

2020-2021
ENTREGABLE



Proyecto "INSERTAG"

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INSERCIÓN DE TAGS
DE RADIO FRECUENCIA DURANTE EL PROCESO DE FABRICACIÓN

RESUMEN DE RESULTADOS

Número de proyecto: 22000053

Expediente: IMDEEA/2020/26

Duración: Del 01/07/2020 al 30/09/2021

Coordinado en AIDIMME por: SÁNCHEZ ASINS, JOSÉ LUIS

Línea de I+D: **INDUSTRIA 4.0**

CONTENIDO

1	CARACTERIZACIÓN DE SOLUCIONES	3
1.1	REQUISITOS DEL SISTEMA A DESARROLLAR	3
1.2	Subsistemas de la solución a desarrollar	5
1.3	Priorización de requisitos y subcomponentes del sistema	9
1.4	ACOTACIÓN DE OPCIONES DE DISEÑO	10
1.4.1	Validación 1. Tag sin insertar	10
1.4.2	Validación 2. Tag insertado en 1 pieza	12
1.4.3	Validación 3. Tag insertado en 1 pieza, apilada sobre 9 piezas sin tag	14
1.4.4	Validación 4. Tags insertado en 10 piezas apiladas	15
1.4.5	Conclusiones	15
1.5	DISEÑO CONCEPTUAL FINAL	16
1.6	DISEÑO CONCEPTUAL SOFTWARE DE TRAZABILIDAD	20
2	DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN	22
2.1	DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE INSERCIÓN	23
2.2	DESARROLLO DEL SOFTWARE DE GESTIÓN	30
2.3	CONCLUSIONES	50
3	VALIDACIÓN EN EMPRESAS PILOTO	50
3.1	RESULTADO DE LAS PRUEBAS	52
3.2	CONCLUSIONES	70

1 CARACTERIZACIÓN DE SOLUCIONES.

El objetivo de este paquete de trabajo es caracterizar los procesos en los que deberá funcionar el sistema de identificación en su conjunto (sistema de aplicación y sistema de gestión), de manera que se puedan definir a nivel conceptual soluciones que permitan alcanzar los objetivos del proyecto.

1.1 REQUISITOS DEL SISTEMA A DESARROLLAR.

Para poder desarrollar un sistema de inserción de tag rfid en el interior de las piezas de fabricación de muebles, es necesario que los tag a emplear en dicho proceso reúnan algunos requisitos. Ya que tanto el propio proceso de inserción, como los procesos posteriores a los que son sometidas las piezas requieren de un mínimo de resistencia mecánica y resistencia a la temperatura. También dependerá de otros factores como el tamaño, distancias de lecturas y especialmente del coste por unidad.

Resueltos los requisitos que han de cumplir los tag rfid para poder emplear en un proceso de inserción, es necesario que este último, también cumpla una serie de especificaciones.

La inserción del tag en las piezas de fabricación, debe realizarse mediante un proceso automático y completo, es decir, que con un proceso único, se realice tanto el mecanizado de la pieza como la inserción del tag. Además debe ser un proceso rápido, que implique poco coste por unidad de pieza fabricada.

La colocación del tag de identificación preferiblemente debe estar integrada tras el proceso de corte de la pieza, ya que es una zona en la que existe una manipulación de todas las piezas por parte del operario y en la que existe una fácil identificación de la pieza por parte del operario.

Si bien el proceso de mecanizado e inserción debe ser automático, este tiene que ser activado y supervisado, por el operario. Además el sistema debe disponer de un suministro de tag de forma automática, por lo que será necesario que disponga de algún depósito de almacenaje desde donde se cojan los tag rfid.

Dado que se requiere que la inserción del tag sea automática, es necesario que antes de insertarse cualquier tag, este sea comprobado mediante lectura. En caso de que el tag no este correcto, el propio sistema tendrá que desecharlo y coger otro para insertar, no sin antes haberlo comprobado. Tras la comprobación se puede realizar la inserción, para lo cual, habrá que realizar algún tipo de operación mecánica, del tipo taladrado o fresado.

Ese momento se podrá emplear para solapar funciones, de tal manera que mientras se realiza las operaciones comentadas, por otro lado la aplicación informática, relaciona los datos de fabricación con el tag.

Una vez finalizado el mecanizado y la relación con los datos de fabricación con los del tag, el tag se insertará. En ese momento será necesario realizar una nueva comprobación para comprobar que el tag funciona correctamente tras el proceso de inserción.

Todos estos requisitos identificados se clasifican en dos categorías, siendo requisitos funcionales o no funcionales. Entre los requisitos funcionales encontramos aquellos que definen como deberá comportarse el nuevo proceso de inserción de tags RFID en piezas de tablero. Los requisitos no funcionales generan restricciones de diseño respecto de los diferentes subsistemas.

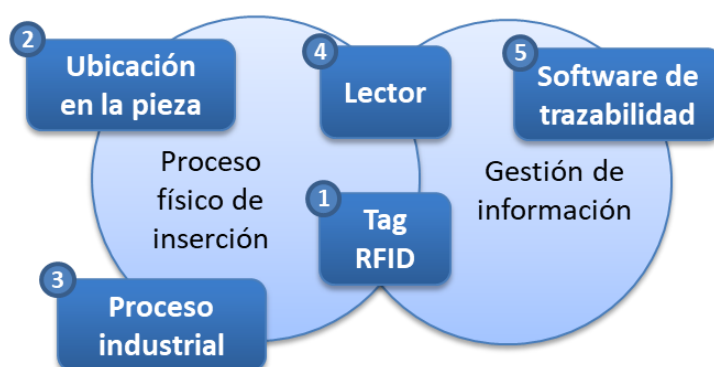
A continuación se listan todos los requisitos descritos anteriormente, organizados en éstas dos categorías.

CÓDIGO	TIPO	DESCRIPCIÓN REQUISITO
RF1	Funcional	RF1.- Disponer de un sistema de almacenaje de tags RFID en la línea.
RF2	Funcional	RF2.- Suministro automático de tags RFID desde la zona de almacenaje.
RF3	Funcional	RF3.- Comprobación preliminar del funcionamiento del tag previamente a ser insertado.
RF4	Funcional	RF4.- Incorporar un circuito de deshecho para los tags que no puedan leerse.
RF5	Funcional	RF5.- Incorporar operaciones de mecanizado en el canto del tablero previas a la inserción.
RF6	Funcional	RF6.- Introducción y fijación del tag RFID en el canto de la pieza.
RF7	Funcional	RF7.- Comprobación de la lectura del tag RFID ya insertado
RF8	Funcional	RF8.- Incorporar un circuito de deshecho para las piezas que no puedan leerse.
RNF1	No Funcional	RNF1.- El tag de RFID debe quedar oculto en la pieza tras el proceso de canteado.
RNF2	No Funcional	RNF2.- El tag de RFID debe soportar las condiciones del proceso de inserción
RNF3	No Funcional	RNF3.- El tag RFID debe soportar las condiciones del proceso de canteado.
RNF4	No Funcional	RNF4.- Debe garantizarse la lectura del tag RFID tras el proceso.
RNF5	No Funcional	RNF5.- Coste total del proceso de inserción reducido
RNF6	No Funcional	RNF6.- Integración automática del proceso de corte de piezas (seccionadora o nesting).
RNF7	No Funcional	RNF7.- Tiempo de proceso reducido.

1.2 SUBSISTEMAS DE LA SOLUCIÓN A DESARROLLAR.

Con influencia directa en todos los requisitos se han identificado cuatro subsistemas clave, relacionados con el proceso físico de inserción: El tag RFID, la ubicación (localización) del tag RFID en la pieza, el proceso industrial de inserción y el tipo de sistema de lectura empleado.

En paralelo diseño del proceso físico de inserción del tag RFID en la pieza se diseña el sistema de gestión de la información del tag, que da lugar al control de la trazabilidad de piezas en planta. En el siguiente diagrama de Venn se muestra la relación entre el tipo de tag y sistema de lectura con ambos sistemas (físico y de información).



Esquema de subsistemas implicados

Fuente: Elaboración propia

El subsistema 5 (software de trazabilidad) no se considera en el presente apartado, al ser independiente de los requisitos del proceso físico de inserción.

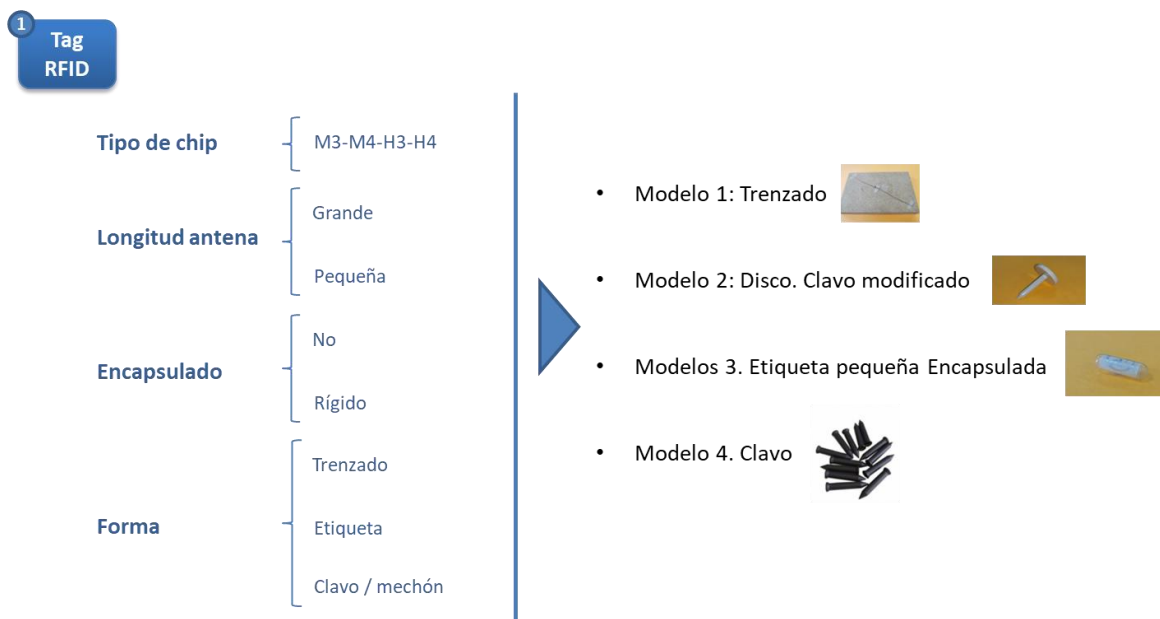
A continuación se ha identificado la relación de cada requisito definido con los cuatro subsistemas implicados:

DESCRIPCIÓN REQUISITO	SUBSISTEMA
RF1.- Disponer de un sistema de almacenaje de tags RFID en la línea.	Proceso industrial, Tag RFID
RF2.- Suministro automático de tags RFID desde la zona de almacenaje.	Proceso industrial, Tag RFID
RF3.- Comprobación preliminar del funcionamiento del tag previamente a ser insertado.	Proceso industrial, Tag RFID, Sistema lectura
RF4.- Incorporar un circuito de deshecho para los tags que no puedan leerse.	Proceso industrial, Tag RFID
RF5.- Incorporar operaciones de mecanizado en el canto del tablero previas a la inserción.	Proceso industrial, ubicación en la pieza, Tag RFID
RF6.- Introducción y fijación del tag RFID en el canto de la pieza.	Proceso industrial, ubicación en la pieza, Tag RFID
RF7.- Comprobación de la lectura del tag RFID ya insertado	Proceso industrial, Tag RFID, Sistema lectura
RF8.- Incorporar un circuito de deshecho para las piezas que no puedan leerse.	Proceso industrial, Tag RFID
RNF1.- El tag de RFID debe quedar oculto en la pieza tras el proceso de canteado.	Tag RFID, Ubicación en la pieza
RNF2.- El tag de RFID debe soportar las condiciones del proceso de inserción	TAG RFID, Proceso industrial
RNF3.- El tag RFID debe soportar las condiciones del proceso de canteado.	Tag RFID, Ubicación en la pieza
RNF4.- Debe garantizarse la lectura del tag RFID tras el proceso.	Tag RFID, Sistema lectura
RNF5.- Coste total del proceso de inserción reducido	Proceso industrial
RNF6.- Integración automática del proceso de corte de piezas (seccionadora o nesting).	Proceso industrial
RNF7.- Tiempo de proceso reducido.	Proceso industrial

○ **Subsistema tag RFID**

Las características del Tag RFID que presentan influencia en el sistema completo de inserción del tag son:

- Tipo de chip: en función del tipo de chip empleado la distancia de lectura variará.
- Longitud de la antena: cuanto más grande y alargada sea la antena del tag, mejor rendimiento de lecturas se obtendrán.
- Encapsulado: si el tag RFID no está encapsulado dentro de un material capaz de soportar presión temperatura no podrá manipularse correctamente durante el proceso de inserción, ni soportar el posterior proceso de chapado.
- Forma del tag: el mecanizado a realizar en la pieza previo al proceso de inserción dependerá totalmente de la forma que presente el tag.



Opciones relacionadas con el tipo de chip

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestran las principales características de los tags utilizados como referencia para llevar a cabo el diseño conceptual de la solución.

Característica Tag	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Tipo de chip	H3	H3	Monza M4	Monza R6
Longitud antena	Grande	Pequeña	Pequeña	Pequeña
Encapsulado	No	Si	No	Si
Forma	Trenzado	Clavo	Etiqueta	Clavo

○ **Subsistema ubicación en la pieza**

En función de la forma y dimensiones finales del tag escogido

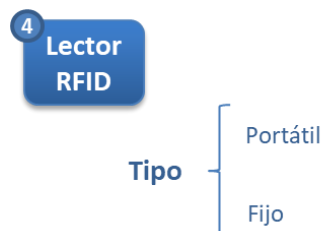


Opciones relacionadas con la ubicación del tag en la pieza

Fuente: Elaboración propia

○ **Subsistema lector RFID**

Para llevar a cabo el diseño conceptual del sistema completo se consideran dos opciones de lector de tags RFID. Por un lado lectores portátiles (se trata de terminales de mano que el operario acerca al tag RFID), y por otro terminales fijos (se instalan en una posición fija, y conectados a una antena lectora, también fija, realizan la lectura del tag RFID cuando éste pasa por su campo de acción).



Opciones relacionadas con el lector RFID

Fuente: Elaboración propia

1.3 PRIORIZACIÓN DE REQUISITOS Y SUBCOMPONENTES DEL SISTEMA.

Para la priorización de los requisitos funcionales y establecer relaciones con los componentes del sistema completo, se ha aplicado la metodología QFD (Quality Function Deployment). Se trata de una herramienta que utiliza las necesidades o requerimientos del usuario del producto o sistema a diseñar, y usando un sistema lógico-matemático, relaciona las características de calidad primarias (QUE'S) definidas por el cliente con las características de calidad técnicas (COMO'S), asegurando la mejor manera para satisfacer esas funcionalidades con los recursos disponibles.

Se trata de una herramienta que, de forma objetiva permite priorizar funcionalidades e identificar si las características técnicas del producto / sistema diseñado cumple con dichas funcionalidades.

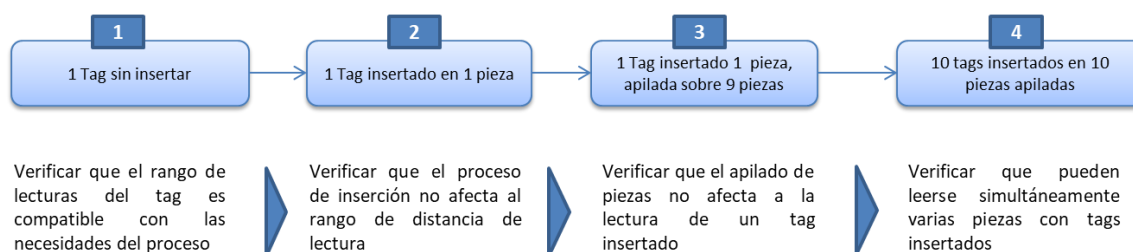
Del análisis realizado se concluye que las funcionalidades clave del sistema son:

- RF3. Permitir la comprobación preliminar del funcionamiento del tag RFID
- RF5. Incorporar operaciones de mecanizado en el canto de la pieza de tablero
- RF7. Permitir la comprobación de la lectura correcta del tag RFID tras el proceso de inserción
- RNF1. Ocultación del tag RFID en la pieza de modo que no sea visible.
- RNF2. Garantizar que el tag RFID puede soportar las condiciones del proceso de inserción.
- RNF3. Garantizar que el tag RFID puede soportar condiciones de procesos posteriores (especialmente el chapado de cantos)
- RNF4. Garantizar la lectura del tag RFID tras procesos posteriores.
- Los componentes clave para cumplir con los requisitos funcionales son:
- Para el tag RFID: el chip, la antena y el tipo de encapsulado.
- Para la ubicación del tag: el tipo de alojamiento del tag
- Para el proceso industrial de inserción: las lecturas de comprobación, la operación de mecanizado (taladrado, ranurado), el sistema de manipulación del tag, y la colocación del tag en la pieza.

1.4 ACOTACIÓN DE OPCIONES DE DISEÑO.

Del apartado anterior se han extraído las prioridades sobre las que focalizar los esfuerzos de diseño del sistema de inserción del tag RFID. Para llevar a cabo éste diseño es necesario acotar las opciones disponibles en cuanto al tag RFID a utilizar y el tipo de lector, en función de la respuesta de lectura una vez insertado en una pieza.

A continuación se presentan las pruebas en ensayos realizados para acotar las opciones a utilizar en dicho diseño.

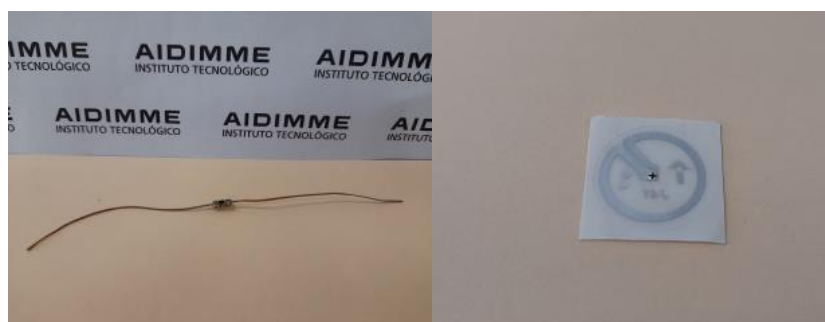


Etapas del diseño de experimentos desarrollado

Fuente: Elaboración propia

1.4.1 VALIDACIÓN 1. TAG SIN INSERTAR.

Como toma de valores de referencia se realiza la lectura de cada tipo de tag de forma individual y sin insertar, tal y como se muestran en las imágenes de referencia.

