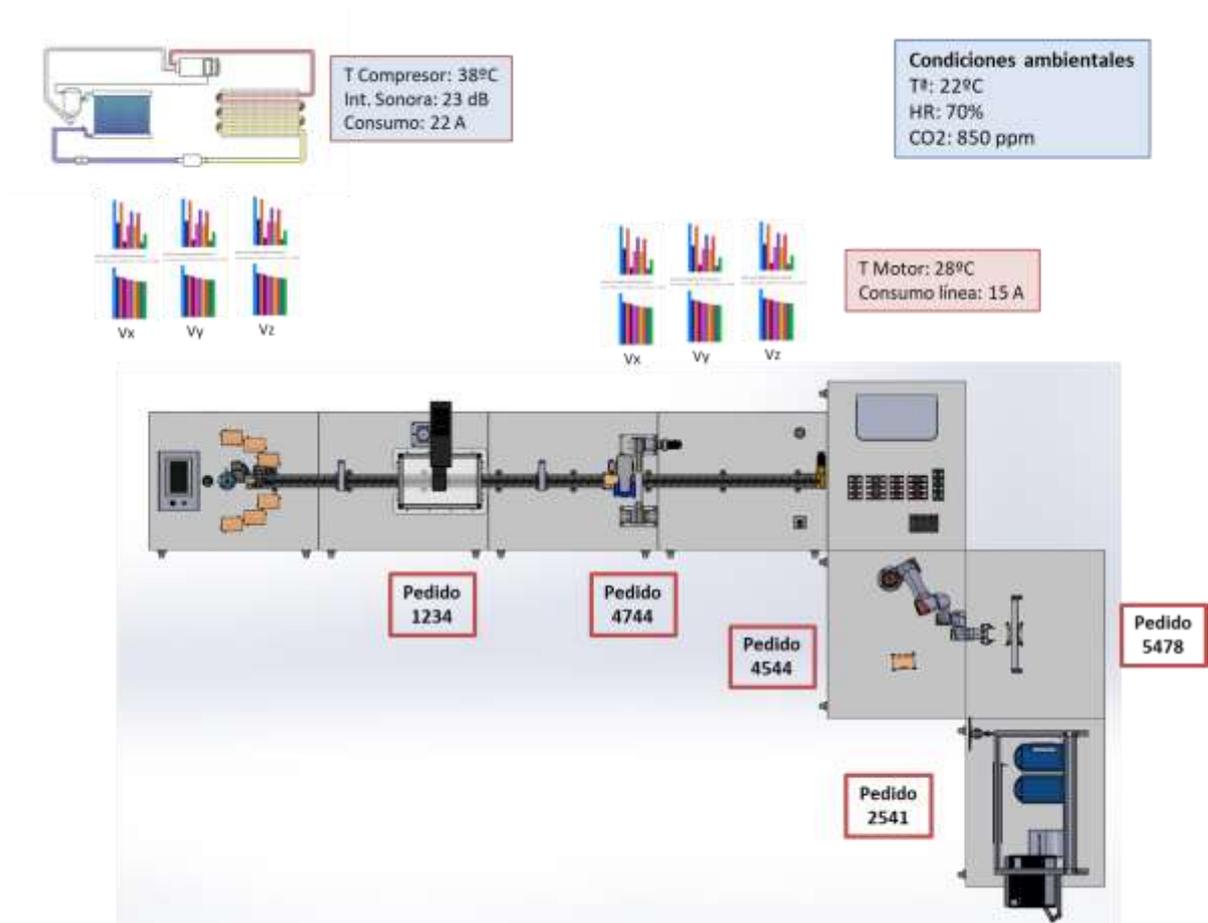
Para demostrar la versatilidad y utilidad que tienen las plataformas ubicadas en la nube a efectos de controlar e interactuar con procesos de fabricación, en la PFI se utiliza una plataforma IoT de propósito general desarrollada por la empresa GLOBALTECH TECHNOLOGIES.

Esta plataforma permite configurar un sistema similar a un SCADA, recibiendo los datos que se requiera desde una línea de fabricación, y presentándolos en cualquier dispositivo conectado a Internet. En este caso se ha decidido mostrar varios tipos de datos ejemplificando la versatilidad y posibilidades de este tipo de plataformas.

Concretamente, sobre un esquema de la PFI incluyendo los equipos auxiliares, se visualizan:

- Situación de los pedidos que se están procesando en la PFI
- Datos del equipo auxiliar de aire acondicionado, sensorizado para controlar su funcionamiento
- Datos de funcionamiento de la PFI, medidos por sensores externos
- Datos ambientales en la sala de demostración
- Evolución del funcionamiento del equipo auxiliar y la PFI (gráficos con el histórico de datos).

