



EXPEDIENTE	IMDECA/2016/64
ACRÓNIMO	OPTIMAN
PROGRAMA	PROYECTOS DE I + D EN COLABORACIÓN
TÍTULO DEL PROYECTO	GESTIÓN INTEGRADA DE LOS PROCESOS Y MÁQUINAS PARA LA MEJORA DEL MANTENIMIENTO Y FLEXIBILIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

E.5.2. Análisis de los resultados del Proyecto Piloto



Índice

1.-	Introducción.....	3
1.1.-	Objetivos del paquete de trabajo 5	3
1.2.-	Objetivos del presente documento	3
2.-	Pruebas realizadas.....	4
2.1.-	Pruebas realizadas en la industria del plástico.....	4
2.2.-	Pruebas realizadas en la industria del calzado	5
3.-	Pruebas realizadas.....	6
3.1.-	Preparación del proyecto piloto en el sector del plástico.....	6
3.2.-	Preparación del proyecto piloto en el sector del calzado	8
3.3.-	Análisis de datos.....	11
4.-	Resultados obtenidos.....	14
4.1.-	Resultados obtenidos en la industria del plástico	14
4.2.-	Resultados obtenidos en la industria del calzado	15
5.-	Métricas	18
6.-	Conclusiones.....	20

Figuras

Figura 01.-	Parámetros de salida del experimento	5
Figura 02.-	Recogida de datos de los sensores.....	7
Figura 03.-	Cable de Ethernet.....	8
Figura 04.-	Caja de conexión.....	8
Figura 05.-	Adecuación exportación de datos.....	9
Figura 06.-	Pinzas de medición de voltaje y amperaje.....	9
Figura 07.-	Analizador de redes.....	9
Figura 08.-	Imagen del momento de colocación del bloque para mecanizado de hormas	10
Figura 09.-	Colocación de los sensores	11
Figura 10.-	Detalle de la caja de conexiones	12
Figura 11.-	Detalle de la captación de datos en el ordenador.....	12
Figura 12.-	Detalle del programa en el centro de mecanizado.....	13
Figura 13.-	Detalle del programa ingiriendo datos procedentes delm mecanizado en la BBDD noSQL Cassandra	14
Figura 14.-	Detalle de una regla para anomalías unidimensionales	14
Figura 15.-	Detalle de las alertas en el frontend	15
Figura 16.-	Detalle del comportamiento de dos sensores.....	15
Figura 17.-	Detalle del comportamiento de varios sensores	16
Figura 18.-	Captación de datos.....	17
Figura 19.-	Integrantes en el proyecto piloto.....	18
Figura 20.-	Momento de recogida de datos por parte del ordenador	19



1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- *Objetivos del paquete de trabajo 5*

El objetivo del paquete de trabajo se centra en el diseño y planificación de un Proyecto Piloto que contemple la ejecución de dos casos de uso que permitan validar el sistema de optimización predictiva (PT4) y el de redes de producción (PT5).

1.2.- *Objetivos del presente documento*

En el presente documento se explicará de una forma detallada los resultados obtenidos en la realización de los dos proyectos pilotos que se van a llevar a cabo. Una de los proyectos piloto se desarrolla bajo la fabricación de plásticos, siendo sensorizado una máquina de inyección y el otro proyecto piloto se realiza en el entorno del calzado, teniendo en este caso un centro de mecanizado.

La estructura del presente documento es la siguiente:

En primer lugar se presentan las pruebas que se han realizado tanto en el sector del plástico como en el sector del calzado.

Seguidamente se describe como se han configurado los equipos para la realización de la prueba en el proyecto piloto.

A continuación, se presentan los resultados de cada una de ellas, según la prueba piloto que se ha realizado.

Finalmente, se realiza un resumen con las conclusiones obtenidas de cada una de las pruebas que se han realizado en el proyecto.