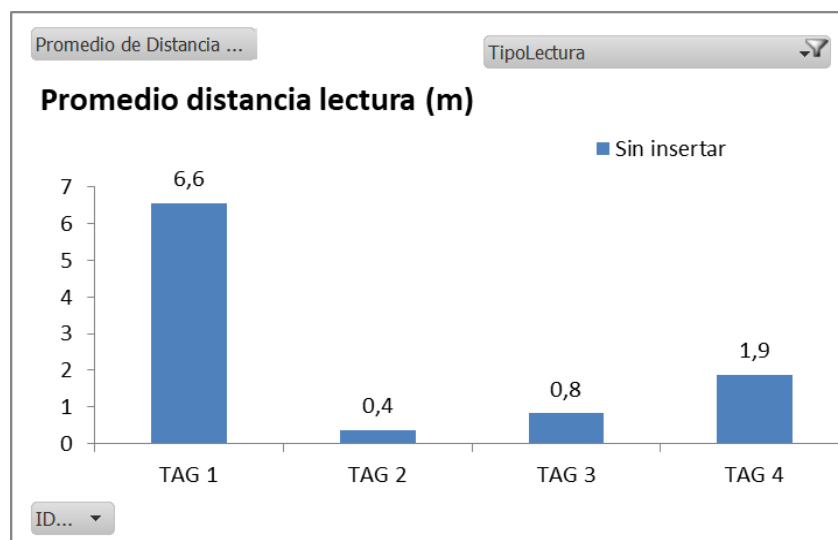




Imágenes de los 4 tipo de tags

Fuente: Elaboración propia

De forma general el tag modelo 1 ofrece un rango de lectura muy elevado (660 cm de promedio). Para el resto de tags RFID el promedio de distancia es variable, siendo el tag modelo 4 que mayor distancia promedio alcanza.



Promedio de distancia de lectura de los 4 modelos de tag RFID

Fuente: Elaboración propia

El tag modelo 1 alcanza la mayor distancia de lectura con cualquiera de los 4 modelos de lector empleados, llegando a 8 metros de distancia. Se trata de una distancia excesiva, ya que en una aplicación industrial, se podrían producir lecturas de tags alejados del proceso de inserción.

1.4.2 VALIDACIÓN 2. TAG INSERTADO EN 1 PIEZA.

Para las lecturas de tag insertados en los casos en los que se emplean los tag 1, 2 y 3 hay que realizar una simulación del encapsulado del tag o modificaciones en el tag. De tal forma que para el tag 1, se simulará que este va insertado en un tablero de 30mm. Para lo que se emplearan varios tableros de 16mm y un pequeño taladro para alojar el chip.

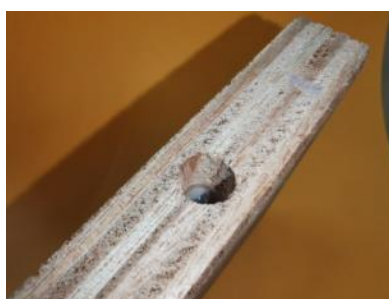
Para el caso del tag 2 se ha realizado una modificación previa del mismo. Para ello se empleará la cabeza del tag, que contiene el chip RFID desechando el cuerpo de este que se emplea normalmente para clavar en el objeto a identificar. Para poder insertar el tag en cualquier tipo de tablero, será necesario realizar un mecanizado de tipo cajeadado, con las dimensiones suficientes para alojar completamente el tag en su interior.



Proceso de inserción del tag modelo 2 en la probeta

Fuente: Elaboración propia

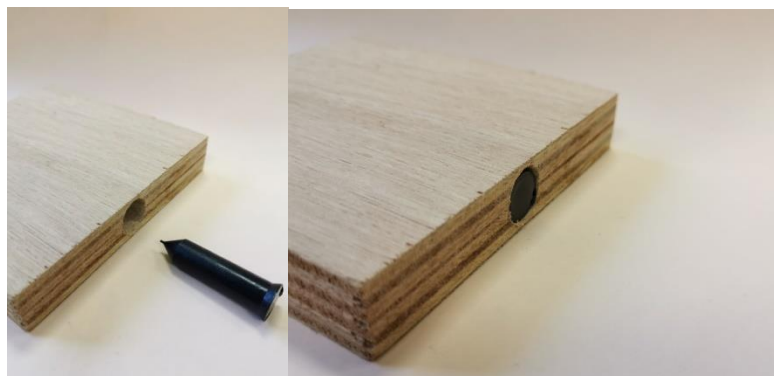
El tag tipo 3 etiqueta rfid pequeña será introducida dentro de una capsula de gelatina de las empleadas en la industria farmacéutica, para insertar el tag rfid dentro de las piezas. Para insertar el tag con este encapsulado será necesario realizar un mecanizado en la pieza con longitud suficiente para poder introducir la capsula en la pieza, sin que sobresalga.



Proceso de inserción del tag modelo 3 en la probeta

Fuente: Elaboración propia

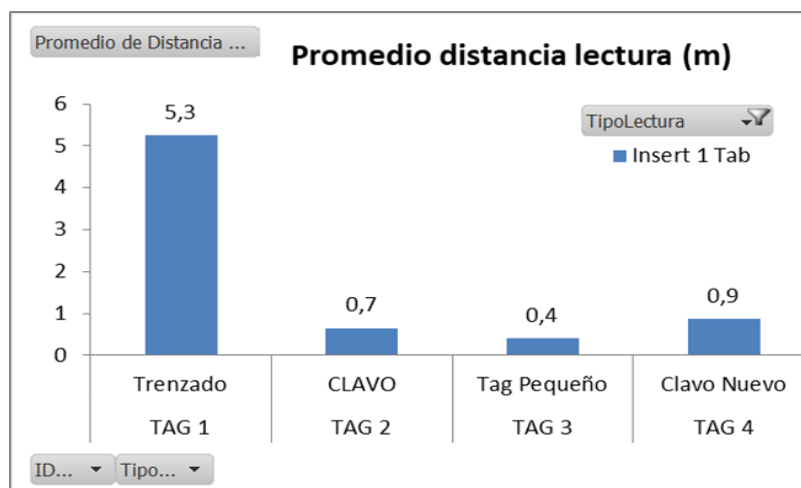
El tag 4 como ya tiene un formato ideal para insertar solo será necesario realizar el mecanizado necesario para insertarlos en las piezas.



Proceso de inserción del tag modelo 4 en la probeta.

Fuente: Elaboración propia

Para los Tags modelo 1, 3 y 4 se ha reducido la distancia máxima de lectura alcanzada hasta los 530, 40 y 90 cm respectivamente. La ubicación del tag dentro de la pieza de aglomerado fuerza una orientación específica del tag respecto de la antena de lectura que provoca lecturas con una distancia menor a la prueba anterior.



Promedio de distancia de lectura por modelo de tag RFID.

Fuente: Elaboración propia

En el caso del tag RFID modelo 2 se incrementa el promedio de la máxima distancia de lectura. Se considera que la modificación del tag que se ha llevado a cabo para facilitar su inserción en la pieza ha influido de forma notable.

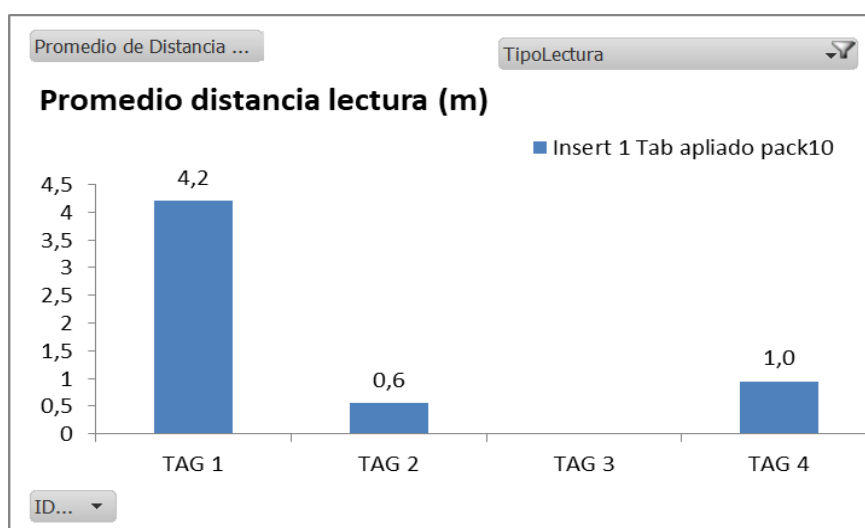
De los resultados, se puede concluir que salvo para el tag RFID modelo 2, la inserción dentro de una pieza de tablero aglomerado si que ha mermado su comportamiento.

1.4.3 VALIDACIÓN 3. TAG INSERTADO EN 1 PIEZA, APILADA SOBRE 9 PIEZAS SIN TAG.

Sobre las probetas con tag RFID generadas en el test anterior, se han apilado 9 probetas mas (sin tag RFID) para ejecutar el test.

En éste caso el promedio de la distancia máxima de lectura se ha visto notablemente afectado por la acumulación de piezas de aglomerado sobre la pieza que lleva el tag RFID incorporado. Los modelos 1 y 3 han bajado dicha distancia máxima de lectura. Los modelos de tag 2 y 4 se han mantenido estables (respecto de las validaciones anteriores) en ésta medición.

Para el caso del tag modelo 3 directamente no se ha podido efectuar su lectura a ninguna distancia menor de 5 cm.



Promedio de distancia de lectura por modelo de tag RFID

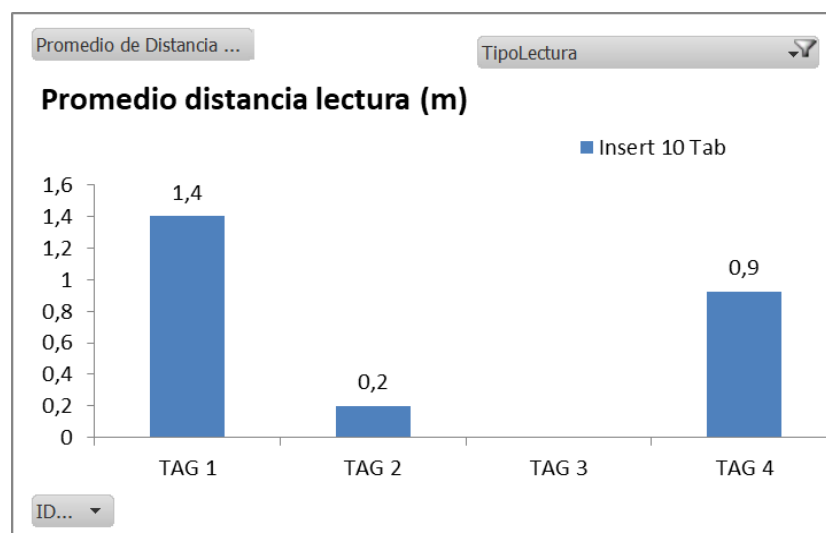
Fuente: Elaboración propia

Se puede concluir que el tag modelos 3 no es válido para el objeto del proyecto ya que no se podrá llevar a cabo su lectura cuando existan piezas apiladas.

1.4.4 VALIDACIÓN 4. TAGS INSERTADO EN 10 PIEZAS APILADAS.

Se han generado para cada modelo de tag RFID 10 probetas iguales (siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 5.2.2). A continuación se han realizado lecturas de las diez probetas con tag RFID apiladas

Tanto el tag RFID modelo 1 como el modelo 2 han reducido la distancia de lectura máxima cuando hay que leer 10 piezas de forma simultánea. El modelo de tag RFID 4 se ha mantenido con un promedio igual al de validaciones anteriores.



Promedio de distancia de lectura por modelo de tag RFID

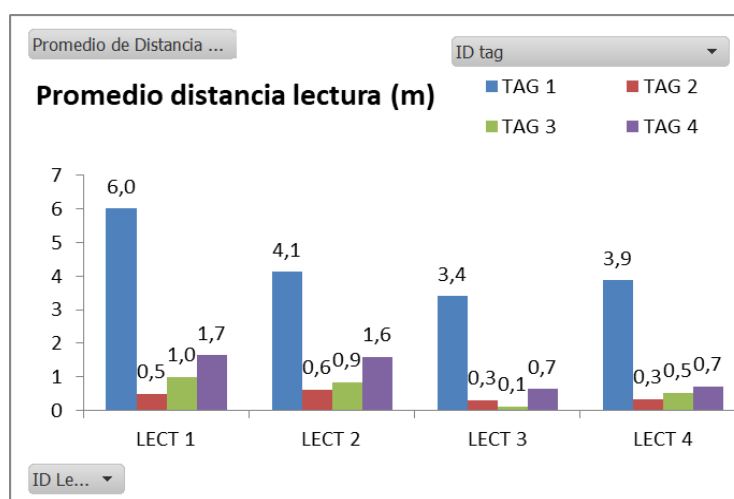
Fuente: Elaboración propia

1.4.5 CONCLUSIONES.

Como conclusiones a las pruebas realizadas se extrae:

- El tag RFID más adecuado para el proyecto es el modelo 4. Se trata de un modelo de tag que apenas ha variado su comportamiento en las diferentes validaciones llevadas a cabo.
- Los lectores “de mano” ofrecen distancias de lectura mayor que los fijos. Esto es debido a que el usuario puede modificar la orientación del terminal para mejorar la direccionalidad

de las ondas. Para el tag RFID modelo 4 el Lector modelo 3 y 4 ofrecen un rango de lectura de 50 cm sin ser excesivo y existir la posibilidad de que se lean etiquetas RFID ajenas al proceso deseado.



Promedio de distancia de lectura por modelo de lector y tipo de tag

Fuente: Elaboración propia

1.5 DISEÑO CONCEPTUAL FINAL.

Teniendo en cuenta todas las soluciones que se han propuesto la mejor opción para un sistema de inserción es emplear un Tag que comercialmente reúna las características necesarias para ser insertado.

Por ello el empleo de un tag encapsulado con forma de clavo de pequeñas dimensiones que facilite el proceso de inserción es la mejor opción como solución.

Se ha optado por utilizar el tag rfid modelo 4, ya que posee un formato óptimo para una fácil inserción además, este tipo tag puede fabricarse con diferentes tipos de chip. En este caso contiene un chip Monza R6-P.



Tipo de tag seleccionado para el diseño conceptual del sistema de inserción

Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones del tag son de 40 mm de largo, con un cuerpo de $\varnothing 10\text{mm}$ y una cabeza de $\varnothing 12\text{mm}$. Para realizar la inserción del tag en las piezas, hay que realizar un taladro con el diámetro y profundidad necesaria para el alojamiento completo del mismo en el interior del tablero. Incluso resulta de interés que el taladro sea algunos milímetros más profundo, ya que así aseguramos su completa inserción en esta y evitamos que haya problemas en las operaciones de chapado.

El sistema de inserción debe contener un lector para realizar las lecturas o grabación de datos de los Rfid.

De los empleados para las pruebas, el lector RFID fijo USB con antena integrada es el que mejores características presenta. Ya que su antena integrada lo hace perfecto para reducir la instalación en cualquier tipo de máquina. Además al poseer un rango de lectura corto permitirá hacer lecturas sin interferencia de tags distintos al de interés.



Lector RFID seleccionado para el diseño del sistema conceptual.

Fuente: Elaboración propia

El sistema de inserción requiere de procesos de mecanizado de las piezas a identificar. Estos mecanizados en los que se alojarán los tags rfid, no pueden interferir en los procesos de mecanizado normal de las piezas.

Por ello será necesario hay que establecer una posición fija para esta inserción, que no entre en conflicto con los mecanizados que se realizan la pieza.

La posición conveniente para que esto no ocurra es realizar el taladro de inserción a una distancia del borde de la pieza de aproximadamente 45 o 50mm. Pero se debe estudiar en cada caso ya que cada empresa tendrá distintos procesos de fabricación.

Asimismo hay que tener en cuenta la posición en la que realizar la inserción ya que si en la testa en la que se va a instalar se pretende mecanizar un ranurado o un rebaje longitudinal de la testa no será posible realizar la inserción en esa misma testa. Aunque también debe ser objeto de estudio ya que dependerá de los espesores de tablero que se manejen.

Para el desarrollo de un sistema de inserción, existe unas líneas guía a tener en cuenta.

La ubicación ideal para realizar la identificación de las piezas debería ser a la salida de la seccionadora, ya que en ella se manipulan las piezas individualmente y existe una fácil identificación por parte del operario de dicha maquina al saber en cada momento que orden de fabricación se trata.

Todas las piezas, independientemente de su dimensión llevará instalado el tag de identificación en la misma posición. Para esto se recomienda instalar algún tipo de tope fijo o móvil en el sistema, que facilite el posicionamiento de la pieza para ser mecanizada.

También sería recomendable disponer de algún sistema para fijar la pieza previamente a la mecanización, para evitar movimientos no deseados durante el proceso de inserción.

El sistema de inserción debe se debe autoalimentar de los tag a insertar, para ello es necesario que disponga de algún tipo de almacén o cargador para los tags. Teniendo en cuenta que estos deben ir en la posición correcta para poder ser insertados.

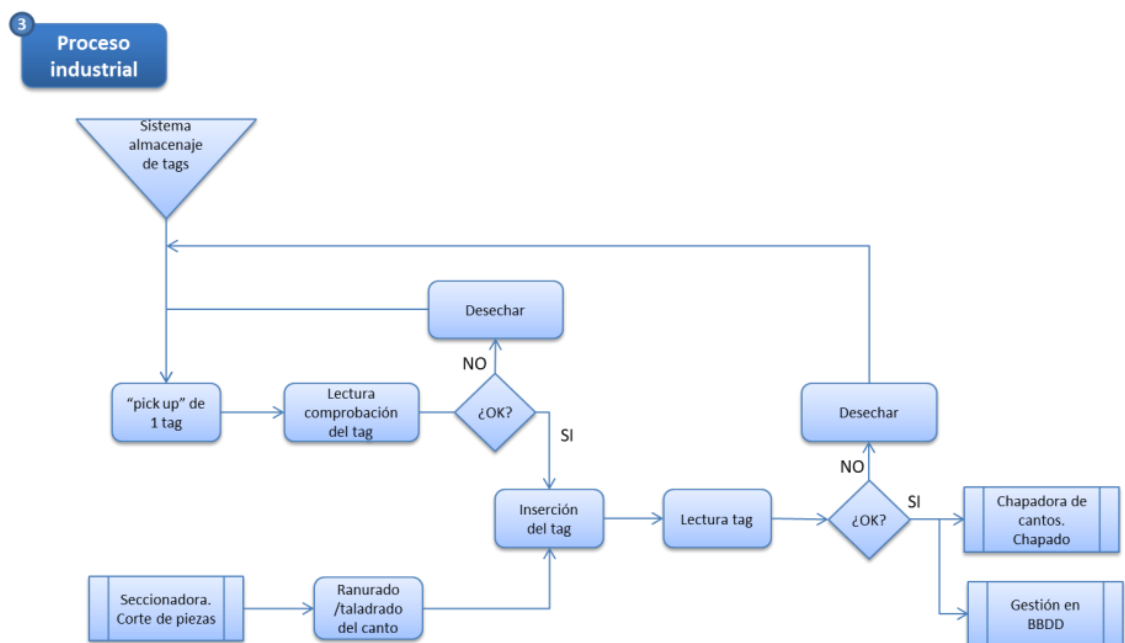
Además de autoalimentarse, debe de existir un control de los tags, comprobándose mediante lectura que el tag está correcto, y en caso de no ser así, debe desecharlo y posicionar otro. Esto debería de ser en combinación con el apartado software, para no realizar duplicidades de funcionamiento.