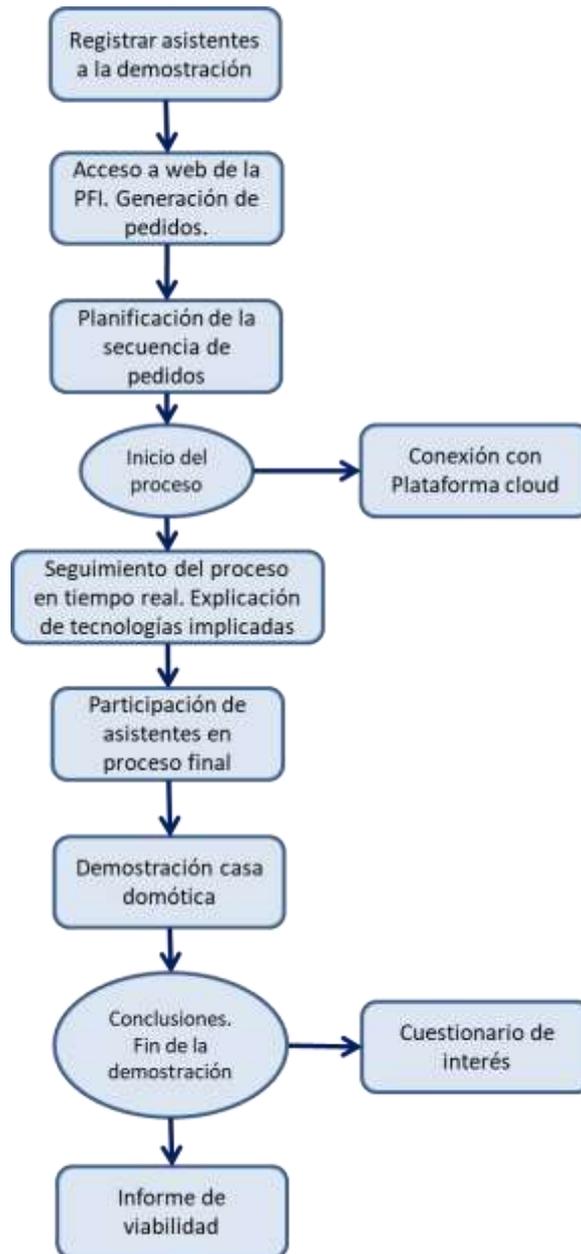
El aspecto de la plataforma se muestra en la figura siguiente.



Plataforma cloud para control de procesos

METODOLOGÍA DE USO

En la siguiente gráfica se muestra el flujo de la metodología diseñada para el uso de la plataforma de fabricación inteligente (PFI).



3. Realización de pilotos demostrativos

3.1. Demostraciones con las células de monitorización y automatización

De forma resumida se muestran los resultados de estas actividades:

PLANIFICACIÓN DE LAS DEMOSTRACIONES

La previsión inicial en cuanto al tiempo requerido para realizar las demostraciones era la siguiente:

Demostrador de monitorización de procesos:

- Análisis del proceso y de las necesidades de la empresa: 1 jornada
- Instalación del demostrador y pruebas de funcionamiento: 4 jornadas
- Desarrollo de la demostración (recogida de datos): 3 semanas
- Informe de conclusiones y análisis de viabilidad: 2 jornadas

Demostrador de automatización de procesos:

- Análisis del proceso y de las necesidades de la empresa: 1 jornada
- Desarrollo o adquisición del utillaje necesario: 1 semana
- Programación del robot y pruebas de concepto en las instalaciones de AIDIMME: 1 semana
- Instalación del robot y desarrollo de la demostración: 3 jornadas
- Informe de conclusiones y análisis de viabilidad: 2 jornadas

Es decir que inicialmente la planificación se realizó para que las demostraciones de monitorización en cada empresa se prolongasen durante un mes, y las de robótica colaborativa tres semanas.

Un primer problema que se encontró fue que las empresas que inicialmente iban a colaborar, por diversas razones declinaron su participación excepto una. En cualquier caso se iba a realizar una convocatoria abierta para que pudiese participar cualquier empresa interesada, y así se hizo. Sin embargo la respuesta no fue inmediata por lo que no se contó desde el principio con todos los participantes.

Las empresas que manifestaron interés y que en principio se consideró que podrían ser atendidas en el periodo de duración del proyecto fueron:

Demostrador de monitorización:

- MICUNA
- REUNIÓN INDUSTRIAL
- COLCHÓN STAR
- INDUSTRIAL JAIME

Demostrador de automatización (robótica colaborativa):

- MICUNA
- ISTOBAL
- OBEIKAN
- ROYO SPAIN
- INLEMAR
- ROTOTANK
- RASAN

La planificación definitiva difiere sustancialmente de la inicialmente prevista por tres razones principalmente:

- Disponibilidad de las empresas. Por motivos internos, cada empresa tenía preferencias en cuanto a fechas de realización de las instalaciones. En la medida en que se podía realizar tareas fuera de sus instalaciones, se acomodaba el calendario a sus prioridades.
- Duración de las demostraciones. Inicialmente se había previsto que el desarrollo de las pruebas se podía hacer en cuatro semanas en el caso del demostrador de monitorización, y de tres semanas en el demostrador de automatización. La realidad ha sido bastante diferente por diversos motivos:
 - o Curva de aprendizaje en la instalación. Las primeras instalaciones han consumido mucho mayor tiempo del inicialmente previsto
 - o Disponibilidad del personal de la empresa. Es imprescindible contar con personal de mantenimiento de las empresas para poder realizar las instalaciones, tanto en el montaje como en el desmontaje del demostrador. Este personal suele estar muy cargado de trabajo urgente, por lo que no es fácil encontrar el apoyo necesario
 - o Ajustes en el funcionamiento del demostrador. Una vez instalado, en cada empresa se requiere realizar pruebas e ir ajustando el funcionamiento hasta que la información recogida se estabilice. A menudo se requiere la colaboración del personal que trabaja en el proceso, lo cual no siempre es posible. En otras ocasiones ha sido necesario modificar las aplicaciones software de desarrollo propio para adaptarlas a las necesidades de cada empresa.
- Necesidad de adquisición de utillaje o materiales (sensores, conectores, etc) especiales para cada instalación. Dado que se pretende abarcar un amplio abanico de empresas, cada instalación ha sido completamente diferente, y por tanto se necesitaban algunos elementos específicos dependiendo del proceso.
- Declaración del estado de alarma el 14 de marzo, lo cual obliga a detener las demostraciones en curso y retrasar las previstas hasta nuevo aviso.

Por temas de confidencialidad no se incluye ningún resultado específico de las demostraciones realizadas en las empresas.

LECCIONES APRENDIDAS

Los problemas aparecidos generan demoras en las demostraciones, de ahí las desviaciones respecto a las planificaciones iniciales. Independientemente del retraso, las incidencias se pueden clasificar en varios grupos:

Problemas relacionados con la dedicación/implicación del personal de las empresas.

- Aunque las empresas normalmente priorizarán sus necesidades productivas y de gestión, previamente a la incorporación de cualquier tecnología se debe establecer con mucha claridad cuáles van a ser sus exigencias en cuanto a dedicación de recursos humanos. Se debe aclarar y explicar quién es imprescindible que participe en el proyecto de implantación, su carga de trabajo y las tareas que debe acometer. Aunque todo esto se explicaba de forma general al inicio, no se concretaba ni se documentaba para que quedase muy claro.
- Otra buena práctica es establecer una planificación con holguras, ya que es muy complicado que se pueda simultanear el día a día de la empresa con la instalación de una nueva tecnología.
- Hay dos departamentos que son especialmente críticos: mantenimiento e informática. El proyecto de implantación se debe plantear para que su intervención sea la mínima posible, para lo cual se debe estudiar muy bien las tareas en las que intervienen, y reducir su participación al mínimo posible. Se debe aplicar una técnica similar al SMED y diferenciar tareas que se pueden hacer externamente y las que obligatoriamente tiene que hacer internamente.
- Respecto al personal de línea que debe reportar incidencias y debe implicarse obligatoriamente, cabe dos planteamientos: automatizar este reporte de incidencias para que no sea el personal quien reporte, o motivar su participación de forma más directa, contando siempre con el apoyo del responsable de producción.

Problemas relacionados con las prestaciones/funcionalidades de la tecnología

- Para evitar problemas técnicos y demoras innecesarias, se debe ser exhaustivo en la definición del problema a abordar. No basta con una definición conceptual de las necesidades de la empresa sino que se debe descender al detalle al definir las especificaciones de funcionamiento, especialmente en los proyectos de automatización. Los resultados del proceso deben estar muy bien definidos en caso de que no existan estándares de trabajo identificados, especialmente en operaciones que implican transformación de producto. Igualmente hay que definir con precisión los entornos de trabajo y los elementos auxiliares a utilizar: ubicación, tomas de energía y otros suministros, iluminación, espacios de trabajo necesarios, elementos de soporte y fijación, accesibilidad, etc.
- Descripción detallada de las capacidades de la tecnología. Para evitar crear falsas expectativas en las empresas, se debe definir con detalle las posibilidades reales (en la situación inicial) de las tecnologías que se van a implantar. Si existen incertidumbres se deben despejar antes de realizar cualquier propuesta, o bien requerirán un análisis en profundidad antes de garantizar su funcionamiento. Si es

posible personalizar la tecnología o alguna parte de ella, hay que valorar las implicaciones temporales y económicas de dicha personalización previamente a ofrecerla.