2.- PRUEBAS REALIZADAS

Tanto AIMPLAS como INESCOP han llevado a cabo distintas pruebas en sus instalaciones. Cada uno de estos institutos, apoyados con el ITI, han realizado una serie de pruebas específicas en su maquinaria y de este modo tener constancia de tanto los avances que se iban teniendo como los resultados obtenidos por el sistema.

El objetivo de estas pruebas consiste en detectar situaciones de fabricación incorrecta mediante la detección automática de anomalías durante el proceso de fabricación de éstas piezas. Para ello, los modelos estadísticos planteados aprenden inicialmente el comportamiento normal de los sensores, tanto a nivel unidimensional como multidimensional, en situaciones normales de fabricación, donde las piezas que se fabrican pueden considerarse correctas.

Los modelos anteriormente aprendidos a partir de los datos procedentes de un diseño de experimentos supervisado, se ponen en producción detectando posibles anomalías de funcionamiento durante un proceso de fabricación continuo, ofreciendo alertas en tiempo real cuando aparecen mediciones fuera de control, tanto a nivel unidimensional (cada sensor por separado) como a nivel multidimensional (comportamiento de un sensor respecto al comportamiento observado en el resto de sensores).

Las anomalías generadas por los modelos son analizadas por un sistema experto, que es el que finalmente decide sobre la visibilidad de éstas en el frontend a partir de una serie de criterios establecidos que buscan ofrecer únicamente verdaderas alertas y reducir así el número de falsos positivos.

2.1.- Pruebas realizadas en la industria del plástico

Para la realización del proyecto de Optiman, se elaboró un experimental, dotado de una cantidad significativa de pruebas, con la finalidad de obtener unos resultados que pudiesen proporcionar información al sistema para que posteriormente este pudiese revelar el estado de los llaveros de un modo automático.

Para la elaboración del experimental, se realizaron numerosas pruebas, variando los parámetros de entrada en cada una de las zonas de la unidad de inyección, para poder observar de esta manera como variaban los diferentes parámetros de salida obtenidos.