Hay que tener en cuenta que el lector de corto alcance del sistema, irá instalado cerca de la zona de inserción y lo suficientemente lejos del almacén de tags, para que no se produzca interferencia en la lectura.

El mecanizado a realizar consistirá en un taladro de la profundidad necesaria para insertar el tag. Puede tenerse en cuenta el realizar un avellanado en el taladro para mejorar la inserción del tag.

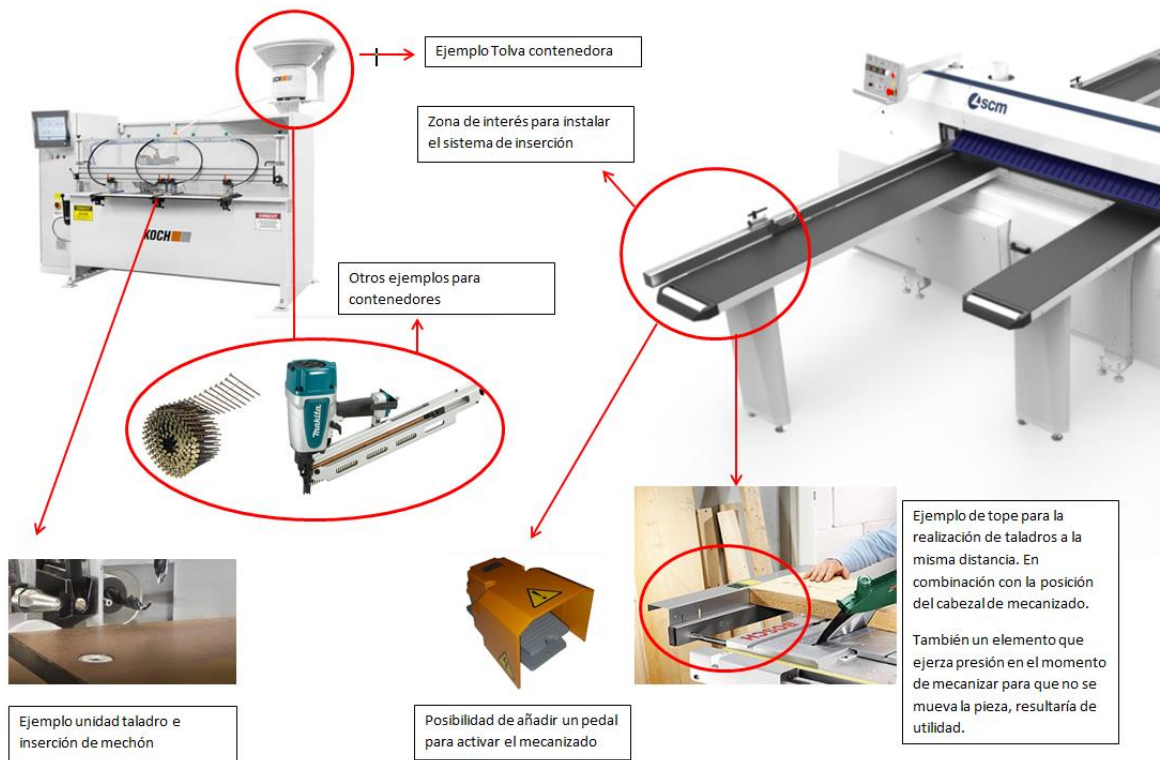
Una vez tomado un tag, comprobado, mecanizada la pieza e insertado el tag, sería de interés realizar una nueva comprobación de lectura del tag.

Hay que tener en cuenta que tanto el proceso de mecanizado como el de vinculación del tag con los datos de producción, que se realiza vía software, pueden ser ejecutados al mismo tiempo, y así para reducir el tiempo de proceso.



Etapas del proceso conceptual

Fuente: Elaboración propia



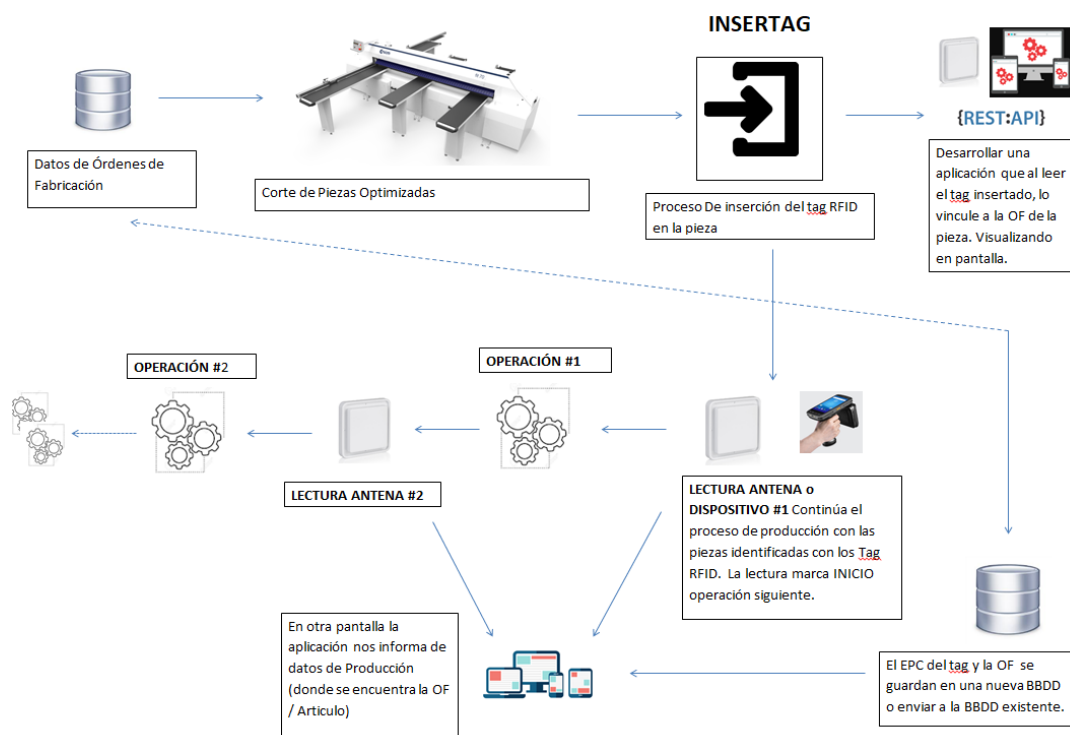
Boceto de opciones del sistema a desarrollar

Fuente: Elaboración propia

1.6 DISEÑO CONCEPTUAL SOFTWARE DE TRAZABILIDAD.

El proceso de trazabilidad de piezas de tablero en fábrica integra dos flujos que es necesario sincronizar en planta: el flujo físico de piezas, con el flujo de información asociado a las operaciones de trabajo llevadas a cabo.

En el siguiente esquema, se muestran las etapas básicas que se ven involucradas, integrando el flujo físico de piezas con el flujo de información.



Esquema global de las etapas involucradas en un sistema de trazabilidad de piezas (i)

Fuente: Elaboración propia

Todo el proceso parte de la información de las órdenes de fabricación generadas. A continuación, se generan las piezas en la sección de corte. La siguiente etapa es la inserción del tag RFID en la pieza, siguiendo las propuestas del presente documento (sintetizadas en el apartado 6 “Diseño conceptual del sistema de inserción”). El siguiente paso, es vincular el código identificativo del tag RFID con la información de la orden de fabricación. A partir de éste punto, las lecturas de la pieza (con el tag RFID insertado) que se generen por los diferentes lectores instalados en las diferentes secciones o máquinas irán registrando mediante el software de trazabilidad el paso de la pieza por dichas áreas de trabajo.

En definitiva el planteamiento propuesto se basa en las actividades básicas que se detallan en el siguiente esquema:



En la BBDD.....

Para identificar piezas y seguir la trazabilidad de estas, serán necesarios Datos de producción, más concretamente las ordenes de fabricación:

Hay que tener en cuenta que las ordenes se pueden generar de múltiples formas:

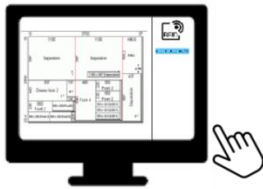
1. Agrupando por artículo, orígenes y cantidad.
2. Agrupando por artículo y cantidad con origen único.
3. U ordenes unitarias (ordenes de cantidad 1)

Pero independientemente del tipo de ordenes, los datos mínimos necesarios son:

- Código de la Orden de Fabricación
- Artículo (código y/o descripción)
- Cantidad
- Origen (código pedido, -os)

N.OP.	18000001	F.Creador	19191016	Origen	Normal	Estado	Terminada							
Artículo	18000001	C.Artículo	30.00	C.Límite	C.Específico	0	Almacén	Seminiborrado						
F. Inicio	19191016	F. Fin	19191019	Tip.	Ord.	3000	OR							
Origenes de la Orden	<table border="1"> <tr> <th>Origen</th> <th>Código</th> <th>Cantidad</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>18000001</td> <td>1</td> </tr> </table>							Origen	Código	Cantidad	1	18000001	1	
Origen	Código	Cantidad												
1	18000001	1												

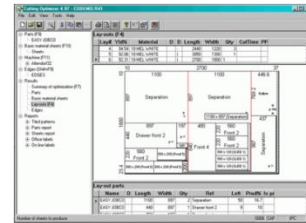
Ejemplo de orden de fabricación con varios orígenes y cantidades para cada origen.



...se cortan la piezas...

Para fabricar las piezas se hacen optimizaciones con softwares como el ARDIS. Este emplea los datos de las ordenes de fabricación para realizar la optimización y genera los esquemas de corte.

En las optimizaciones pueden salir varios tableros con el mismo esquema de corte, que pueden cortarse a la vez en función del grueso de tablero. O generarse optimizaciones en las que las piezas de una orden de fabricación salen en distintos esquemas, lo que implica que se corten en momentos diferentes.



Cutting Optimizer.Fuente: ARDIS

Esto implica que el sistema que vincula los datos de ordenes con los datos de los Tags RFID, sea flexible para no tener que seguir secuencias fijas.

...se vinculan los datos...

Como se comenta anteriormente el sistema Debe permitir flexibilidad, para no seguir secuencias fijas de corte o por si algún Tag esta dañado.

Debería de realizarse la lectura del Tag y si este es correcto, asignar la orden y guardar dicha asignación.

Al asignar, solo se tendrá en cuenta la O.F. y el código EPC del Tag. Así para una orden de cantidad mayor a 1 unidad, se registrarán para dicha orden, tantos Tags como unidades tenga la o.f.



El proceso de asignación podría realizarse, mediante una pantalla táctil en la que de forma visual tenemos el esquema de corte y el código (leído) del Tag que se encuentra preparado para insertar.

Se selecciona la pieza de las que figuran en el esquema, a la que se le va a insertar el Tag y se acepta la asignación.

A continuación se inserta el Tag



...continúa el Proceso de producción...

Seleccionar - Asignar - InserirTag...

Esquema global de las etapas involucradas en un sistema de trazabilidad de piezas (ii)

Fuente: Elaboración propia

2 DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN.

El objetivo de este paquete de trabajo es disponer de un equipamiento de inserción y una infraestructura software de identificación y gestión que permita la utilización de tags de pequeño tamaño para la identificación individual de piezas. Incluye el desarrollo del sistema de inserción del tag, la definición de los elementos a utilizar y la metodología de lectura de los tags y el desarrollo de la aplicación que permita gestionar y tratar los datos recibidos en tiempo real por los lectores ubicados en la planta de fabricación.

Las actividades realizadas se han distribuido en dos grupos de tareas. Por un lado se ha realizado el diseño y el desarrollo del sistema de inserción, y por otro se ha desarrollado el sistema software de gestión.

2.1 DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE INSERCIÓN.

Se ha realizado el diseño del equipo pensando en la posibilidad de poder transportarlo fácilmente, ya que existe la posibilidad de tener que llevarlo a las instalaciones de las empresas interesadas. El equipo está compuesto de una mesa construida mediante el ensamblaje de diferentes componentes de perfilería de aluminio para realizar la estructura principal. Se han incorporado ruedas con freno para poder transportarla y fijarla en los espacios convenidos. La fabricación de los componentes que forman la estructura se ha realizado con perfiles de aluminio EN AC-51400 de alta calidad. Para terminar de definir la mesa se ha utilizado una placa de inoxidable que hace de superficie soporte. El equipo está compuesto por una serie de diferentes sistemas que interactúan unos con otros para permitir la función de mecanizar la correspondiente tablilla e insertar los tags que previamente se han leído y re-escrito con la codificación definida por la empresa. Estos sistemas serían los siguientes:

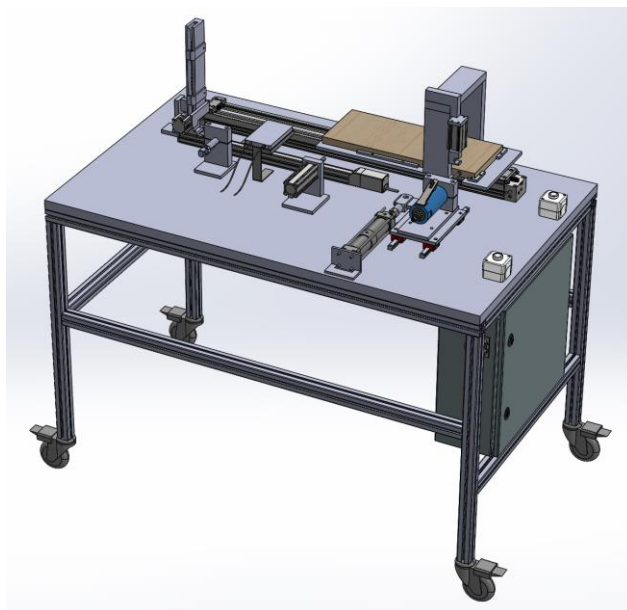
- Sistema lineal de desplazamiento de la cuna de trabajo para la tablilla a identificar. Está formada por una guía lineal neumática que permite definir las dos posiciones de trabajo en las que se debe situar. La primera en la zona de mecanizado y la segunda en la zona de inserción del tag. Sobre esta guía lineal tenemos una placa soporte donde se encuentran unos perfiles que definen la posición donde iría albergada las tablillas a mecanizar. Y sobre esta placa un soporte donde se montarían dos cilindros neumáticos, uno que tendría la función de fijar la tablilla durante las operaciones que se realizan sobre la tablilla, y un segundo cilindro que permite situar una cuna de guiado durante el proceso de inserción del tag, facilitando así su correcta entrada sobre el mecanizado practicado.
- Sistema de mecanizado de la tablilla. Está formado por un taladro neumático que va montado sobre una placa soporte que se desliza a través de unos patines que corren a lo largo de unas guías lineales. El desplazamiento de todo este subsistema se realiza a través de una unidad oleoneumática, donde el movimiento rápido de aproximación de la herramienta se realiza neumáticamente, y la operación de avance del taladro se realiza con la unidad neumática que lleva integrada el equipo.
- Sistema lineal de desplazamiento de la cuna de alimentación de los tags. Está compuesto por una guía lineal accionada por un motor eléctrico y conectado a un husillo de bolas, de manera que permite situar la cuna en las diferentes posiciones de trabajo de forma precisa. Sobre la plataforma donde se ubica la tuerca del husillo se monta la cuna que alojará el tag a lo largo de las diferentes operaciones definidas.



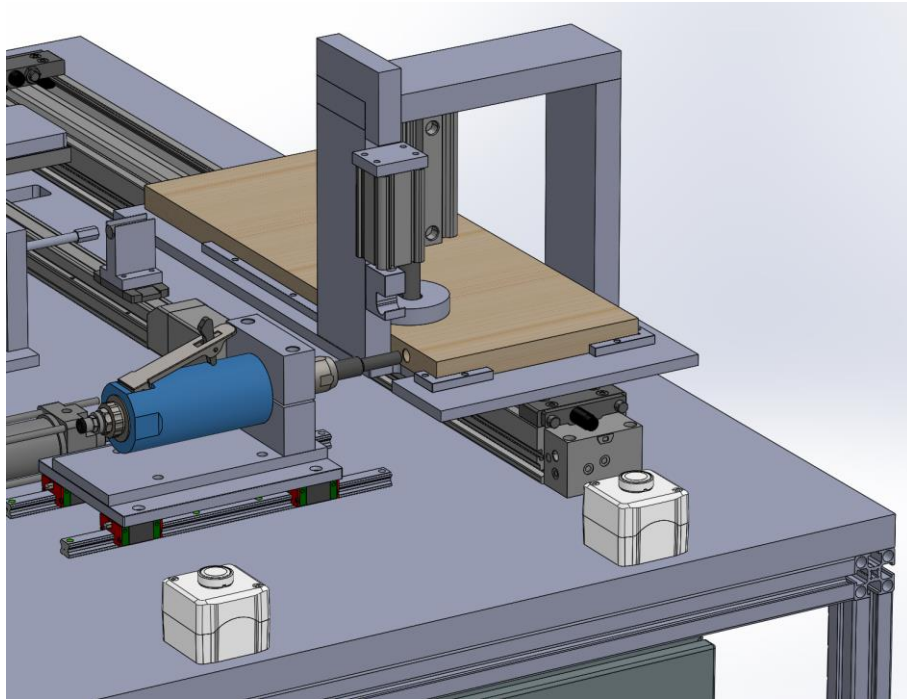
- Sistema de inserción de tags. Está compuesto por un cilindro neumático montado sobre un soporte que permite introducir el tag correspondiente mediante una operación de empuje sobre el agujero mecanizado previamente en la tablilla.
- Sistema de lectura y re-escritura de tags. Está compuesto por un soporte metálico que permite mantener el lector RFID en una posición donde realiza la lectura y re-escritura de los tags conformen pasan por esta estación de trabajo.
- Sistema de desecho de tags. Está compuesto por un cilindro neumático montado sobre un soporte que permite retirar el tag correspondiente, que previamente se ha detectado como defectuoso, mediante una operación de empuje sobre el agujero realizado sobre la placa de la mesa, de manera que caería a una caja de rechazo de tags situada en la zona inferior de la mesa.
- Sistema de alimentación de tags. Está compuesto por una estructura vertical donde se alimentan los tags de forma manual, de manera que quedan apilados unos encima de otros, y mediante un cilindro neumático montado en la base de esta estructura, y teniendo la cuna de tags situada en su posición inferior, permite liberar la columna de tags para que caiga uno de ellos y el resto se mantengan alineados dentro de la estructura esperando la siguiente operación.