3.2. Demostraciones con la Plataforma de Fabricación Inteligente

De forma resumida se muestran los resultados de estas actividades:

PLANIFICACIÓN DE LAS DEMOSTRACIONES

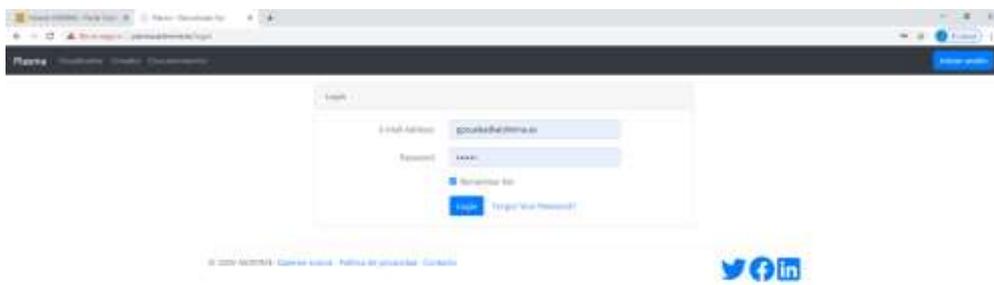
Inicialmente se había previsto realizar la presentación y la primera tanda de demostraciones en la semana del 23 al 27 de marzo, en horario de mañana y de tarde, para lo cual se había preparado una invitación de asistencia a cualquier día de la semana, previa confirmación por parte de los interesados. Cada día se plantean tres turnos:

- 9h a 11h
- 11,30h a 13,30h
- 16h a 18h

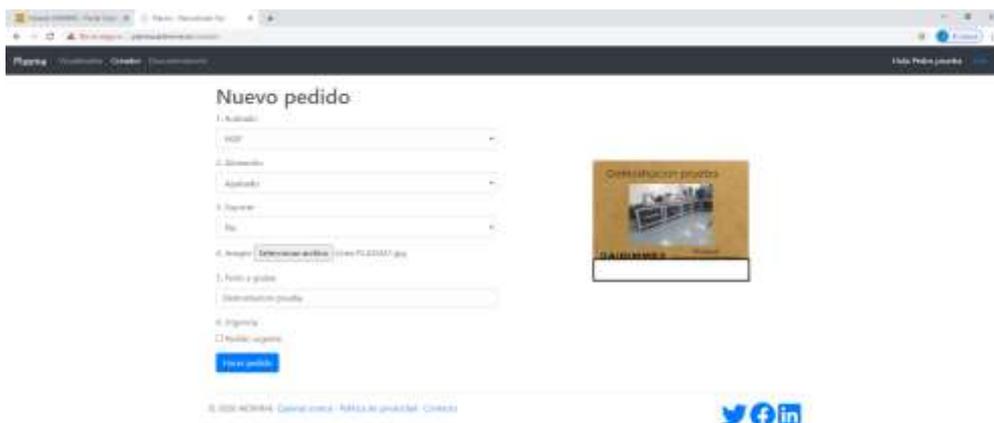
La secuencia prevista para las demos es la siguiente:

- Se realiza una presentación general de la PFI, realizando una introducción al proyecto PLASMA incluyendo tanto los objetivos de la PFI como de los demostradores portátiles que se han desarrollado.
- Se explican con detalle los diversos componentes de la PFI, su función, y su aplicación en la industria, a partir de la explicación detallada del proceso que se va a desarrollar:
 - Configurador para la personalización de pedidos
 - Planificación y seguimiento de cada pedido
 - Indicadores de proceso
 - Integración de software de gestión con el control directo de procesos de fabricación.
 - Plataforma cloud para el seguimiento de pedidos y funcionamiento de la línea
 - Sensorización de procesos
 - Automatización de operaciones (almacén y montaje)

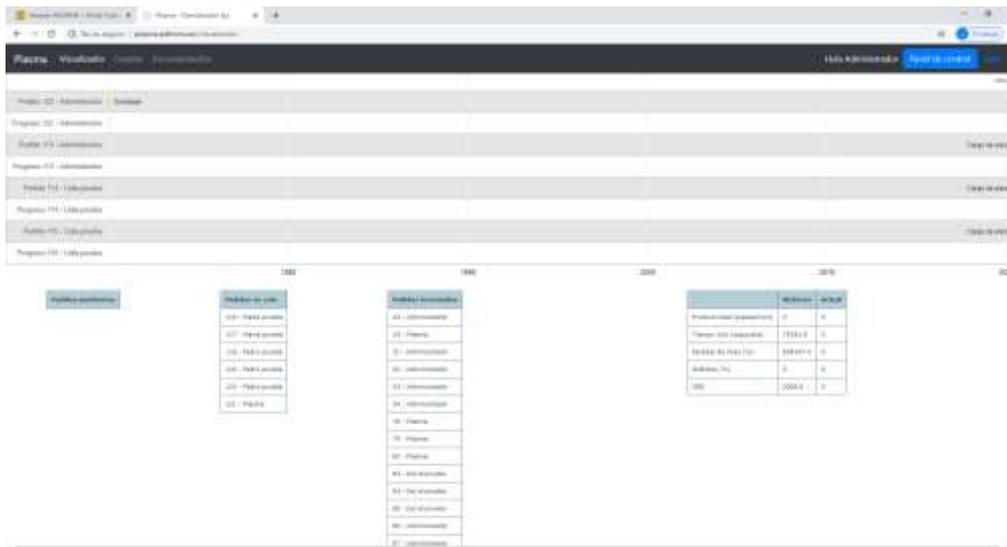
- Identificación y trazabilidad
 - Integración de la fabricación aditiva en procesos
 - Inspección mediante visión artificial
 - Realidad aumentada para apoyar operaciones de mantenimiento y producción
- Los asistentes a las demostraciones, tras confirmar asistencia, ya disponen de un registro previo en la Plataforma, con el cual ya pueden cargar pedidos.