Nr. molde		Nr. pieza iny.		nr. material		Numero maquina 204169		número pedido Autrag 11233124		Llaveros AIMPLAS 20-dic-2016 14:46:42													
Tempo inicio	Contador	cic	Valor real	cc	Trigger	Valor punta	Pres. espe.	Cajin de ma	Valor real	ti	Tempo de c	valor real	ti	Ciclo tiempo	molde	1 [H7	Boquilla	[H2	Zona cilindr	Zona cilindr	Zona cilindr	Motivo pieza defectuosa	
Tempo inicio	iny	iny	iny	iny	iny	bar	bar	cm ³	s	s	s	s	s	Å°C	Å°C	Å°C	Å°C	Å°C	Å°C	Å°C	Å°C		
20/12/2016 14:47	300	38187	-	-	-	1632,5	1632,5	2,23	3,58	39,66	2,01	18,89	61	280	250,8	260,8	271,8						
20/12/2016 14:47	300	38188	-	-	-	1685	1685	2,35	3,63	39,65	2	18,84	61,2	280	250,7	260,9	272						
20/12/2016 14:48	300	38189	-	-	-	1679,4	1679,4	2,29	3,64	39,73	1,94	18,87	61,5	280,1	250,6	261	272,1						
20/12/2016 14:49	300	38190	-	-	-	1664,8	1664,8	2,29	3,6	39,65	1,97	18,86	61,6	280	250,5	261	272,2						
20/12/2016 14:49	300	38191	-	-	-	1668,9	1668,9	2,3	3,58	39,66	1,97	18,86	61,6	279,9	250,4	261,1	272,3						
20/12/2016 14:50	300	38192	-	-	-	1705,9	1705,9	2,35	3,62	39,68	1,97	18,85	61,6	280	250,3	261,1	272,1						
20/12/2016 14:51	300	38193	-	-	-	1710,4	1710,4	2,39	3,64	39,68	1,95	18,83	61,7	280	250,2	261,1	272						
20/12/2016 14:51	300	38194	-	-	-	1689,6	1689,6	2,31	3,64	39,67	1,93	18,85	61,8	280	250,1	261,1	271,8						
20/12/2016 14:52	300	38195	-	-	-	1678	1678	2,31	3,61	39,65	1,96	18,85	61,7	280	250,1	261,1	271,6						
20/12/2016 14:53	300	38196	-	-	-	1708	1708	2,38	3,62	39,66	1,96	18,83	61,7	280	250,1	261	271,3						
20/12/2016 14:53	300	38197	-	-	-	1699,6	1699,6	2,35	3,62	39,69	1,93	18,83	61,8	279,9	250	261	271,1						
20/12/2016 14:54	300	38198	-	-	-	1704,2	1704,2	2,35	3,63	39,67	1,94	18,84	61,6	280	250	260,9	270,8						
20/12/2016 14:55	300	38199	-	-	-	1695,2	1695,2	2,31	3,58	39,64	1,94	18,85	62	280	250	260,8	270,6						
20/12/2016 14:55	300	38200	-	-	-	1730,9	1730,9	2,42	3,58	39,6	1,96	18,8	62,2	280,1	249,9	260,7	270,4						
20/12/2016 14:56	300	38201	-	-	-	1721	1721	2,38	3,63	39,64	1,91	18,81	62,1	279,9	249,9	260,7	270,1						
20/12/2016 14:57	300	38202	-	-	-	1717,9	1717,9	2,38	3,63	39,62	1,93	18,82	62	279,9	249,9	260,6	270						
20/12/2016 14:57	300	38203	-	-	-	1747,8	1747,8	2,46	3,63	39,61	1,93	18,79	62,4	280	249,9	260,6	269,9						
20/12/2016 14:58	300	38204	-	-	-	1737,5	1737,5	2,41	3,67	39,71	1,9	18,81	62,5	280,1	249,8	260,6	269,8						
20/12/2016 14:59	300	38205	-	-	-	1714,6	1714,6	2,36	3,64	39,68	1,92	18,83	62,4	280	249,7	260,5	269,6						
20/12/2016 14:59	300	38206	-	-	-	1696,1	1696,1	2,33	3,57	39,52	1,94	18,84	62,4	279,9	249,7	260,4	269,4						

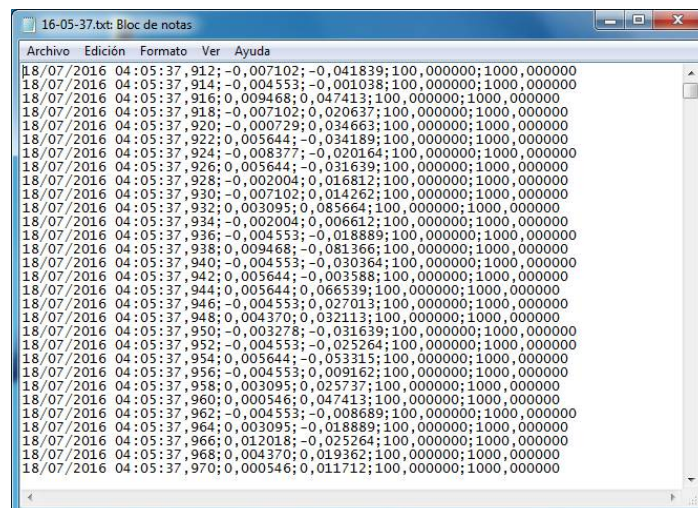
Figura 01.- Parámetros de salida del experimento

Los datos de los parámetros de respuesta de la máquina y de los consumos energéticos, fueron recogidos y registrados, junto con imágenes de las probetas obtenidas en cada prueba y una valoración por parte del experto de la unidad de inyección sobre el estado de las mismas.

2.2.- Pruebas realizadas en la industria del calzado

Para la realización del proyecto piloto del proyecto Optiman, se realizaron diversas pruebas en el centro de mecanizado. Estas pruebas nos han servido para ir definiendo los distintos valores ya sean buenos o malos obtenidos y de este modo alimentar el sistema para que posteriormente nos proporcione información sobre el estado de las hormas de un modo automático.