Adicionalmente se ha colocado un cuadro eléctrico que gobierna las operaciones que realiza el equipo a través de un PLC, además de los diferentes módulos y conexiones necesarias para la operatividad de cada uno de los componentes del equipo.

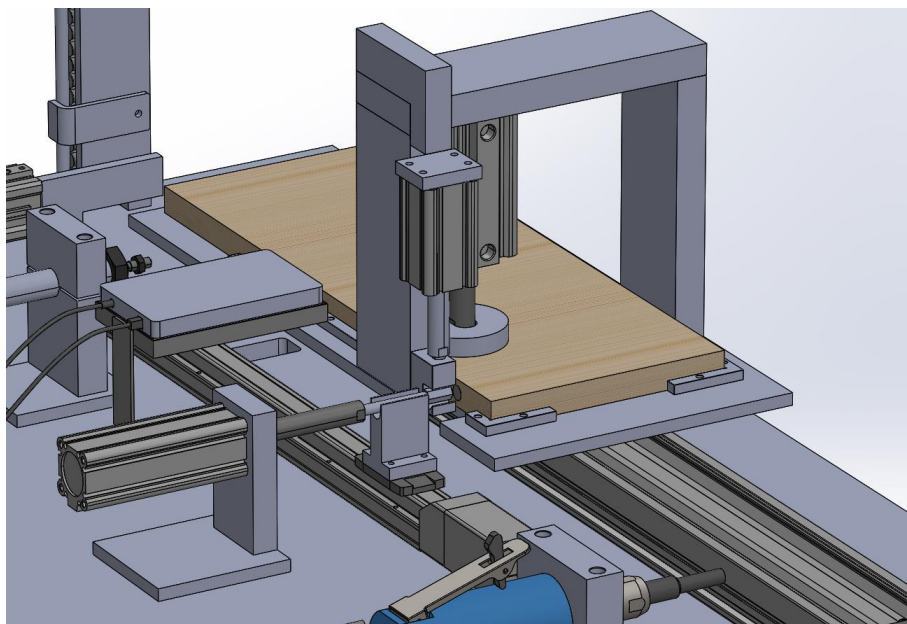
Prototipo del equipo de inserción de tags diseñado en CAD 3D



Vista en perspectiva del equipo de inserción de tags diseñado en CAD 3D



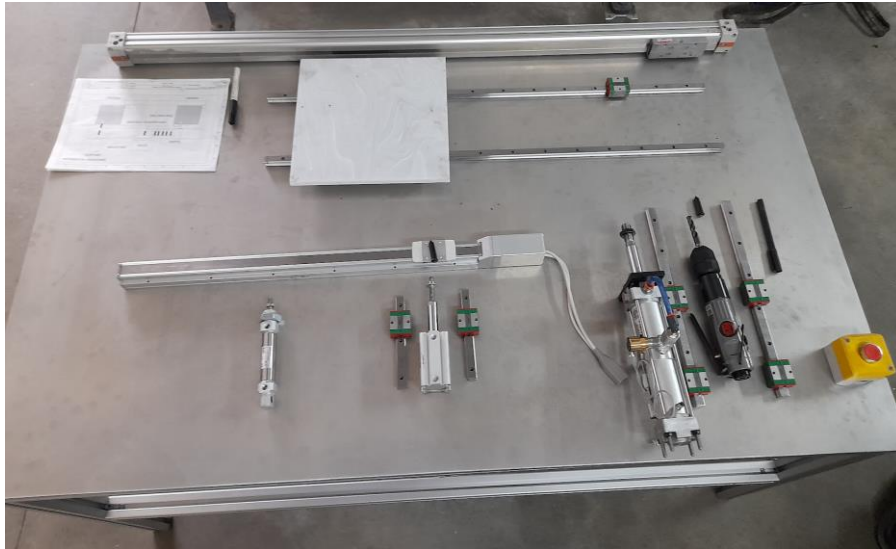
Vista en perspectiva del sistema de sujeción de la tablilla y taladrado



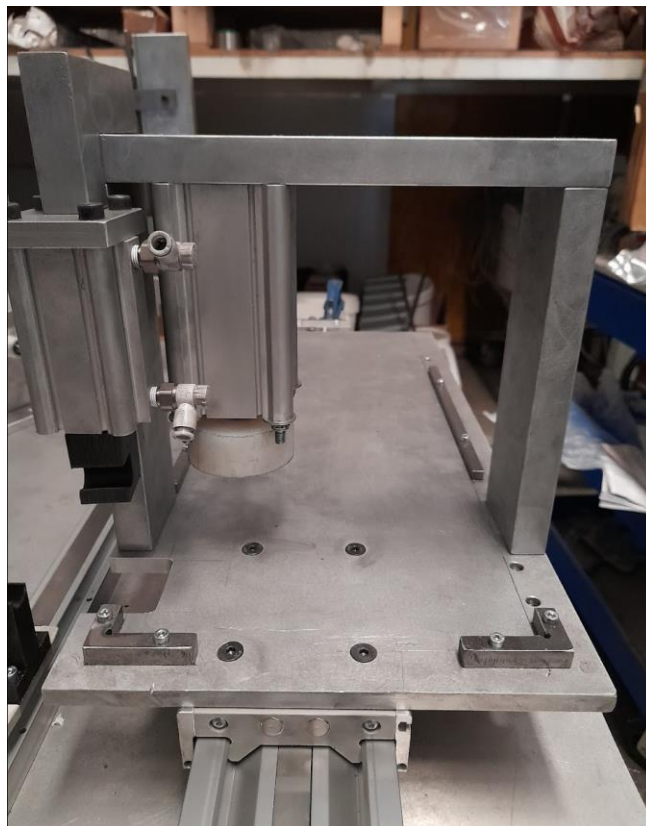
Vista en perspectiva del sistema de inserción y guiado del tag sobre tablilla



Prototipo desarrollado



Fotografía del equipo de inserción de tags en las instalaciones de ECA durante el proceso de montaje



Fotografía del sistema de sujeción de tablilla y guiado del tag



Fotografía del equipo completamente montado y en funcionamiento en las instalaciones de AIDIMME

En la siguiente tabla se identifican todos los requisitos que han sido validados dentro de las actividades del paquete de trabajo PT5 en un entorno de laboratorio (color azul), y aquellos que se validan dentro de las actividades de paquete de trabajo PT6 (color verde)

CÓDIGO	TIPO	DESCRIPCIÓN REQUISITO	Validación
RF1	Funcional	RF1.- Disponer de un sistema de almacenaje de tags RFID en la línea.	Entorno Laboratorio
RF2	Funcional	RF2.- Suministro automático de tags RFID desde la zona de almacenaje.	Entorno Laboratorio
RF3	Funcional	RF3.- Comprobación preliminar del funcionamiento del tag previamente a ser insertado.	Entorno Laboratorio
RF4	Funcional	RF4.- Incorporar un circuito de deshecho para los tags que no puedan leerse.	Entorno Laboratorio
RF5	Funcional	RF5.- Incorporar operaciones de mecanizado en el canto del tablero previas a la inserción.	Entorno Laboratorio
RF6	Funcional	RF6.- Introducción y fijación del tag RFID en el canto de la pieza.	Entorno Laboratorio
RF7	Funcional	RF7.- Comprobación de la lectura del tag RFID ya insertado	Entorno Laboratorio
RF8	Funcional	RF8.- Incorporar un circuito de deshecho para las piezas que no puedan leerse.	Entorno Laboratorio
RNF1	No Funcional	RNF1.- El tag de RFID debe quedar oculto en la pieza tras el proceso de canteado.	Piloto industrial
RNF2	No Funcional	RNF2.- El tag de RFID debe soportar las condiciones del proceso de inserción	Entorno Laboratorio
RNF3	No Funcional	RNF3.- El tag RFID debe soportar las condiciones del proceso de canteado.	Piloto industrial
RNF4	No Funcional	RNF4.- Debe garantizarse la lectura del tag RFID tras el proceso.	Entorno Laboratorio
RNF5	No Funcional	RNF5.- Coste total del proceso de inserción reducido	Piloto industrial
RNF6	No Funcional	RNF6.- Integración automática del proceso de corte de piezas (seccionadora o nesting).	Piloto industrial
RNF7	No Funcional	RNF7.- Tiempo de proceso reducido.	Piloto industrial

Clasificación de los requisitos funcionales.

Durante alguna de las sesiones de trabajo mantenidas con las empresas colaboradoras del proyecto (PT3 transferencia) surgió el concepto del Tiempo de Ciclo del sistema, en el sentido de intentar reducirlo al máximo para poderlo balancear con otras operaciones como el corte de tablero o el chapado de cantos, en caso de buscar un flujo de materiales por producto (tipo línea de montaje).

La existencia de operaciones de lectura de verificación del tag una vez ha sido insertado (requisito funcional RF7) obliga a casi duplicar el tiempo de ciclo.

Dado que el proceso de inserción diseñado no es agresivo para el tag, y tras realizar pruebas manuales de lectura, se decidió descartar el RF7 y por tanto no llevar a cabo la tarea de verificar el tag tras la inserción ya que no se producía ningún error. De esta manera, se consigue reducir el tiempo de ciclo final a la hora de insertar los tags.

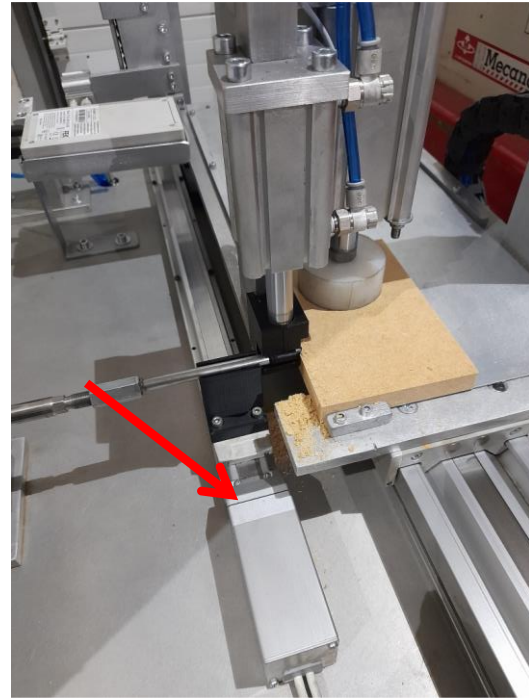
Dado que se descarta el RF7, debe descartarse el RF8 ya que no hará falta el circuito alternativo para las piezas defectuosas.

Por tanto, en las pruebas realizadas no se hace referencia a estos dos requisitos funcionales.

Se han desarrollado un total de siete pruebas de funcionamiento del equipo construido, alguna de las cuales se muestra en las siguientes imágenes.



Empujador que desecha el tag RFID defectuosos.



Ejemplo de mecanizado en el canto de una pieza Empujador insertando un tag RFID en la pieza

Todos los requisitos funcionales y no funcionales han sido validados en las pruebas realizadas, cumpliendo con los objetivos planteados al inicio del proyecto.

<i>CÓDIGO</i>	<i>TIPO</i>	<i>DESCRIPCIÓN REQUISITO</i>	<i>Validación</i>
RF1	Funcional	RF1.- Disponer de un sistema de almacenaje de tags RFID en la línea.	OK
RF2	Funcional	RF2.- Suministro automático de tags RFID desde la zona de almacenaje.	OK ¹
RF3	Funcional	RF3.- Comprobación preliminar del funcionamiento del tag previamente a ser insertado.	OK
RF4	Funcional	RF4.- Incorporar un circuito de deshecho para los tags que no puedan leerse.	OK



RF5	Funcional	RF5.- Incorporar operaciones de mecanizado en el canto del tablero previas a la inserción.	OK
RF6	Funcional	RF6.- Introducción y fijación del tag RFID en el canto de la pieza.	OK ²
RNF2	No Funcional	RNF2.- El tag de RFID debe soportar las condiciones del proceso de inserción	OK
RNF4	No Funcional	RNF4.- Debe garantizarse la lectura del tag RFID tras el proceso.	OK

Resultado de las validaciones.

2.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE DE GESTIÓN.

La aplicación de trazabilidad tiene que permitir, a partir de los datos de fabricación (órdenes de fabricación, lanzamientos, etc.) vincular los tags con cada pieza incluida dentro de dicho flujo de información:

- Asignar tags a lotes de fabricación.
- Asignar tags a lanzamientos de producción.
- Controlar si todas las piezas de una orden / lanzamiento tienen un tag asignado.

Para ello, se van a emplear los datos de cantidad total de una orden de fabricación, así como el código de dicha orden, código y descripción del artículo. Al vincular el tag rfid con la orden ya sea por lectura del código EPC, como por escritura en el banco del tag el código de la OF, tendremos relacionados tantos tags como cantidad de unidades tenga la orden. En el caso de grabar el tag, se debería de añadir un numerador para la controlar el número de unidades.



N.OF.: 18000001	F.Creación: 17/11/2018	Origen: Manual	Estado: Terminada
Artículo: DMPC037-300*126		Desc.Art.: Costado DR mesita 514 MC-300*126	
C.Inic: 40,00	C.Actual: 30,00	C.Límite:	C.Especiales: 0
F. Inicio: 17/11/2018	F. Prevista Fin: 09/01/2019	Traz.:	Almacén: Semielaborados
Orígenes de la Orden: Nec.x36 uds		PC 19000006-PRE x2 uds	PC 19000013-PRE x2 uds

Ejemplo de información de una orden de fabricación

Fuente: Elaboración propia

Usando como ejemplo la orden de fabricación de la imagen anterior se debería poder registrar lo siguiente:

Por Lectura	EPC:	Por Escritura	EPC:
En la aplicación para la OF 18000001, se registran un total de 40 tags	E200001951080024130003FC	Se grabaran 40 tags con el mismo número de OF	18000001-1
	E20000195108002415800BE0		18000001-2
	E2000019510800241300X102		18000001-3
	Etc....		18000001-4
			18000001-5
			18000001-6
			Etc..

El diagrama general del funcionamiento de la aplicación desarrollada es el siguiente:

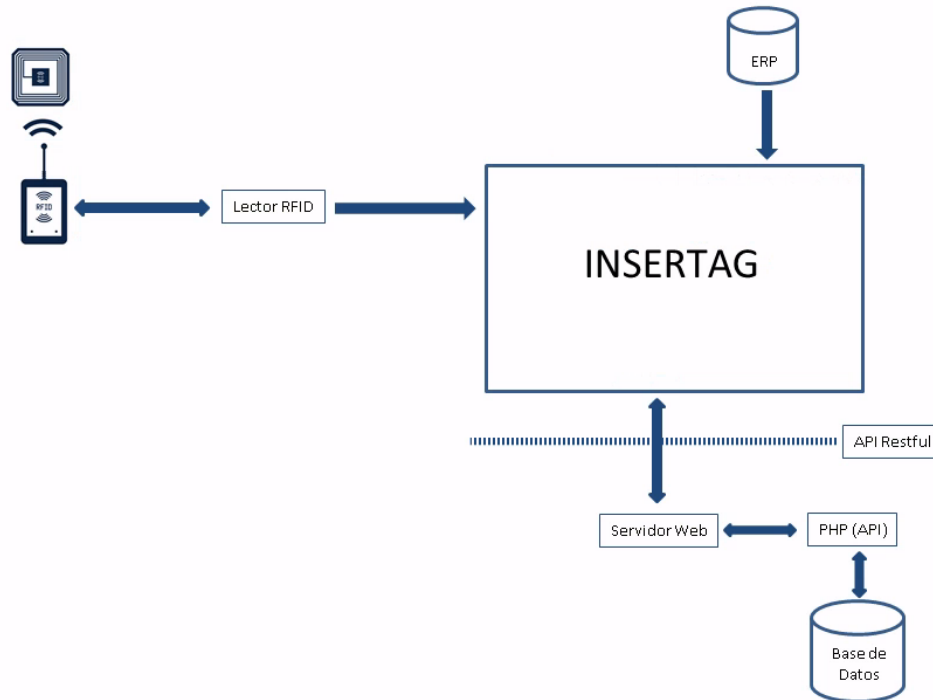


Figura 1. Esquema general de la aplicación Insertag.

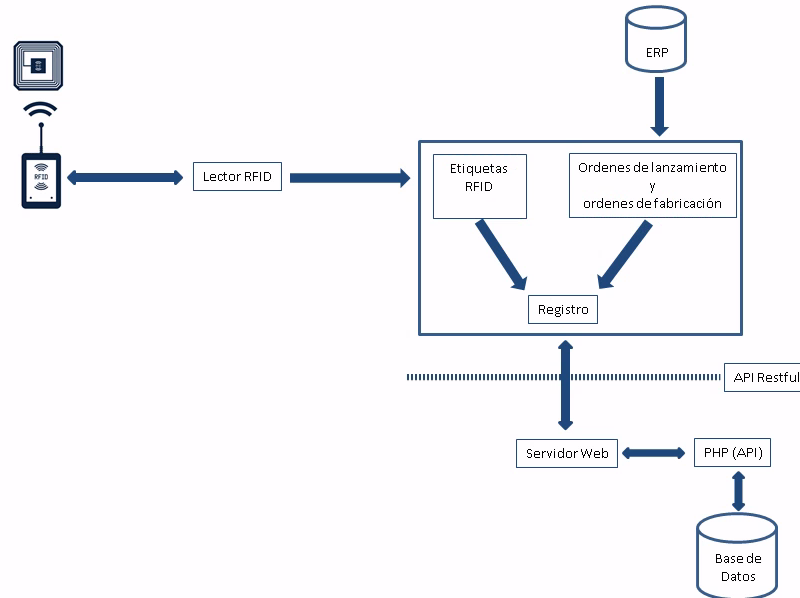
Fuente: Elaboración propia

La aplicación interactúa con 3 orígenes de datos diferentes que son:

1. El lector de etiquetas RFID. Del que obtiene el código identificador de etiqueta EPC.
2. La base de datos del ERP. De la que obtiene los códigos de lanzamiento y las ordenes de fabricación.
3. API Restful. Registro de las vinculaciones de etiquetas RFID con ordenes de lanzamiento y fabricación.