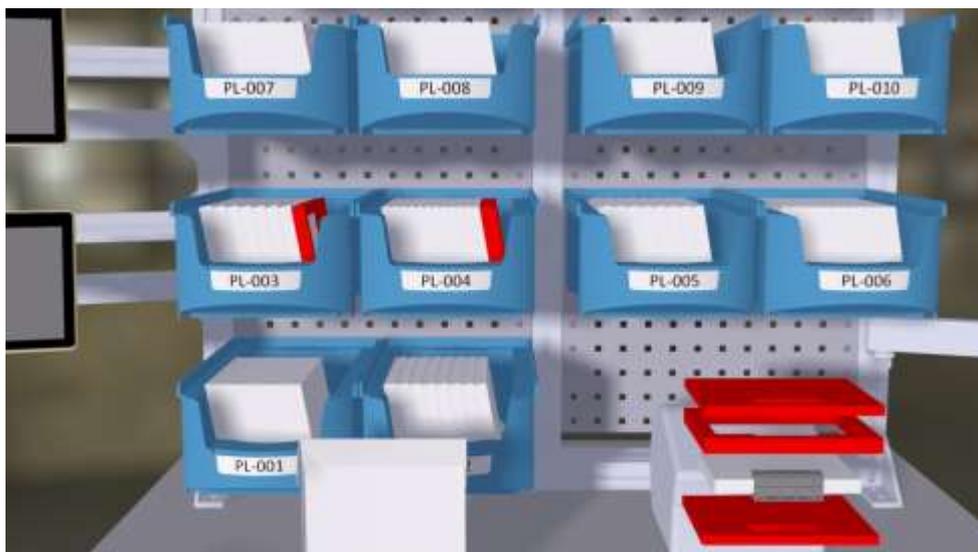
- Una vez en la web del proyecto, una persona por empresa configura su propio pedido:



- Una vez están cargados todos los pedidos, se realiza el lanzamiento de los mismos para comenzar su fabricación secuencial.

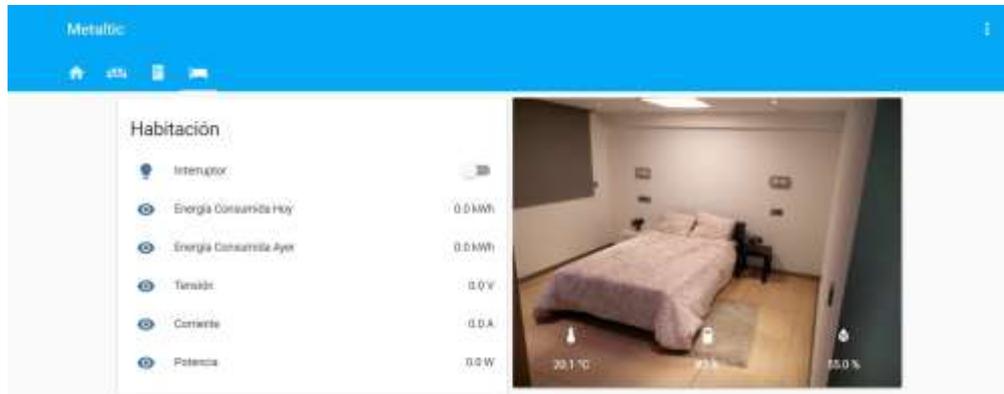


- Una vez comienza la fabricación secuencial de los pedidos, se explica con detalle el proceso que sigue el primer pedido. El asistente que ha lanzado el pedido se coloca las gafas de RA para poder ver cómo cambian las variables de cada línea de fabricación y, cuando el pedido finalice el proceso de montaje, poder seguir las instrucciones de embalaje mediante RA.



- Todos los asistentes a la demostración podrán experimentar con las gafas de RA para apreciar el modo de funcionamiento de esta tecnología aplicada al aprendizaje de procesos.
- Seguidamente se podrá “ver” la PFI en modo virtual mediante las gafas de RV, aunque en este caso la interacción se limita a cambiar la perspectiva de visionado.
- Finalmente se procede a la conexión con el demostrador “MetalTIC Hogar Digital” de FEMPA, con la finalidad de monitorizar y controlar el funcionamiento de los servicios instalados en él. Para ello, se ha modelado una plataforma de paneles accesibles de forma remota, mostrando indicadores, variables y eventos que se

están produciendo o que se hayan producido en la instalación, así como la interacción básica con distintos equipamientos de la vivienda.