Para lograr el objetivo de dotar al sistema de inteligencia, se realizaron numerosas pruebas variando los diversos parámetros de configuración del centro de mecanizado obteniendo así una gran información de los sensores del centro de mecanizado, puesto que cada una de estas variaciones nos ha generado información que posteriormente se ha utilizado.



The screenshot shows a Notepad window titled '16-05-37.txt: Bloc de notes'. The window contains a list of data records, each consisting of a date and time followed by several numerical values separated by semicolons. The records are as follows:

Fecha y Hora	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4	Parámetro 5
18/07/2016 04:05:37,912	-0,007102	-0,041839	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,914	-0,004553	-0,001038	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,916	0,009468	0,047413	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,918	-0,007102	0,020637	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,920	0,000729	0,034663	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,922	0,005644	-0,034189	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,924	-0,008377	-0,020164	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,926	0,005644	-0,031639	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,928	-0,002004	0,016812	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,930	-0,007102	0,014262	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,932	0,003095	0,085664	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,934	-0,002004	0,006612	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,936	-0,004553	-0,018889	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,938	0,009468	-0,081366	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,940	-0,004553	-0,030364	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,942	0,005644	-0,003588	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,944	0,005644	0,066539	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,946	-0,004553	0,027013	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,948	0,004370	0,022113	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,950	-0,003278	-0,031639	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,952	-0,004553	-0,025264	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,954	0,005644	-0,053315	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,956	-0,004553	0,009162	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,958	0,003095	0,025737	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,960	0,000546	0,047413	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,962	-0,004553	-0,008689	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,964	0,003095	-0,018889	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,966	0,012018	-0,025264	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,968	0,004370	0,019362	100,000000	1000,000000	
18/07/2016 04:05:37,970	0,000546	0,011712	100,000000	1000,000000	

Figura 02.- Recogida de datos de los sensores

Además de la recogida de datos, el experto en el manejo del centro de mecanizado informaba en todo momento si las hormas obtenidas en el proceso eran correctas o no, por lo que la unión de los datos de los sensores con la experiencia del experto en creación de hormas, dotó al sistema de inteligencia y capacidad de decisión frente a las hormas creadas, ya que posee, por las pruebas realizadas, una base de datos amplia para decidir en cada una de las situaciones en la que se pueda crear una horma.

3.- PRUEBAS REALIZADAS

3.1.- Preparación del proyecto piloto en el sector del plástico

Para la realización del proyecto, fue necesario la instalación del cableado y de los sensores necesarios, además de la realización de ciertas tareas, para la medición y transmisión de los parámetros de salida y de consumos energéticos de las pruebas del experimental

Se instaló el cable de red Ethernet RJ45 para la transmisión de datos de la máquina al servidor. Este cable va desde la tarjeta capturadora, donde recoge los parámetros de salida, a la caja de conexión de red, la cual también fue instalada.

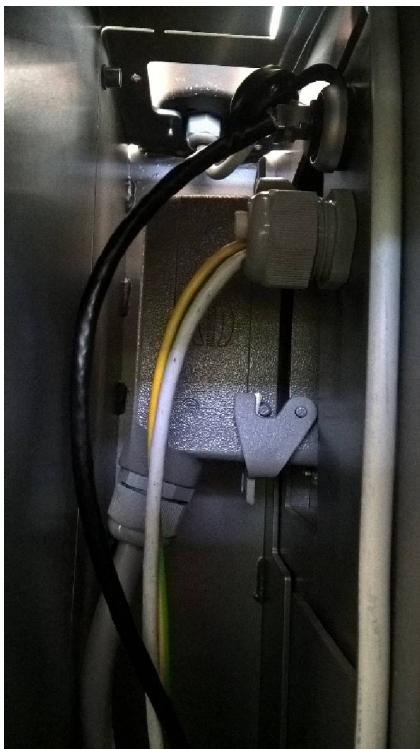


Figura 03.- Cable de Ethernet



Figura 04.- Caja de conexión

Tal y como se comentó en el entregable 3.1, se realizaron diferentes pasos y tareas para poder exportar la información directamente a la nube:

- La máquina se conectó a la red local de AIMPLAS y se le asignó una dirección IP del rango de direcciones locales.
- Se trató de habilitar el acceso directamente a la máquina desde internet, para que el personal del ITI pudiera extraer y analizar los datos. Para ello se reservó una dirección IP pública de AIMPLAS y se crearon reglas en el sistema de firewall para habilitar la comunicación desde internet a esa dirección IP. Esta dirección IP se configuró en la zona desmilitarizada de la

red de AIMPLAS (DMZ), donde están el resto de servicios accesibles desde internet ofrecidos por AIMPLAS (web, correo electrónico...).

- En el firewall se configuró una redirección de las conexiones entrantes a esa dirección pública asignada de la máquina a la dirección interna.
- Se configuro la máquina para que exportara la información directamente a una carpeta compartida mediante protocolo SMB en un servidor Windows.

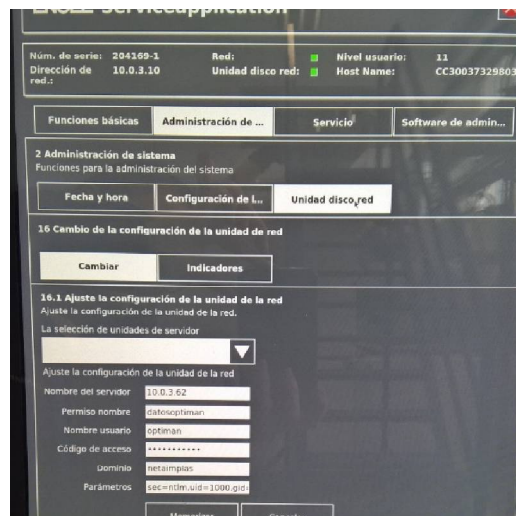


Figura 05.- Adecuación exportación de datos

Para la medición de los consumos energéticos se conectaron a los cables de potencia que alimentan la máquina inyectora unas pinzas de medida de voltaje, y las pinzas de medición de amperaje, éstas conectadas a la vez al analizador de redes.



Figura 06.- Pinzas de medición de voltaje y amperaje



Figura 07.- Analizador de redes



Además se instalaron el sensor de presión en cavidad y el sensor de transmisión de datos para poder realizar la medición y transferencia de los parámetros de salida involucrados en el proceso, a la red.

Cuando todo fue instalado y configurado se hizo el montaje del molde utilizado para la fabricación de llaveros. Un experto fue el encargado de la colocación de este, procurando que quedase centrado y alineado en la posición que correspondía, para que el proceso de inyección fuese correcto.

Previo al proceso del desarrollo del experimental se realizó el ajuste de la máquina inyectora, tal y como se indica en el entregable 5.1, y se realizaron las muestras de la primera probeta que sería aquella que se tomaría de referencia. A partir de ese momento, ya se podría empezar a realizar el experimental, manteniendo fijos todos los parámetros del ajuste de máquina y variando solo las temperaturas de las distintas zonas de la unidad de inyección.

3.2.- Preparación del proyecto piloto en el sector del calzado

Para poder llevar a cabo la prueba del proyecto piloto, el centro de mecanizado se preparó con los sensores y el mecanismo software creado para Optiman. El proceso fue el siguiente:

Primeramente se colocó el bloque para la realización de la horma. El bloque que se utilizó fue de las mismas características que el utilizado en pruebas anteriores, puesto que indistintamente de las hormas que se tengan que realizar, las características del molde no varían, ya que desde un primer momento se seleccionó un bloque estándar que nos sirve para un gran número de hormas. La colocación del bloque se llevo a cabo por el experto en centros de mecanizado, colocándolo en la mejor posición posible para que no hubiera ningún tipo de problema a la hora de comenzar a realizar la horma.