A continuación se detalla el funcionamiento de cada función de la aplicación.

Registro de una etiqueta.



Esquema de funcionamiento para el registro de una etiqueta.

Fuente: Elaboración propia

Para vincular una etiqueta RFID a una orden de fabricación la aplicación necesita:

1. Un código identificativo de etiqueta (EPC) que proporciona el módulo del lector de etiquetas RFID.
2. Así como el número de lanzamiento junto con el número de la orden de fabricación correspondiente de entre los posibles que puede tener un lanzamiento. Para este fin, el usuario tiene que filtrar o seleccionar los datos correspondientes almacenados en la base de datos del ERP a través de la interfaz gráfica de la aplicación.

Una vez que tenemos los datos necesarios, la aplicación bajo petición del usuario procede a registrar en la base de datos gestionada por la API Restful la vinculación de la etiqueta RFID a una orden de fabricación.

En la aplicación se incluye dos opciones distintas para la lectura de etiquetas RFID. La primera de ellas permite la lectura de un código de identificación de etiqueta (EPC) tal y como viene de fabrica. Este código identificador no sufre ninguna alteración, validación o transformación. Se gestiona por la aplicación tal y como es.



Ejemplo de código identificador

Fuente: Elaboración propia

La segunda opción, permite cambiar el código identificativo de etiqueta (EPC) siguiendo la estructura siguiente:

F	Código Fabricación	E	Número Ítem	C	Código Validación
---	-----------------------	---	----------------	---	----------------------

- Donde el código de fabricación es un código numérico decimal de 8 dígitos de longitud,
- el número de ítem es un código numérico decimal de 8 dígitos de longitud,
- y el código de validación es un código alfanumérico hexadecimal de 5 caracteres de longitud.

Este formato del código identificativo de etiqueta nos proporciona una mayor trazabilidad de los productos etiquetados al poder identificar visualmente la orden de fabricación en el código identificativo de etiqueta independientemente del lector RFID utilizado.

Mostramos a continuación el funcionamiento de los distintos componentes de la aplicación.

En la imagen siguiente se muestra como la aplicación comprueba que el código de identificación de la etiqueta RFID no cumple el formato especificado previamente para el código EPC, permitiendo renombrar la etiqueta al siguiente código de ítem de una fabricación que no se haya empleado con anterioridad.



Lanzamiento

Número de orden de lanzamiento:

Fabricación	Cantidad	Artículo	Descripción
18000001	40	DMPC037-300*126	Costado DR mesita 514 MC-300
18000002	40	DMPC038-300*126	Costado IZQ mesita 514 MC-300
18000003	40	DMPT010-326*300	Tapa Mesita 514 MC-326*300
18000004	40	DMPÑ018-326*45	Traba mesita 614-326*45
18000005	40	DMPCJ001-300*55	Costilla DR cajon mesita 514-300
18000006	40	DMPCJ002-300*55	Costilla IZQ cajon mesita 514-300
18000007	80	DMPCJ003-300*55	Traba cajon mesita 514-300*55

Etiqueta RFID

Código EPC: 30000013098A31C0000006CE

Es Valida: **False** CV: 8CEB1

Fabricación: 18000001 Registradas: 2

Nuevo EPC: F18000001E00000003C6D6F8

Nuevo Es Valida: **True** Nuevo CV: 6D6F8

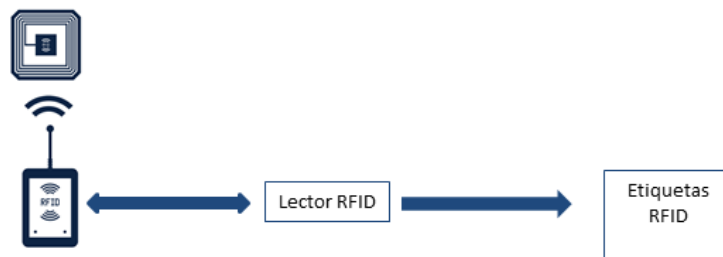
Pantalla de comprobación del código de la etiqueta.

Fuente: Elaboración propia

Sólo cuando una etiqueta ha sido renombrada y cumple con la convención que hemos establecido para una mayor trazabilidad se permite el registro de la misma. Este proceso de registro se amplía en un punto separado de este documento.

Etiquetas RFID.

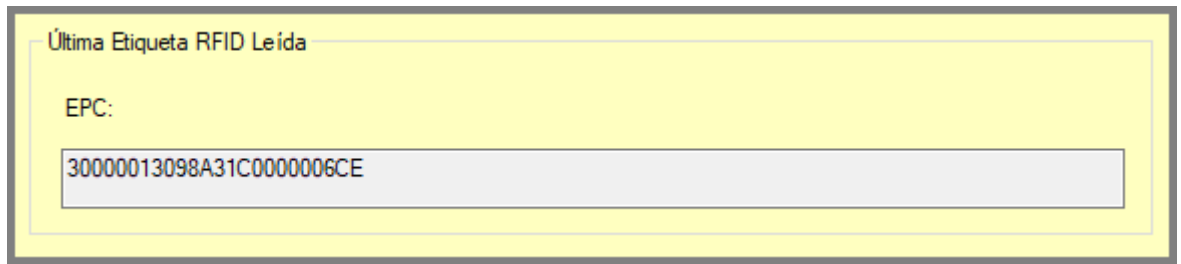
El flujo de información sigue el diagrama siguiente.



Esquema del flujo de información con el lector.

Fuente: Elaboración propia

El lector RFID notifica al visualizador de etiquetas el código identificador de etiqueta o EPC cada vez que una etiqueta se sitúa al alcance del lector. De forma automática se muestra el código identificativo de etiqueta



Pantalla con la última etiqueta leída

Fuente: Elaboración propia

Lanzamiento y Órdenes de Fabricación



Subsistema de lanzamiento producción y orden fabricación.

Fuente: Elaboración propia

El subsistema de lanzamiento a producción y ordenes fabricación consulta los datos almacenados por el ERP en un servidor de base de datos SQL Server. A tal fin trabaja con una vista de datos de acceso restringido.

Lanzamiento

Lanzamiento:

	Fabricación	Cantidad	Artículo	Descripción
	18000001	40	DMPC037-300*126	Costado DR mesita 514 MC-300*126
	18000002	40	DMPC038-300*126	Costado IZQ mesita 514 MC-300*126
	18000003	40	DMPT010-326*300	Tapa Mesita 514 MC-326*300
	18000004	40	DMPÑ018-326*45	Traba mesita 614-326*45
	18000005	40	DMPCJ001-300*55	Costilla DR cajon mesita 514-300*55
	18000006	40	DMPCJ002-300*55	Costilla IZQ cajon mesita 514-300*55
	18000007	80	DMPCJ003-300*55	Traba cajon mesita 514-300*55
	18000009	40	DMPCJ004-292*315	Solet mesita 514-292*315
	18000010	40	DMPF067-360*65	Frontera mesita 514-360*65

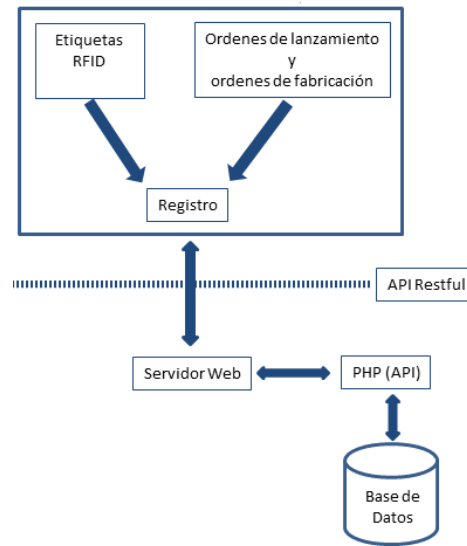
Pantalla de selección de código de lanzamiento.

Fuente: Elaboración propia

Gracias a este selector el usuario puede filtrar el código de lanzamiento junto con la orden de fabricación concreta a las que se asignará la etiqueta RFID.

Vinculación de Etiquetas RFID a Lanzamiento - Órdenes de Fabricación

El flujo de información sigue el diagrama siguiente.



Esquema del flujo del módulo de registro.

Fuente: Elaboración propia

El módulo de registro recibe los datos tanto de la etiqueta RFID notificada por el lector RFID como de códigos de lanzamiento y ordenes de fabricación filtrados de la base de datos del ERP. La vinculación de los datos emplea el API Restful.

A continuación se indican unas pantallas de ejemplo de cómo se realiza la vinculación.

Situación anterior al registro de la etiqueta.

Asociar		
Lanzamiento:	1800001	
Fabricación:	1800001	Pendientes:
Cantidad:	40	39
Registradas:	1	Registrada:
Etiqueta RFID:	F18000001E00000002CC8CA7	NO
<input type="button" value="Asociar"/>		

Pantalla de vinculación (i).

Fuente: Elaboración propia

Situación tras el registro de la etiqueta RFID



Asociar

Lanzamiento:	1800001	
Fabricación:	18000001	Pendientes:
Cantidad:	40	38
Registradas:	2	Registrada:
Etiqueta RFID:	F18000001E00000002CC8CA7	SI

Asociar

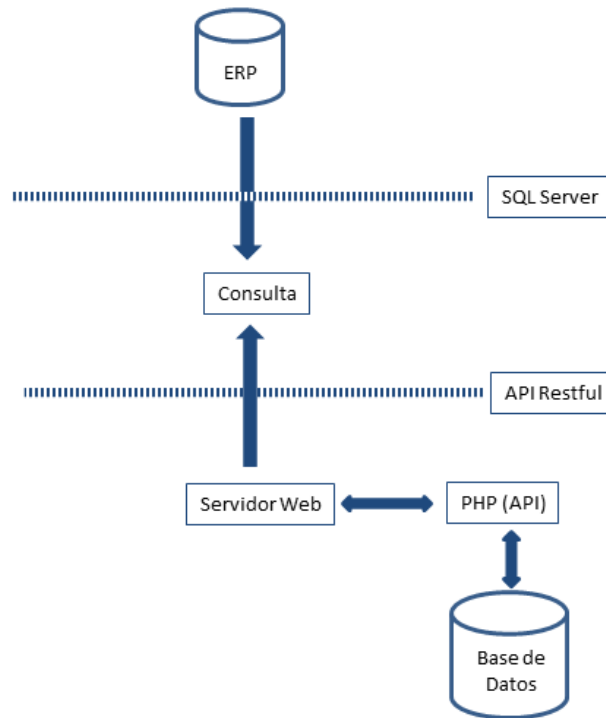
Pantalla de vinculación (ii).

Fuente: Elaboración propia

Obsérvese como el sistema consulta a través de la API Restful si el código de identificación de una etiqueta ya está registrado y la cantidad de etiquetas registradas en una orden de fabricación para, en consecuencia, actualizar los indicadores del panel de visualización.

Consultas.

El flujo de información sigue el diagrama siguiente.



Esquema del flujo del módulo de consultas.

Fuente: Elaboración propia

A continuación se detallan las distintas consultas que informan de los datos registrados a través del API Restful complementados con información extraída de la base de datos donde se almacena los datos del ERP

Consulta de etiqueta registrada por código identificativo de etiqueta EPC



Consulta Etiqueta

Etiqueta:

Lanzamiento:	1800001	Código Artículo:	DMPC037-300*126
Fabricación:	18000001	Artículo:	
Fecha Registro:	02/02/2021 9:35:33	Costado DR mesita 514 MC-300*126	
Ubicación:	LINEA 1	Cantidad:	40
Id. Lector:	7211313		

Pantalla de consulta de etiqueta (i).

Fuente: Elaboración propia

En esta consulta a partir de un número identificativo de etiqueta proporcionado por el usuario se procede a consultar a través de la API Restful a que orden de lanzamiento y de fabricación está vinculada así como la fecha en la que se realizó el registro.

Otra alternativa es realizar la consulta a partir del código identificativo de etiqueta RFID que está al alcance del lector de etiquetas.

Última Etiqueta RFID Leída

EPC:

Consulta Etiqueta

Etiqueta:

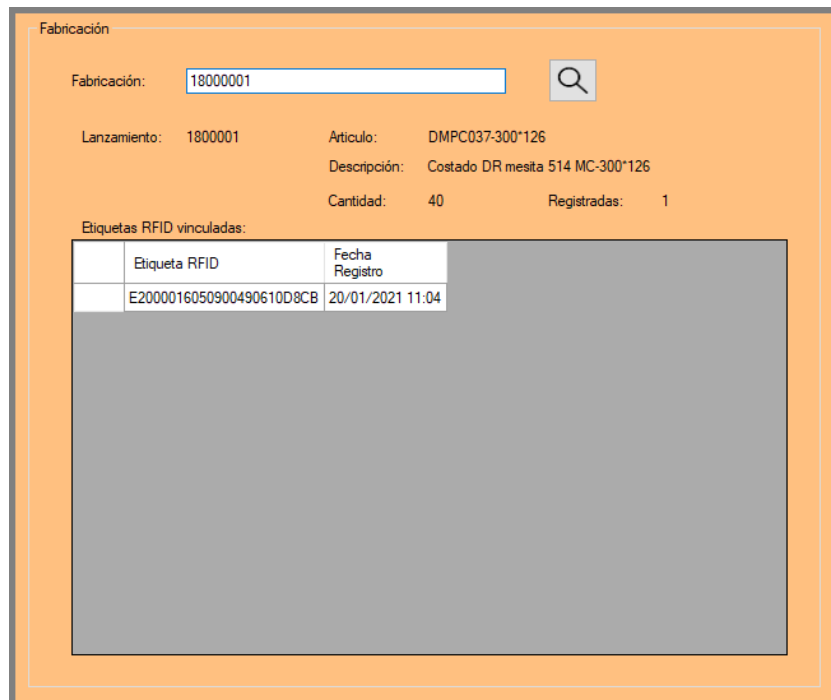
Lanzamiento:	1800001	Código Artículo:	DMPC037-300*126
Fabricación:	18000001	Artículo:	
Fecha Registro:	02/02/2021 9:35:33	Costado DR mesita 514 MC-300*126	
Ubicación:	LINEA 1	Cantidad:	40
Id. Lector:	7211313		

Pantalla de consulta de etiqueta (ii).

Fuente: Elaboración propia

Por último, esta consulta amplía la información que consta en el ERP a partir de la información obtenida del registro de etiquetas proporcionada por el API Restful.

Consulta de etiquetas registradas por orden de fabricación



The screenshot shows a web interface titled 'Fabricación'. It features a search bar with the value '18000001' and a magnifying glass icon. Below the search bar, the following information is displayed:

- Lanzamiento: 1800001
- Artículo: DMPC037-300*126
- Descripción: Costado DR mesita 514 MC-300*126
- Cantidad: 40
- Registradas: 1

Below this information, there is a section titled 'Etiquetas RFID vinculadas:' followed by a table with two columns: 'Etiqueta RFID' and 'Fecha Registro'.

Etiqueta RFID	Fecha Registro
E2000016050900490610D8CB	20/01/2021 11:04

Pantalla de consulta de etiqueta por orden de fabricación.

Fuente: Elaboración propia

Gracias a esta consulta el usuario puede obtener todos los códigos identificadores de etiquetas que constan en el registro gestionado por el API Restful vinculadas a una orden de fabricación concreta indicada por el usuario a través del interfaz gráfico de la aplicación.

Adicionalmente se complementa la información de la orden de fabricación consultando los datos gestionados por el ERP.

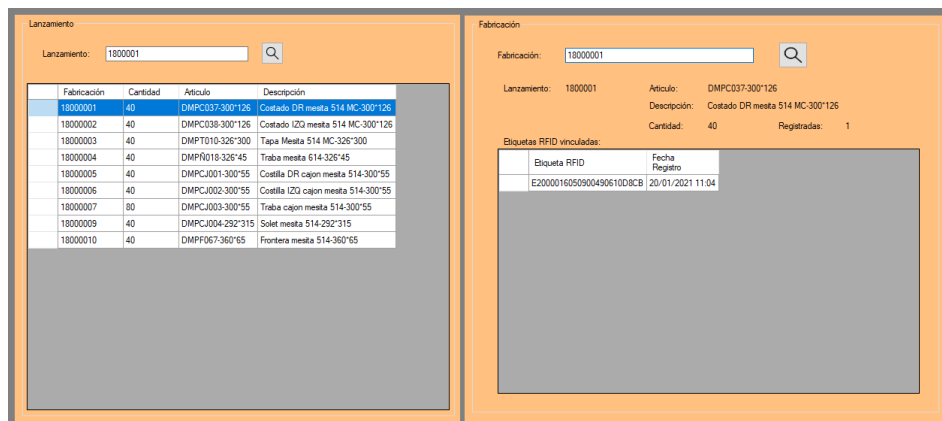
Consulta de etiquetas registradas por lanzamiento

En esta consulta el usuario puede indicar un código de lanzamiento y navegar entre sus órdenes de fabricación o bien indicar una orden de fabricación. Independientemente

de la información suministrada los paneles de información se actualizan en consonancia.

En el caso del panel de “Lanzamiento” la información se obtiene a partir de los datos almacenados en el ERP. Mientras que el panel de “Fabricación” muestra la información de las etiquetas vinculadas a la orden de fabricación obtenida mediante el API Restful.

En esta imagen se muestra las etiquetas con la numeración tal y como viene de fabrica asociada a una orden de fabricación.



Lanzamiento
Lanzamiento: 1800001

Fabricación	Cantidad	Artículo	Descripción
18000001	40	DMPC037-300*126	Costado DR mesa 514 MC-300*126
18000002	40	DMPC038-300*126	Costado IZQ mesa 514 MC-300*126
18000003	40	DMPF010-326*300	Tapa Mesa 514 MC-326*300
18000004	40	DMPF018-326*45	Traba mesa 514-326*45
18000005	40	DMPCJ001-300*55	Costilla DR cajon mesa 514-300*55
18000006	40	DMPCJ002-300*55	Costilla IZQ cajon mesa 514-300*55
18000007	80	DMPCJ003-300*55	Traba cajon mesa 514-300*55
18000009	40	DMPCJ004-292*315	Solet mesa 514-292*315
18000010	40	DMPF067-360*65	Frontera mesa 514-360*65

Fabricación
Fabricación: 18000001

Lanzamiento: 1800001 Artículo: DMPC037-300*126
Descripción: Costado DR mesa 514 MC-300*126
Cantidad: 40 Registradas: 1

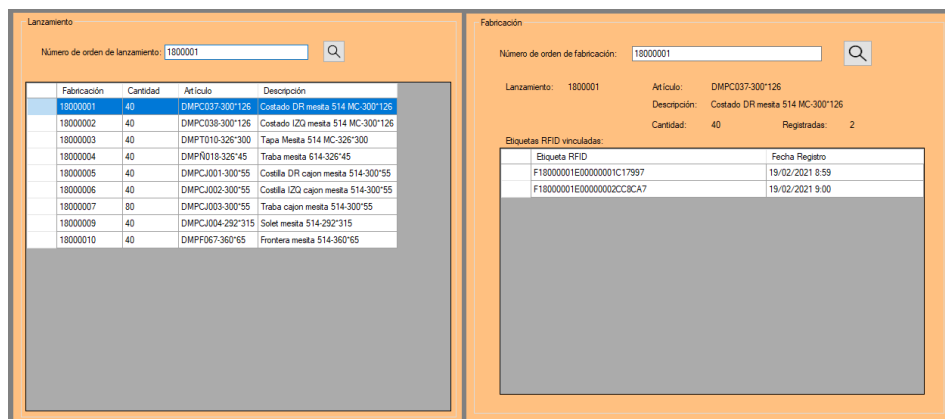
Etiquetas RFID vinculadas:

Etiqueta RFID	Fecha Registro
E200001605090049061008CB	20/01/2021 11:04

Pantalla de consulta de etiqueta por orden de lanzamiento (i).