Cada asistente se llevaría el pedido realizado debidamente embalado y etiquetado.

No ha podido desarrollarse ninguna demostración por la declaración del estado de alarma, por lo que se han pospuesto las demostraciones hasta el mes de septiembre al menos.

DESARROLLO DE LAS DEMOSTRACIONES

Como se ha indicado, las demostraciones estaban planificadas para la última semana de marzo, y tuvieron que ser canceladas debido al estado de alarma.

En cualquier caso, aunque no se han podido hacer las demostraciones previstas, se han realizado las pruebas previas necesarias para garantizar el funcionamiento correcto de la PFI durante las demostraciones, verificando que el guion previsto se podía ejecutar sin problemas.

Se realizaron numerosas pruebas en las que se detectaron diversos problemas de software, funcionamiento incorrecto de algún equipo, problemas de comunicación entre equipos, errores de interpretación de las especificaciones, etc.

Seguidamente se muestran algunas imágenes que se capturaron durante las pruebas preparatorias de las demostraciones.

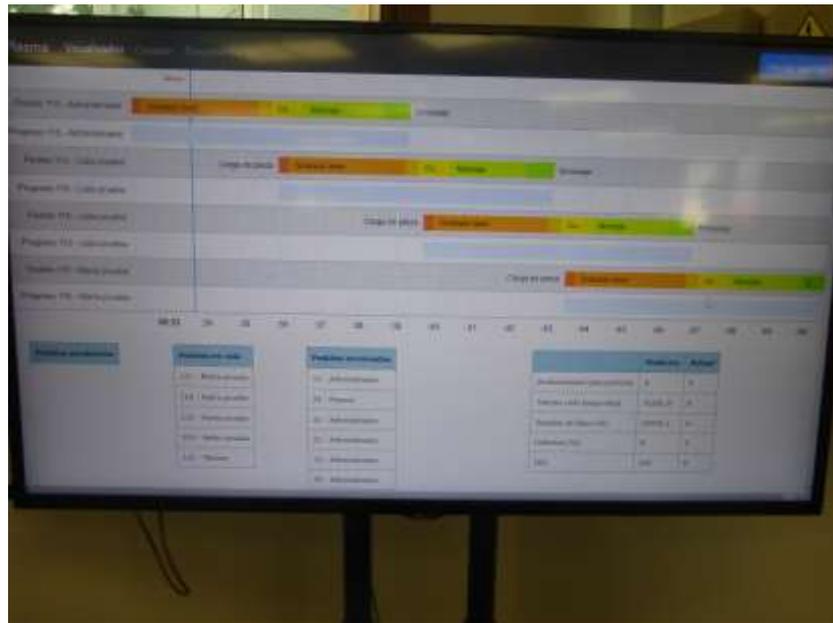


Figura 1- Planificador de los pedidos lanzados

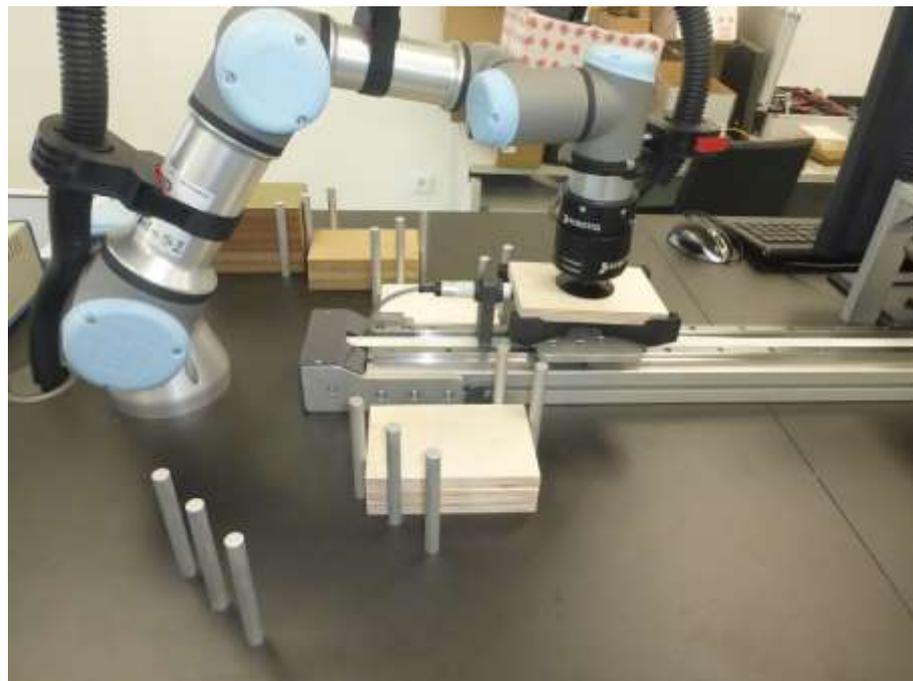


Figura 2- Carga de tablilla en la cuna de transporte

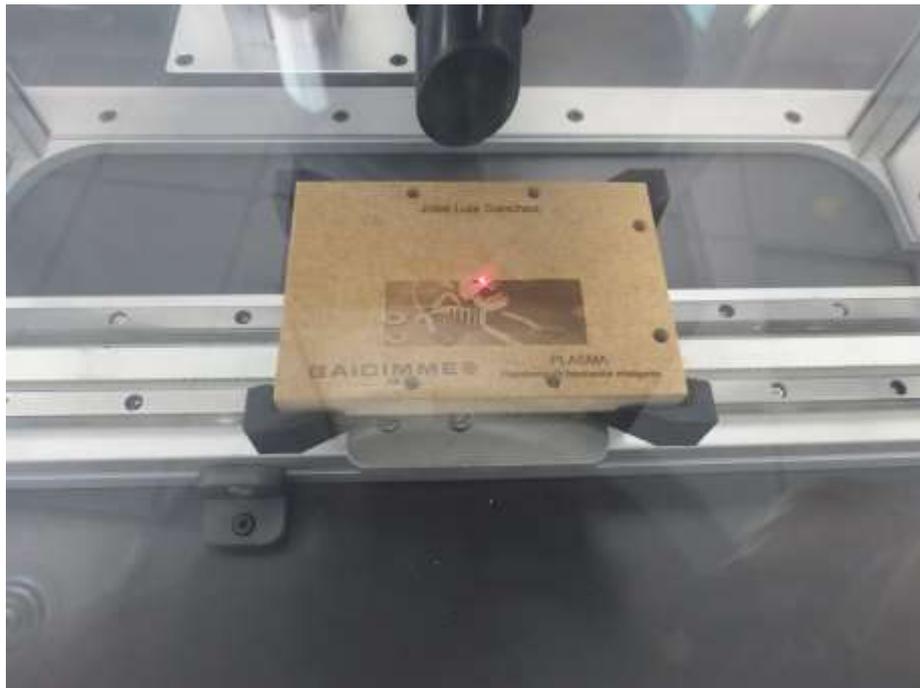


Figura 3- Grabado láser de la imagen y texto

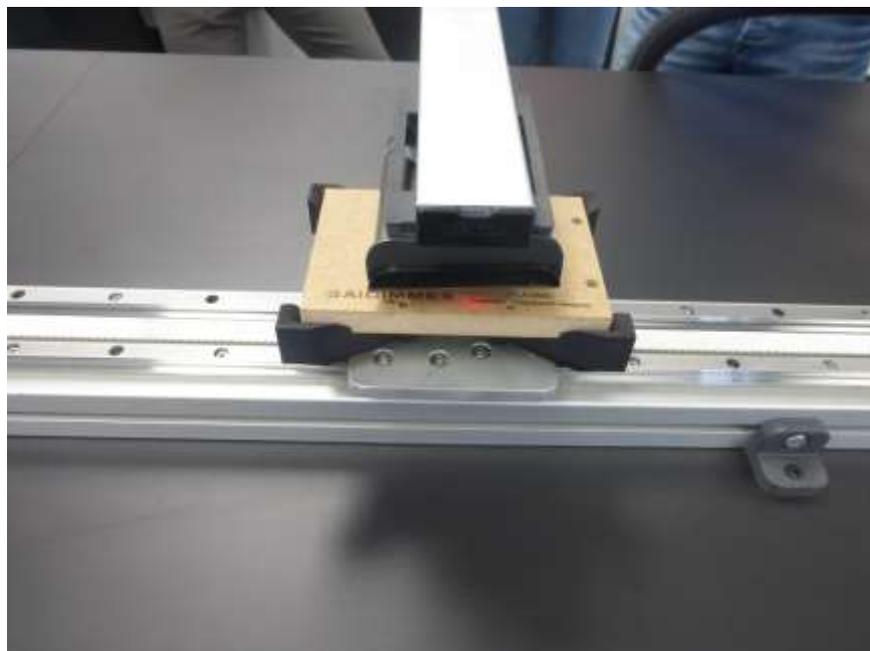


Figura 4- Lectura de etiqueta RFID



Figura 5- Taladrado de la tablilla



Figura 6- Recogida de tablilla por el cobot de montaje al finalizar proceso de mecanizado