Fuente: Elaboración propia

En esta otra imagen se muestran las etiquetas renombradas para permitir una mayor trazabilidad asociadas a una orden de fabricación.



Lanzamiento
Número de orden de lanzamiento: 1800001

Fabricación	Cantidad	Artículo	Descripción
18000001	40	DMPC037-300*126	Costado DR mesa 514 MC-300*126
18000002	40	DMPC038-300*126	Costado IZQ mesa 514 MC-300*126
18000003	40	DMPF010-326*300	Tapa Mesa 514 MC-326*300
18000004	40	DMPF018-326*45	Traba mesa 514-326*45
18000005	40	DMPCJ001-300*55	Costilla DR cajon mesa 514-300*55
18000006	40	DMPCJ002-300*55	Costilla IZQ cajon mesa 514-300*55
18000007	80	DMPCJ003-300*55	Traba cajon mesa 514-300*55
18000009	40	DMPCJ004-292*315	Solet mesa 514-292*315
18000010	40	DMPF067-360*65	Frontera mesa 514-360*65

Fabricación
Número de orden de fabricación: 18000001

Lanzamiento: 1800001 Artículo: DMPC037-300*126
Descripción: Costado DR mesa 514 MC-300*126
Cantidad: 40 Registradas: 2

Etiquetas RFID vinculadas:


Etiqueta RFID	Fecha Registro
F18000001E00000001C17997	19/02/2021 8:59
F18000001E00000002C8CA7	19/02/2021 9:00

Pantalla de consulta de etiqueta por código de lanzamiento (ii).

Fuente: Elaboración propia

Sistema de configuración de la aplicación.

La aplicación para su correcto funcionamiento necesita ser parametrizada a través de un archivo XML de configuración.



```
1 <configuracion>
2   <User>insertag</User>
3   <Password>insertag</Password>
4   <Server>INSERTAG-SERVER</Server>
5   <Port>1433</Port>
6   <BD>PRUEBAS</BD>
7   <UbicacionLector>LINEA 1</UbicacionLector>
8   <ApiKey>*1A902019D35A2AC8486F3B593C7E3E388F3DCFA2</ApiKey>
9   <ApiUser>insertag@insertag.com</ApiUser>
10  <ApiPassword>insertag</ApiPassword>
11 </configuracion>
```

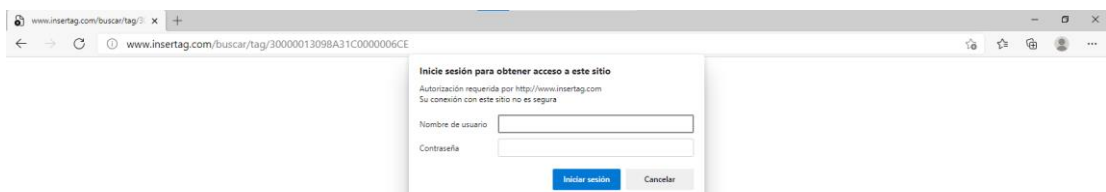
Archivo de configuración

Fuente: Elaboración propia

En este archivo se detalla:

- Los datos necesarios para consultar la base de datos del ERP,
- La ubicación del lector. Campo descriptivo del puesto de trabajo o línea de montaje que se incluirá en el registro de cada una de las etiquetas.
- El ApiKey. Clave de acceso autorizada para realizar solicitudes al API Restful. (descartada). El método de validación funciona correctamente pero impide el uso de un navegador de internet para realizar pruebas sobre el API Restful. Por este motivo deshabilitamos este mecanismo en la aplicación y activamos el descrito en el punto siguiente.
- ApiUser y ApiPassword. Usuario y clave de acceso al API Restful usando autenticación HTTP Básica según se define en el protocolo RFC 7235 del IETF. Si se implanta el API Restful en un sistema de producción se recomienda hacerlo en un servidor web con cifrado SSL.

Solicitud de credenciales al utilizar el API Restful con un navegador web.



Solicitud de credenciales.

Fuente: Elaboración propia

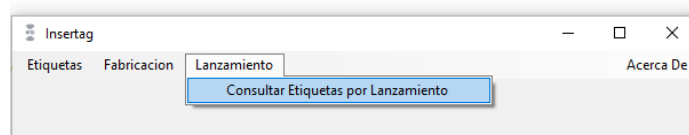
Si no se proporciona unas credenciales válidas el sistema impide el acceso

RESULTADOS DE PRUEBAS DE VALIDACION DEL SOFTWARE INSERTAG

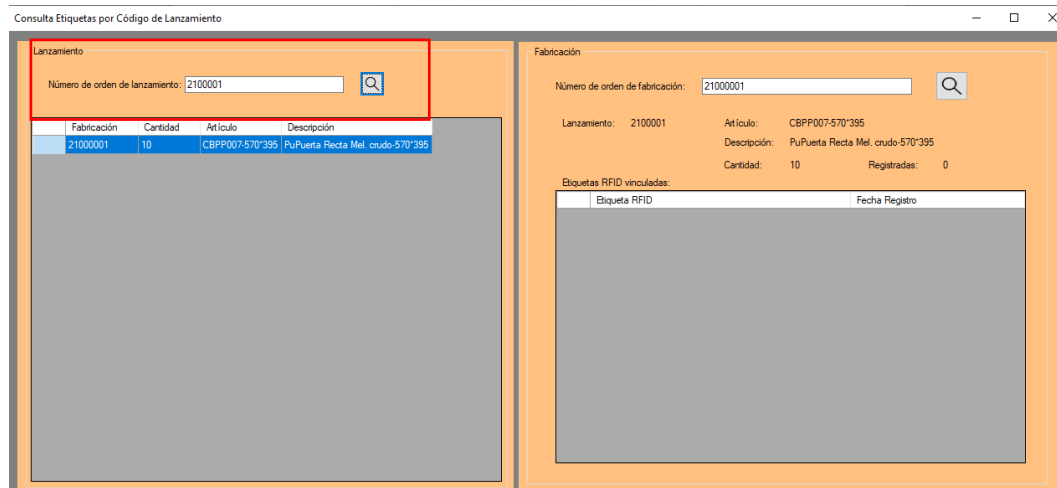
En este apartado se recogen únicamente algunas de las pruebas realizadas, aunque en el entregable correspondiente se detallan todas.

Previamente a la realización de pruebas de asignación de etiquetas RFID a las órdenes de fabricación de producción, se ha testado el sistema realizando consultas de producción.

Se ha podido realizar una consulta de los datos de producción empleando el Código de Lanzamiento a producción o bien usando el código de orden de fabricación.



Ruta de acceso pantalla consulta. Fuente: Elaboración propia



Pantalla consulta de Producción detalle por Lanzamiento. Fuente: Elaboración propia

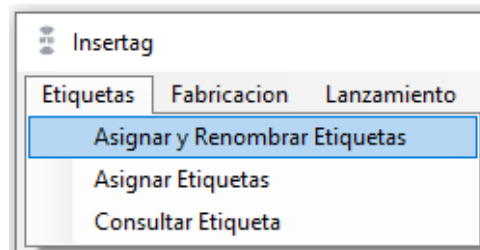
Al realizar la consulta con el código de Lanzamiento el sistema nos ha devuelto todas las órdenes de fabricación contenidas en el mismo, con los datos de la misma.

Al seleccionar en cualquiera de ellas, en la pantalla adyacente muestra los datos correspondientes a esa orden concreta, listándose las etiquetas RFID asignadas a dicha OF siempre que existan.

Instrucciones para la Asignación de Tags a una orden.

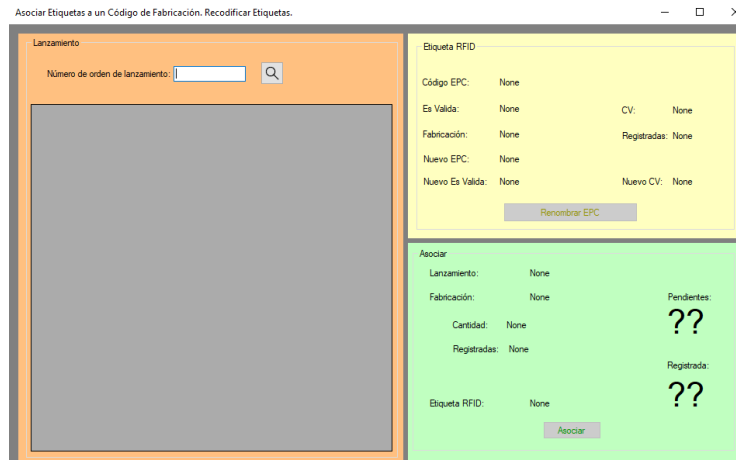
La asignación de los tag a las distintas órdenes de fabricación se realiza como se describe a continuación.

La asignación se realiza a través del menú siguiente:



Ruta de acceso a la pantalla de asignacion. Fuente: Elaboración propia

Al acceder a dicho menú, aparecerá la pantalla para crear la asignación, como se puede ver en la siguiente figura:



Detalle de la pantalla de asignación. Fuente: Elaboración propia

En esta pantalla al insertar el código de lanzamiento de producción, el sistema nos devuelve todas las órdenes de fabricación que contiene dicho lanzamiento, con sus datos correspondientes.



Lanzamiento				
Número de orden de lanzamiento: 2100001				
	Fabricación	Cantidad	Artículo	Descripción
	21000001	10	CBPP007-570*395	PuPuerta Recta Mel. crudo-570*395

Figura 2: Detalle lanzamiento filtrado. Fuente: Elaboración propia

- **Fabricación:** Indica la Número de orden de Fabricación
- **Cantidad:** Número de piezas de la orden de fabricación
- **Artículo:** Código del artículo.
- **Descripción:** Descripción del artículo.

Resultados de las pruebas

Una vez generado un lanzamiento con una orden de fabricación con 10 unidades se procede a realizar las siguientes acciones/comprobaciones.

ACCION	RESULTADO ESPERADO	RESULTADO
Asociar 5 tags a la orden	Se vinculan 5 tag y quedan pendiente 5 unds.	ok

Lanzamiento

Número de orden de lanzamiento: 2100001

Fabricación	Cantidad	Artículo	Descripción
21000001	10	CBPP007-570*395	PuPuerta Recta Mel. crudo-570*395

Etiqueta RFID

Código EPC: F21000001E00000005C1D657

Es Valida: True CV: 1D657

Fabricación: 21000001 Registradas: 5

Nuevo EPC: F21000001E00000006CC23CC

Nuevo Es Valida: True Nuevo CV: C23CC

Renombrar EPC

Asociar

Lanzamiento: 2100001

Fabricación: 21000001 Pendientes: **5**

Cantidad: 10

Registradas: 5

Etiqueta RFID: F21000001E00000005C1D657 Registrada: **SI**

Asociar

Detalle de la asociación de 5 tags a la orden (i).

Fuente: Elaboración propia.

ACCION	RESULTADO ESPERADO	RESULTADO
Completar tags de la OF	Se vinculan 5 tag y se completa la orden	ok

The screenshot shows a software interface for managing RFID tags. It is divided into three main sections:

- Lanzamiento (Launch):** Contains a search bar for 'Número de orden de lanzamiento' (Launch order number) with the value '2100001'. Below it is a table with columns 'Fabricación' (Production), 'Cantidad' (Quantity), 'Artículo' (Article), and 'Descripción' (Description). The table shows one row: '21000001', '10', 'CBPP007-570*395', and 'PuPuerta Recta Mel. crudo-570*3...'. There is a search icon to the right of the table.
- Etiqueta RFID (RFID Tag):** Contains fields for 'Código EPC' (EPC Code) with value 'F21000001E00000010CAC266', 'Es Valida' (Is Valid) set to 'True', 'CV' (CV) with value 'AC266', 'Fabricación' (Production) with value '21000001', 'Registradas' (Registered) with value '10', 'Nuevo EPC' (New EPC) with value 'F21000001E00000011CAC109', and 'Nuevo Es Valida' (New Is Valid) set to 'True'. There is also a 'Nuevo CV' (New CV) with value 'AC109' and a 'Renombrar EPC' (Rename EPC) button.
- Asociar (Associate):** Contains fields for 'Lanzamiento' (Launch) with value '2100001', 'Fabricación' (Production) with value '21000001', 'Cantidad' (Quantity) with value '10', and 'Registradas' (Registered) with value '10'. It also shows 'Pendientes' (Pending) with a large '0' and 'Etiqueta RFID' (RFID Tag) with value 'F21000001E00000010CAC266'. There is a large 'SI' (Yes) button and an 'Asociar' (Associate) button.

Detalle de la asociación de 5 tags a la orden (i).

Fuente: Elaboración propia.

ACCION	RESULTADO ESPERADO	RESULTADO
Registrar 2 veces el mismo tag a la misma OF	No permite renombrar ni asignar	ok

Lanzamiento

Número de orden de lanzamiento:

Fabricación	Cantidad	Artículo	Descripción
21000001	10	CBPP007-570*395	PuPuerta Recta Mel. crudo-570*395

Etiqueta RFID

Código EPC: F21000001E00000001C748B2

Es Valida: True CV: 748B2

Fabricación: 21000001 Registradas: 10

Nuevo EPC: F21000001E000000011CAC109

Nuevo Es Valida: True Nuevo CV: AC109

Asociar

Lanzamiento: 2100001

Fabricación: 21000001 Pendientes: **0**

Cantidad: 10

Registradas: 10 Registrada: **SI**

Etiqueta RFID: F21000001E00000001C748B2

Intento de registrar 2 veces el mismo tag.

Fuente: Elaboración propia.

ACCION	RESULTADO ESPERADO	RESULTADO
Consultar OF con 5 tag asignados	El sistema devuelve la información de los EPC de los tags asignados.	ok

Fabricación

Número de orden de fabricación:

Lanzamiento: 2100001 Artículo: CBPP007-570*395

Descripción: PuPuerta Recta Mel. crudo-570*395

Cantidad: 10 Registradas: 5

Etiquetas RFID vinculadas:

Etiqueta RFID	Fecha Registro
F21000001E00000001C748B2	16/04/2021 12:26
F21000001E00000002C6FA6A	16/04/2021 12:30
F21000001E00000003C8DF4A	16/04/2021 12:31
F21000001E00000004C64293	16/04/2021 12:31
F21000001E00000005C1D657	16/04/2021 12:32

Consulta una orden de fabricación (i)

Fuente: Elaboración propia.

2.3 CONCLUSIONES.

- El software desarrollado permite asignar un código único a cada tag a utilizar.
- Se puede asignar tags a ordenes de fabricación y lanzamientos de producción.
- Se ha comprobado que no es posible realizar una asignación de tags mayor al tamaño de las órdenes y lanzamientos.
- Se ha comprobado que no se puede asignar el mismo tag a diferentes órdenes o lanzamientos.
- El sistema se ha mostrado robusto y fiable para los objetivos para el que fue diseñado y desarrollado.

3 VALIDACIÓN EN EMPRESAS PILOTO.

El objetivo de este paquete de trabajo es validar los sistemas (equipo de inserción y software) e implementar las modificaciones necesarias que faciliten la consecución de los objetivos previstos en el proyecto.

Los requisitos a validar en la prueba piloto están relacionados con la capacidad para soportar procesos de fabricación posteriores a la inserción, el tiempo de ciclo y coste del proceso de inserción, y la posible integración en una línea industrial.

<i>CÓ DI GO</i>	<i>TIPO</i>	<i>DESCRIPCIÓN REQUISITO</i>
RN F1	No Funcional	RNF1.- El tag de RFID debe quedar oculto en la pieza tras el proceso de canteado.
RN F3	No Funcional	RNF3.- El tag RFID debe soportar las condiciones del proceso de canteado.
RN F5	No Funcional	RNF5.- Coste total del proceso de inserción reducido



RN	No	RNF6.- Integración automática del proceso de corte de piezas
F6	Funcional	(seccionadora o nesting).
RN	No	RNF7.- Tiempo de proceso reducido.
F7	Funcional	

Requisitos a validar en el PT6.

Fuente: Elaboración propia

Inicialmente, el enfoque del paquete de trabajo PT6 era la implantación del prototipo de máquina de inserción de tags RFID desarrollado en el paquete de trabajo PT5 durante un periodo acotado en el tiempo, que permitiera validar los requisitos no funcionales.

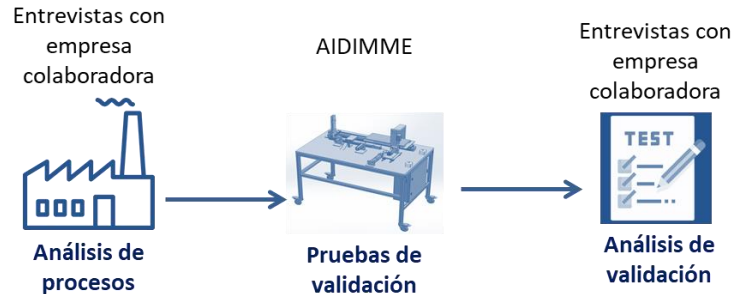
Sin embargo, tras las reuniones de transferencia mantenidas con las empresas colaboradoras en el proyecto se detectó la imposibilidad de insertar un nuevo equipo en el sistema de producción de las empresas, aunque fuera de forma temporal, por los siguientes motivos:

- El prototipo de sistema de inserción requiere de un espacio físico en las instalaciones de las empresas colaboradoras que obligaría a modificar los layouts actuales, que están optimizados para un proceso productivo sin dicha máquina.
- Si se ubica a continuación de una máquina seccionadora habría que disponer de más de un prototipo de máquina de inserción ya que el tiempo de ciclo de la seccionadora es mucho más alto que el del prototipo de inserción. De otra manera se estaría generando un cuello de botella, y se estaría mermando la capacidad de producción de todo el sistema productivo.
- Se requiere visto bueno y participación del departamento de mantenimiento para disponer de toma eléctrica y toma de aire comprimido, ya que en las zonas donde sería adecuado realizar el piloto no se dispone de ambas.
- Se requiere un análisis y visto bueno por parte de departamento de PRL (Prevención de Riesgos Laborales) de la empresa participante, así como una formación en los mismos para los operarios que utilizaran el prototipo durante las pruebas.