Figura 7- Inserción en la cuna de control de calidad



Figura 8- Control de calidad mediante visión artificial

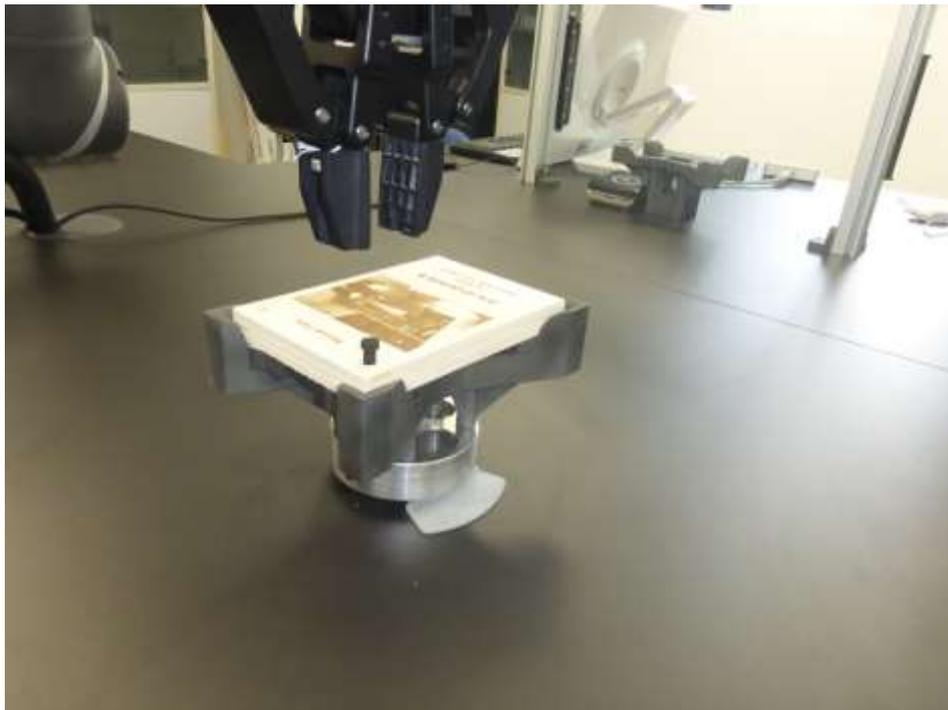


Figura 9- Montaje del soporte seleccionado por el cobot (inserción de pasador)

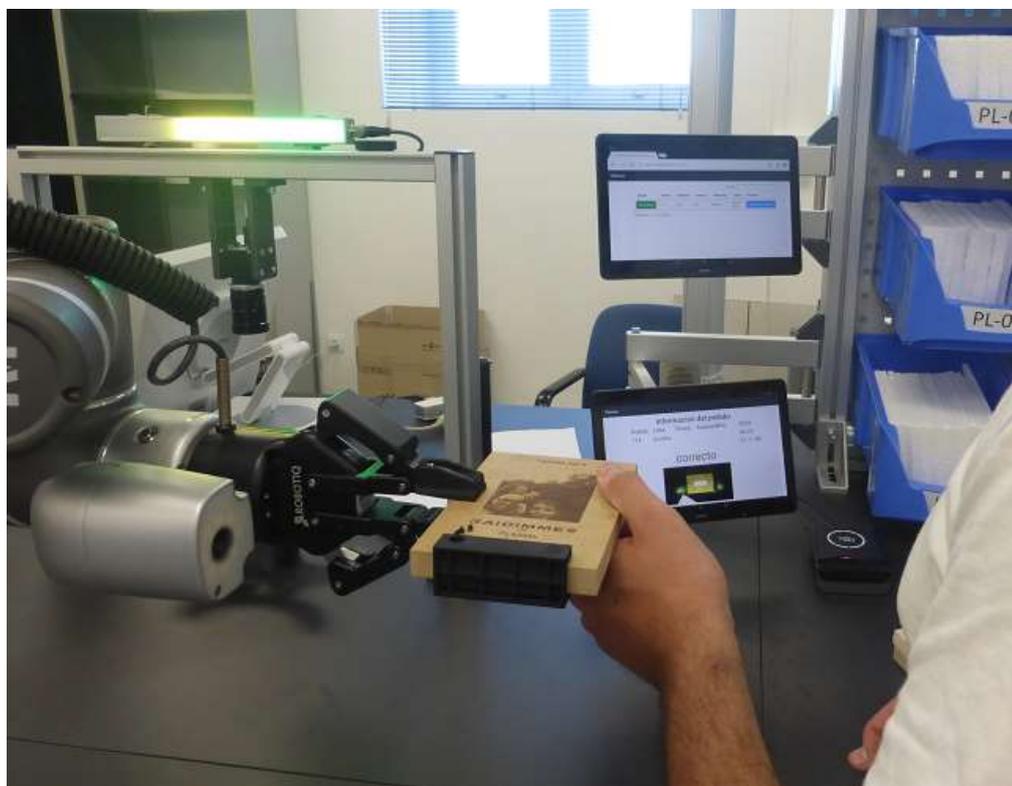


Figura 10- Entrega del producto acabado por el cobot para la fase de embalaje