Por todo ello, se decidió por optar por un enfoque alternativo para llevar a cabo la validación de los requisitos no funcionales pendientes, sin tener que realizar una implantación física del prototipo en la empresa, pero sin perder el enfoque de validación en un entorno industrial que requería el proyecto.

Bajo este nuevo enfoque, el prototipo desarrollado en el paquete de trabajo PT5 no se implanta en la empresa colaboradora, sino que se implanta en AIDIMME. Se analizan junto con la empresa las condiciones de trabajo, y se replican por el personal de AIDIMME

trabajando en el proyecto para generar los resultados de las pruebas y ser analizados en conjunto con la empresa.



Proceso de validación llevado a cabo

Fuente: Elaboración propia

De este modo, la implicación de la empresa colaboradora pasa a formar parte activa en la generación de resultados durante la validación. La empresa colaboradora con la que se ha llevado a cabo el piloto ha sido la empresa MICUNA S.L., fabricante de mobiliario infantil y de puericultura.

3.1 RESULTADO DE LAS PRUEBAS.

Se han realizado 5 pruebas diferentes para la validación en la prueba piloto. Seguidamente se detalla algunas de las pruebas con sus resultados, así como las conclusiones finales.

Validación 1

CÓDIGO	TIPO	DESCRIPCIÓN REQUISITO
---------------	-------------	------------------------------

RNF1	No Funcional	RNF1.- El tag de RFID debe quedar oculto en la pieza tras el proceso de canteado.
------	--------------	---

Resultado	Comentarios
------------------	--------------------

OK	Se han canteado varias piezas. Los responsables de la empresa colaboradora validan el acabado conseguido.
----	---

Se indica un posible problema cuando en la canteadora se realice un fresado



antes de poner el canto.

Se realiza el canteado de varias piezas con el tag RFID insertado y son revisadas por el personal de Micuna S.L. El acabado se valora como positivo, sin apreciar ninguna diferencia con un chapado de cantos en una pieza sin tag.

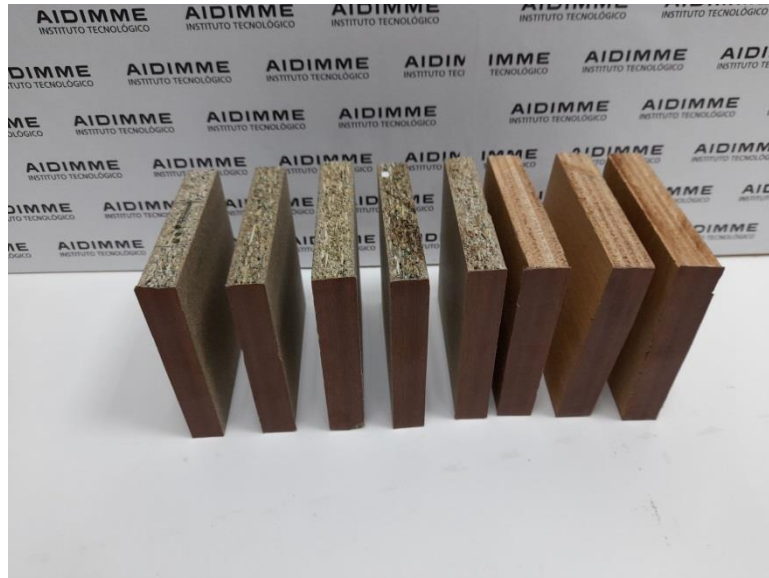


Figura 3. Imagen de piezas canteadas dadas por buenas.

Fuente: Elaboración propia



Imagen de una sesión de trabajo en la empresa colaboradora donde se revisan las piezas.

Fuente: MICUNA

Como aspecto a resaltar se indica que habría que introducir 2-3 milímetros más el tag, ya que algunas chapadoras de cantos incorporan una pequeña fresa, que elimina 1mm de material del canto para mejorar la superficie de trabajo. Esta merma de material en el canto puede llegar a dañar la fresa o el tag, si se golpean, o puede llegar a crear una pequeña deformación del material de canteado.

En la imagen anterior se puede ver un ejemplo de pieza donde el tag no ha sido insertado todo lo profundo que debería, y que puede dar lugar a un defecto de chapado de canto. A continuación se muestra una imagen donde el tag ha sido correctamente insertado y queda margen para un pequeño fresado en la canteadora.



Figura 4. Ejemplo de inserción de tag adecuada

Fuente: Elaboración propia

Para evitar posibles problemáticas derivadas de la actividad de fresado del canto previo al chapado del mismo se han propuesto dos acciones complementarias:

- Aumentar la longitud de la broca de taladrado 2-3 milímetros, así como el avance de la misma sobre la pieza durante el taladrado.
- Mejorar el sistema de fijación de la pieza para evitar pequeños desplazamientos de la misma al inicio del taladrado (especialmente en el momento inicial de contacto de la broca con la pieza).

Validación 2

CÓDIGO	TIPO	DESCRIPCIÓN REQUISITO
RNF7	No Funcion	RNF7.- Tiempo de proceso reducido.

al

Resultado	Comentarios
OK / NO OK	Validación dependiente de la máquina con la que se ponga en línea y la cantidad de prototipos.

Según las pruebas realizadas, el tiempo de ciclo del proceso de inserción de tags es de 42 segundos/pieza comprendiendo las actividades de:

- Ubicación de tag RFID en la línea desde el cargador.
- Taladrado en la pieza.
- Inserción del tag en el agujero
- Retirada de la pieza de la máquina.

Tiempo de proceso para el prototipo desarrollado.

La capacidad estimada del prototipo de inserción de tags RFID es de 75 piezas /hora.

Prototipo inserción tags			
CT	=	42	seg/pieza
Capacidad bruta	=	85	piezas/h
Perdidas capacidad			
Tags en cargador	=	25	tags
Tiempo de consumo tags	=	0,29	h
Tiempo recarga/ciclo	=	120	seg
Tiempo recarga/hora	=	0,11	h
Capacidad neta	=	75	piezas/h

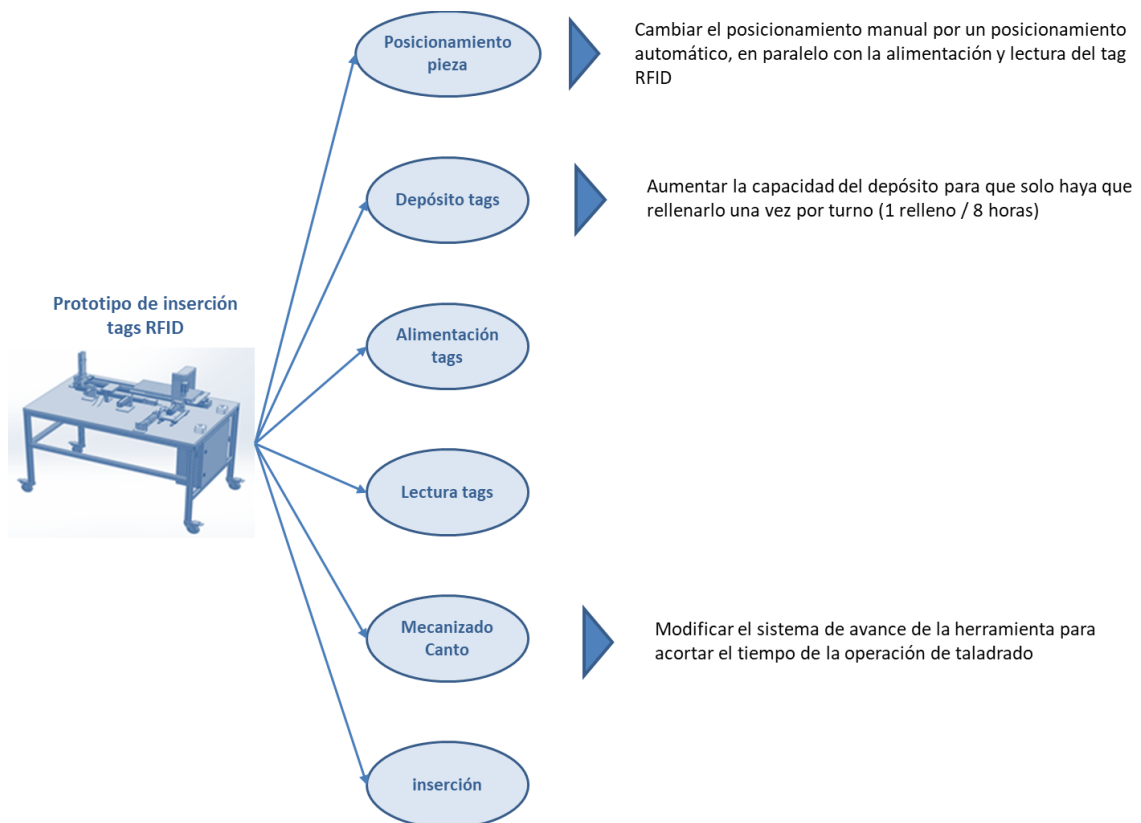
El tiempo de ciclo para la inserción de un tag es de 42 segundos por pieza, lo que supone una capacidad bruta de 75 piezas en 1 hora. Sin embargo, esta capacidad debe reducirse debido al tiempo que se debe dedicar a la recarga del depósito de tags.

Para éste cálculo se ha tenido en cuenta que la capacidad del depósito de almacenaje es de 25 tags. Con un TC=42 seg/pieza tarda en consumirse 0'29h. Esto significa en cada hora hay que dedicar un promedio de 0'11h a recargar el depósito de tags. Con esta meta de tiempo operacional la capacidad neta queda en 75 piezas/h.

Esta capacidad no tiene en cuenta las operaciones manuales de posicionamiento y retirada de la pieza de la máquina. Se va a trabajar en ésta fase solo con la hipótesis del tiempo de ciclo puto que necesita la máquina para efectuar su tarea de inserción del tag.

Esta velocidad de trabajo (o capacidad de operación) es valorada positivamente o negativamente por la empresa colaboradora en función de donde se ubicara la máquina. Se estima que la capacidad de trabajo es insuficiente para trabajar en línea con una seccionadora, pero que con un centro de mecanizado si sería suficiente.

En cualquier caso, se han identificado posibles mejoras a implementar para reducir el tiempo de ciclo (TC) y aumentar así la capacidad de producción.



De los diferentes subsistemas o tareas que se llevan a cabo en la máquina (posicionamiento pieza, almacenaje piezas, alimentación tags, lectura tags, mecanizado tags, inserción) se han identificado 3 tareas donde se podrían concentrar los esfuerzos donde mejorar el tiempo de ciclo:

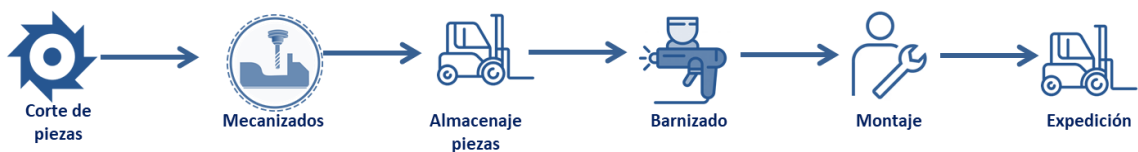


- En la actualidad es un posicionamiento manual que lleva al operario 10-20 segundos (teniendo en cuenta que las piezas estén al alcance de la mano). Si se automatiza esta tarea mediante un carro sobre guía, cinta o rodillos, y se ejecuta en paralelo con la lectura de un tag, se podría ahorrar el tiempo dedicado a esa tarea. Aunque no se ha tenido en cuenta esta actividad en el cálculo del tiempo de ciclo, la empresa colaboradora considera que hay margen de mejora en éste aspecto.
- Aumentar la capacidad del depósito de tags RFID para que no se tenga que realimentar durante un turno de trabajo (8 horas), y ahorrar así el tiempo empleado en esa actividad.
- Modificar el sistema de avance de la broca que realiza el taladrado para que se realice la operación más rápido.

Comparación de los tiempos de ciclo con otros procesos.

Los departamentos o procesos productivos generales llevados a cabo en la empresa colaboradora son las que se indican a continuación:

- Corte piezas, bien puede ser tablero (mdf generalmente), tablillas o madera.
- Mecanizado de piezas.
- Almacenaje de piezas mecanizadas.
- Barnizado de piezas.
- Montaje de muebles
- Preparación de bultos y pedidos para expedición.



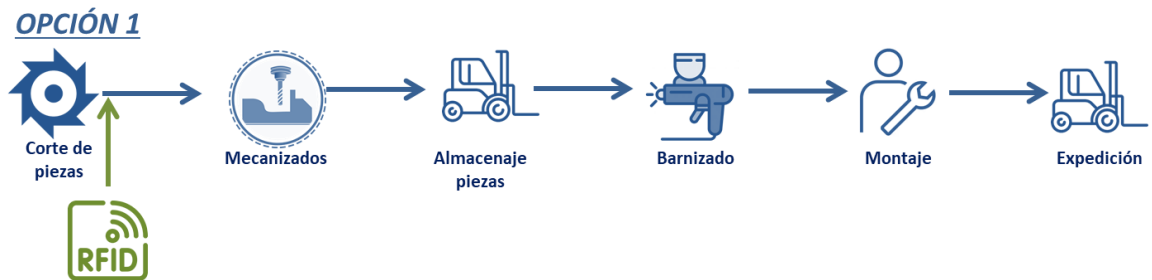
Etapas del proceso productivo de la empresa colaboradora

Fuente: Elaboración propia

A la hora de ubicar el nuevo proceso de inserción y balancear las operaciones con otros procesos de la empresa se han definido dos posibles opciones:

OPCIÓN 1.

Ubicar el prototipo en línea con la maquinaria de corte, bien la seccionadora (corte de tablero) o bien la maquinaria para corte de madera.



Opción 1: colocar el prototipo en línea con máquinas de corte

Fuente: Elaboración propia

La máquina de corte de madera presenta una capacidad promedio de 80 piezas / hora, variable en función del tipo de pieza a cortar.

Cortadora madera			
Capacidad	=	80	piezas/h

La seccionadora de tablero presenta una capacidad promedio de 130 piezas / hora variable, en función del tipo de pieza a cortar.

Seccionadora			
Capacidad	=	130	piezas/h



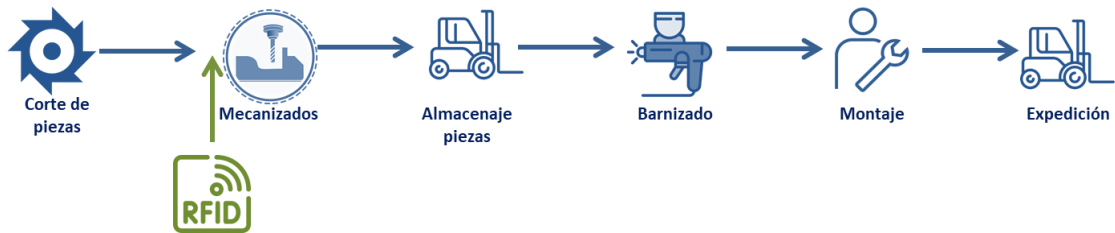
Seccionadora de tablero.

Fuente: MICUNA

OPCIÓN 2.

Ubicar el prototipo en línea con los centros de mecanizado, insertando el tag en una etapa posterior a la de corte de tablero o madera.

OPCIÓN 2



Los centros de mecanizado presentan una capacidad promedio de 50 piezas / hora muy variable, en función del tipo de pieza a mecanizar.

Centros mecanizado			
Capacidad	=	50	piezas/h



Zona donde se ubican diferentes centros de mecanizado.

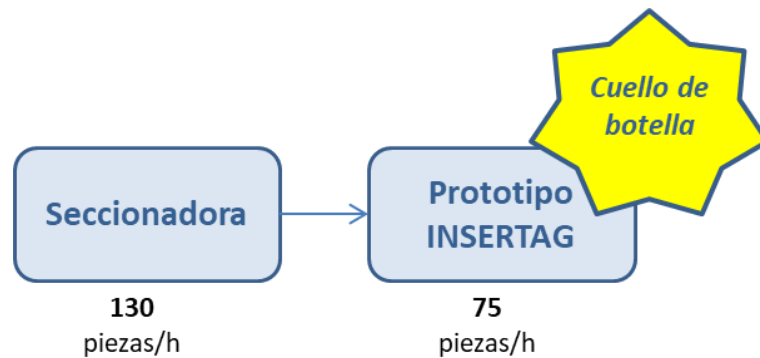
Fuente: MICUNA

Valoración de opciones.

A continuación, se han definido junto con la empresa colaboradora diferentes opciones a la hora de definir la posible ubicación del equipo en el proceso productivo teniendo en cuenta los tiempos de ciclo de cada proceso y la capacidad de producción.

OPCIÓN 1.

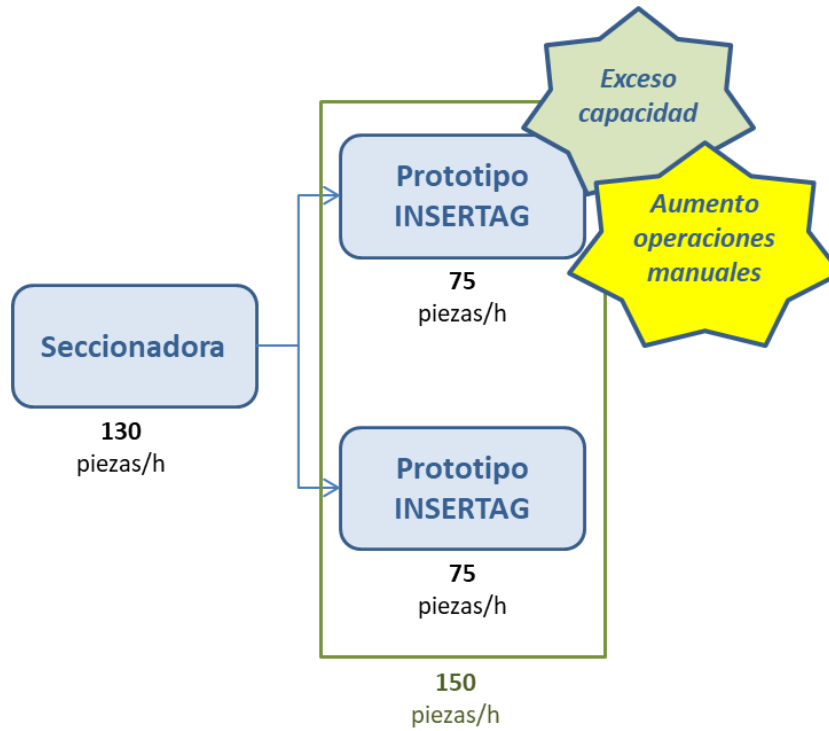
Para el flujo de materiales basado en tablero, a la salida de la seccionadora no quedaría balanceado ya que la capacidad de la seccionadora presenta un promedio de 130 piezas /hora y el prototipo de inserción puede trabajar con 75 piezas /hora máximo.



Equilibrado a la salida de la seccionadora (i).

Fuente: Elaboración propia.

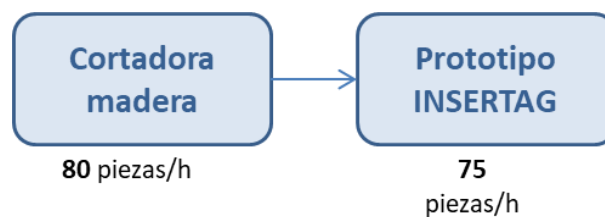
Una alternativa sería ubicar dos equipos de inserción a la salida de la seccionadora trabajando en paralelo. La capacidad de trabajo del nuevo proceso de inserción se duplicaría, quedando capacidad ociosa, pero aumentarían notablemente las necesidades de manipulación manual de piezas a la salida de la seccionadora, lo que incrementaría notablemente el coste del proceso.



Equilibrado a la salida de la seccionadora (i).

Fuente: Elaboración propia.

Para el flujo de materiales de piezas de madera, las capacidades de trabajo quedan más equilibradas. La cortadora de madera tienen una capacidad promedio de 80 piezas /hora y el prototipo del proyecto una capacidad máxima de 75 piezas /hora. Es el proceso donde más fácil sería equilibrar los tiempos de trabajo-



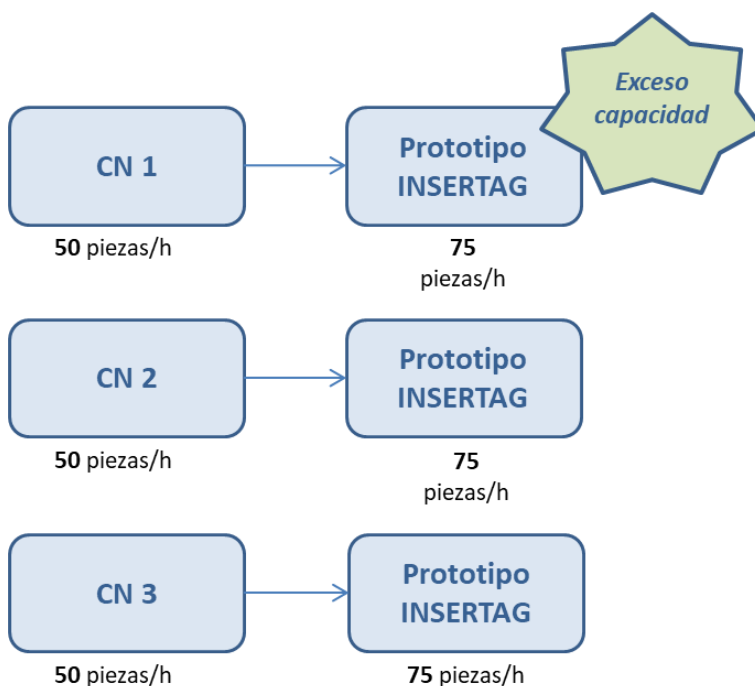
. Equilibrado a la salida de la cortadora de madera.

Fuente: Elaboración propia.

OPCIÓN 2.

Los centros de mecanizado suelen tener un tiempo de ciclo mucho más bajo que el del prototipo de inserción de tags. Las empresas del sector suelen disponer de varios centros de mecanizado con diferentes configuraciones para diferentes tipos de piezas (y la empresa colaboradora en el piloto no es una excepción). Si se ubicara un prototipo del proyecto insertag con cada centro de mecanizado no se generaría un cuello de botella al proceso.

Además, es en el proceso de mecanizado donde se personalizan las piezas según los diferentes pedidos, y por tanto, donde mayor importancia cobra el control de la trazabilidad de las mismas.

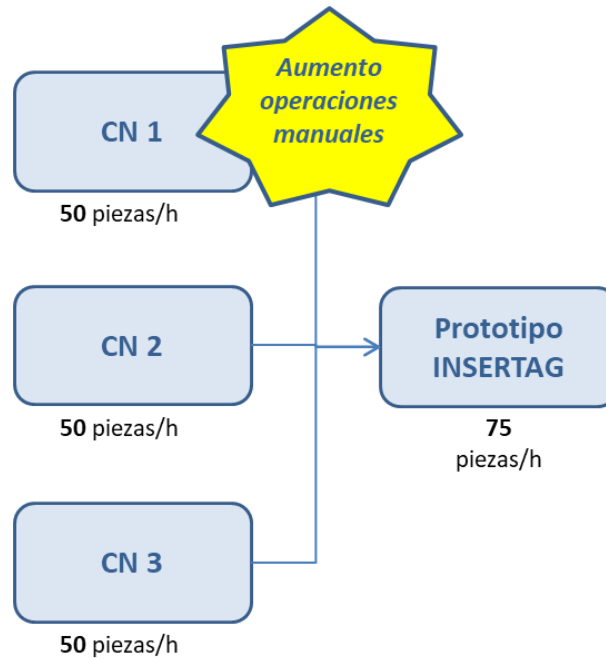


Equilibrado a la salida de los centros de mecanizado (i)

Fuente: Elaboración propia.

Pero esta opción requería una inversión importante en equipos de inserción, para tener un exceso de capacidad en todos y cada uno de ellos.

Se plantea una alternativa donde con una sola máquina de inserción se diera servicio a los diferentes centros de mecanizado. Esta alternativa permite optimizar la capacidad de trabajo de la máquina pero generaría operaciones de transporte de piezas entre los centros de mecanizado y la máquina de inserción. Además requeriría de la agrupación de piezas, generando lotes de trabajo, que luego habría que “romper” mediante actividades de clasificación antes de ir a la zona de almacenaje de piezas o directamente a la zona de montaje.



Equilibrado a la salida de los centros de mecanizado (ii)

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, con los tiempos de ciclo actuales el proceso donde mayor potencial presenta para la ubicación de un equipo de estas características sería el corte de madera siempre que los tiempos de ciclo sean similares.

En la medida que se pudiera mejorar la máquina y reducir los tiempos de ciclo a la mitad, podría balancearse con operaciones de corte de tablero en una seccionadora.

Validación 3.

CÓDIGO	TIPO	DESCRIPCIÓN REQUISITO
RNF5	No Funcion al	RNF5.- Coste total del proceso de inserción reducido
Resultado	Comentarios	

OK

Para realizar una estimación del coste de la operación por pieza, se han tenido en cuenta los siguientes conceptos:

Nº	Partida
1	Personal directo
2	Tags
3	Rechazos tag
4	Máquina inserción
5	Brocas
6	Energía

Para la obtención del coste de personal directo (operador de máquina) se han definido dos escenarios: un escenario donde la colocación y extracción de piezas se realiza de forma manual, y otro escenario donde no se requiere del operario y está automatizado y en línea con el proceso anterior / posterior.

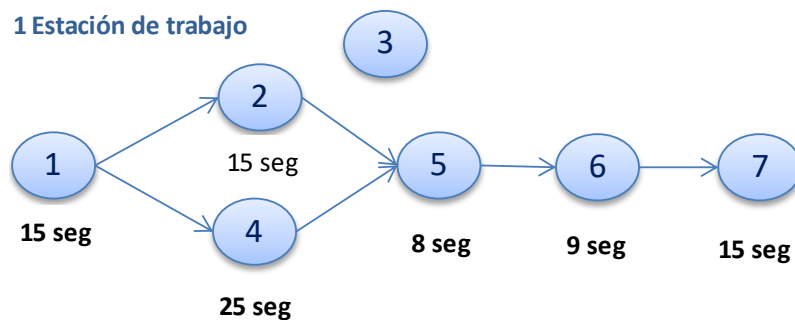
Escenario de posicionamiento y extracción manual.

En un escenario donde es un operario el que posiciona y manipula manualmente las piezas, además de ambas tareas se han considerado las que se relacionan en la siguiente tabla, definiendo la frecuencia con la que deben ejecutarse:

N	Operación	Frecuencia	Tiempo	Predecesor
---	-----------	------------	--------	------------

e				(seg)	a
1	Colocar tablero	pieza	1 / pieza	15	-
2	Leer tag		1 / pieza	15	1
3	Rechazar tag		1 / pieza defectuosa	5	2
4	Taladrar		1 / pieza	25	1
5	Insertar tag		1 / pieza	8	2, 4
6	Mover pieza fin línea		1 / pieza	9	5
7	Extraer pieza		1 / pieza	15	6
8	Limpieza serrín		1 / turno	300	-
9	Cambio de broca		1 / semana	60	-
10	Cargar tags		2 / hora	120	-

La lectura del tag y el taladrado se ejecutan en paralelo, según el siguiente diagrama:



La ruta crítica en éste escenario se compone de TC de 72 segundos /pieza, lo que supondría una capacidad de 400 piezas / turno de 8 horas. Se considera que un 1% de los tags pueden estar defectuosos. Teniendo en cuenta las pérdidas de tiempo operativo para tareas de limpieza de serrín, cambio de broca, y cargar tags en el depósito la capacidad baja hasta una estimación de 375 piezas /turno.

Ruta crítica:	72	seg / pieza
Capacidad Max:	400	piezas /turno
% tags def:	1%	
Ruta def:	77	seg/pieza
Capacidad 2:	399	piezas /turno
Capacidad 3:	375	piezas /turno
TC 3:	76,8	Seg /pieza

El coste de los tags se estima en 0'4 €/tag.

El coste del prototipo de la máquina de inserción ha sido de 11.710€. Se plantea una hipótesis de amortización de 5 años y un calendario anual de 1744 horas de tiempo operativo. Teniendo en cuenta la capacidad estimada de 375 piezas /turno el coste de maquinaria por pieza es de 0'0286 €/pieza.

Coste prototipo	11710	€
-----------------	-------	---



Amortización	5	años
Horas anuales	1744	h
Coste horario	1,34	€/hora
coste /pieza	0,0286	€/pieza

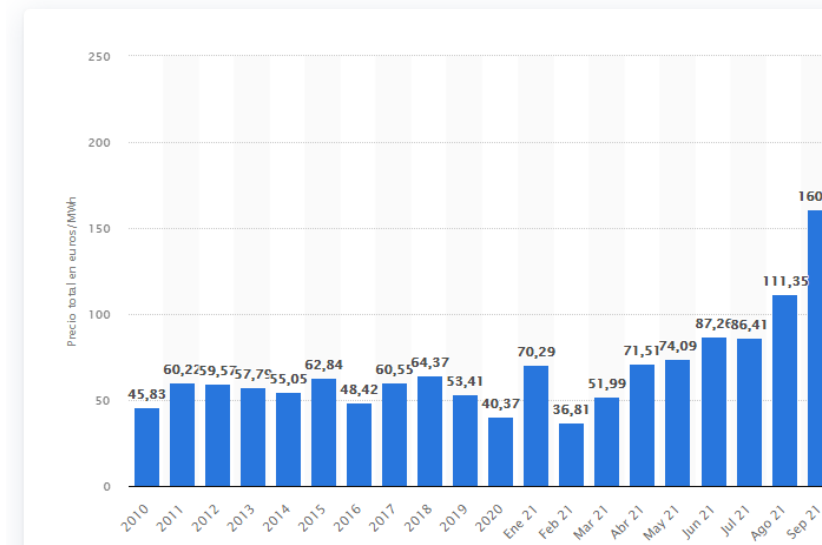
Se estima un coste de herramienta de mecanizado de 2€/broca.

Se ha medido un consumo promedio en la máquina de 8A, mediante una pinza amperimétrica. Lo que significa una potencia consumida de 1'76kW.



Para el cálculo del coste se ha tomado el precio del kWh publicado por el portal statista para Septiembre de 2021 (<https://es.statista.com/estadisticas/993787/precio-medio-final-de-la-electricidad-en-espana/>)

(en euros por megavatio-hora)



De esta manera, coste por pieza insertada estimado asciende a 3'71 €/pieza, tal y como se desglosa en la siguiente tabla.

Modo manual

Nº	Partida	Cantidad	Coste/ud	ud coste	Coste pieza	/	% Coste
1	Personal directo	1	27000	€/mes	3,2727		88,2%
2	Tags	1	0,4	€/tag	0,4000		10,8%
3	Rechazos tag	0,01	0,4	€/tag	0,0040		0,1%
4	Máquina inserción	1	11710	€/maq	0,0286		0,8%
5	Brocas	1	2	€/broca	0,001066667		0,0%
6	Energía		0,16	€/kW-h	0,006007467		0,2%
Total					3,71		

Teniendo en cuenta que es un coste por pieza, y que un mueble se compone de multitud de piezas el coste final a imputar en un mueble es muy elevado.

Por ello se ha realizado un análisis de costes similar, partiendo de la hipótesis que se elimina el trabajo manual y la máquina funciona de forma automática.

Escenario de posicionamiento y extracción automático.

Se considera que se eliminaría el tiempo del operario encargado de posicionar y extraer las piezas, y que el operario encargado de la seccionadora, corte de madera o centro de mecanizado podría atender las tareas extras de arranque y puesta a punto de la máquina.

Bajo esta hipótesis el coste del proceso de inserción sería de 0'44 €/pieza, siendo el coste del tag el responsable del 91% del coste total de la operación.

Modo automático

Nº	Partida	Cantidad	Coste/ud	ud coste	Coste pieza	/	% Coste
1	Personal directo	0	27000	€/mes	0,0000		0,0%
2	Tags	1	0,4	€/tag	0,4000		91,0%
3	Rechazos tag	0,01	0,4	€/tag	0,0040		0,9%
4	Máquina inserción	1	11710	€/maq	0,0286		6,5%
5	Brocas	1	2	€/broca	0,001066667		0,2%
6	Energía		0,16	€/kW-h	0,006007467		1,4%
Total					0,44		

Con éste orden de magnitud de costes la empresa colaboradora ve difícil aplicar la tecnología en el sector para identificación de todas las piezas de un mueble, ya que el incremento de costes se neutraliza el margen de beneficio, ya sería un coste difícil de repercutir en el cliente.

La implantación de la tecnología debería de pasar por la bajada de precio de los tags RFID a un orden de magnitud de unos pocos céntimos.

Otra opción que se plantea es la identificación de una sola pieza del mueble. No para la mejora de la gestión de la producción, sino para la trazabilidad del producto hacia el cliente final, y poder atender mejor reclamaciones, devoluciones y logística inversa. El código del tag iría ligado no ya a las órdenes de producción, sino a información del pedido a cliente.

El tag al ir insertado en una pieza y estar oculto, no se desprendería del mueble (como si lo hace una etiqueta) y podría ser leído por un lector siempre que fuera necesario para ser información del pedido, de montaje, de mantenimiento del mueble, etc., a todo aquel agente de la cadena de suministro que lo deseara (transportista, distribuidor, o usuario final del mueble).

Bajo éste enfoque el proceso de inserción debería de realizar durante el proceso de montaje del mueble.



3.2 CONCLUSIONES

Las pruebas realizadas se han focalizado en 5 requisitos que para su validación requería de un enfoque industrial que ha sido proporcionado mediante sesiones de trabajo con una de las empresas colaboradoras del proyecto.

CÓDIGO	TIPO	DESCRIPCIÓN REQUISITO
RNF1	No Funcional	RNF1.- El tag de RFID debe quedar oculto en la pieza tras el proceso de canteado.
RNF3	No	RNF3.- El tag RFID debe soportar las condiciones del proceso

	Funcional	de canteado.
RNF5	No Funcional	RNF5.- Coste total del proceso de inserción reducido
RNF6	No Funcional	RNF6.- Integración automática del proceso
RNF7	No Funcional	RNF7.- Tiempo de proceso reducido.

Se han identificado algunas potenciales mejoras en el prototipo desarrollados que facilitarían la adopción de la tecnología por parte de las empresas del sector.

- Respecto del RNF1 y RNF3, se ha identificado la necesidad de que el taladrado tenga 2-3mm mas de profundidad para que el tag quede insertado a mayor profundidad y evitar que durante una operación de fresado del canto (como preparación previa a un chapado de cantos) la herramienta de corte golpeará la cabeza del tag y se dañaran tanto la herramienta como el tag.
- Respecto del RNF7, se identifican posibles mejoras del Tiempo de Ciclo del prototipo mediante la automatización del posicionamiento y extracción de la pieza de tablero, la mejora del sistema de avance del taladro (ya que es la tarea de mayor duración), y el aumento de la capacidad del cargador de tags RFID para que solo haya que rellenarlo una vez por turno.
- El RNF5 ha sido identificado como la mayor barrera para la adopción de esta tecnología en un proceso industrial. Hay que lograr la mayor automatización posible, minimizando la participación de un operador para abaratar costes. Aun así el coste individual de un tag por encima de los 5 céntimos de euro supone una limitación para la identificación individual de piezas. La identificación de una sola pieza del mueble, para controlar la trazabilidad aguas debajo en la cadena de suministro (para mejorar el servicio postventa) es considerada a día de hoy la única opción viable para la tecnología desarrollada.
- A la hora de integrar el nuevo prototipo en un proceso industrial ya definido, las necesidades eléctricas, de aire comprimido y de espacio no han supuesto una barrera. Las necesidades de sincronizar tiempos de ciclo en un modo automático requería de la reducción del tiempo de ciclo si no se quiere ubicar más de un equipo. Si se requiriera más de un equipo de inserción las necesidades de espacio si supondrían una barrera.

En definitiva, la adopción de la tecnología por parte de las empresas del sector madera / mueble pasaría por las siguientes acciones:

1) Reducir el coste por pieza.

- Reducir el coste de los tags RFID a un umbral por debajo de 5 céntimos por tag.
- Eliminar las manipulaciones manuales de posicionamiento y extracción de las piezas, sustituyéndolas por movimientos automáticos y equilibrados en línea con otros procesos (máquinas) del proceso industrial de fabricación de piezas para mobiliario.

2) Reducir el tiempo de ciclo del proceso de inserción.

- Modificar el sistema de taladrado de las piezas para hacerlo más rápido.
- Mejorar el sistema de almacenaje de tags RFID para minimizar los tiempos de carga de tags.