Figura 08.- Imagen del momento de colocación del bloque para mecanizado de hormas

Una vez que el bloque para mecanizado de hormas estuvo en la posición correcta para poder operar con él, se pusieron los distintos sensores que actuarán en el sistema, uno de ellos estará muy cerca del bloque para mecanizado y el otro se colocará más próximo a la fresa, consiguiendo de esta forma tener información de la fresa y el propio bloque de mecanizado. Esta colocación no ha sido al azar, sino que en las pruebas que se han hecho con anterioridad a la realización del proyecto piloto se ha comprobado que la colocación que tiene en este momento los sensores es la más adecuada para captar los datos que necesitamos.



Figura 09.- Colocación de los sensores

Una vez colocados los sensores, se procedió al conexionado de los mismos con la caja donde se encuentra toda la circuitería. En esta caja está el distinto hardware que nos permite recopilar los datos de los sensores y enviarlos al ordenador cuando este lo solicite. Para el conexionado de los mismos, simplemente se siguió el cableado que hay preparado para cada uno de ellos y se conectó a la caja.

Hay que tener en cuenta que cuando se instaló todo el cableado se identificó que cable iba a cada sensor, por lo que se ha colocado de forma rápida y sabiendo en todo momento que el sensor que se estaba colocando iba correctamente con el conector de la caja.



Figura 10.- Detalle de la caja de conexiones

Una vez realizado el conexionado de los sensores, caja de conexiones posee un conector USB el cual se conecta ordenador. Este ordenador está equipado con un software de recepción y tratamiento de datos procedentes de la tarjeta de adquisición, de esta forma, se irán visualizando y almacenando los datos que nos llegan de los distintos sensores que hay instalados en el centro de mecanizado. Cuando se ha realizado la conexión con el ordenador y el software se ha puesto en marcha, se ha realizado una serie de pruebas para verificar el correcto funcionamiento de los sensores con el centro de mecanizado sin funcionamiento, visualizando en el ordenador que se recibían datos de ellos y que variaban según nuestra prueba.

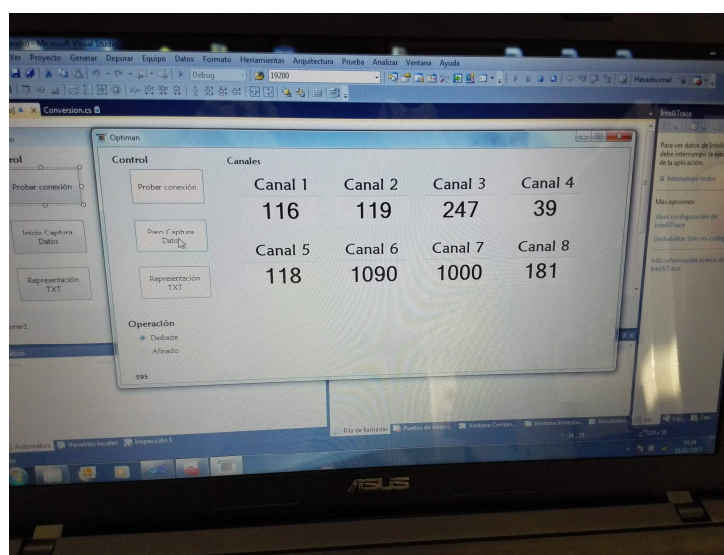


Figura 11.- Detalle de la captación de datos en el ordenador



Cuando esta prueba nos ha confirmado que se recibían datos, sólo quedaba por conectar el centro de mecanizado y cargar el programa para la realización de una horma en él. Este programa se había programado con anterioridad y se cargó en el centro de mecanizado con las especificaciones de la horma que se quería realizar. El centro de mecanizado posee una memoria interna donde se pueden almacenar programas para su utilización posterior. Estos programas son transferidos desde un ordenador mediante un programa ftp.



Figura 12.- Detalle del programa en el centro de mecanizado

A partir de este momento, el sistema estaba preparado para realizar la prueba piloto.

3.3.- Análisis de datos

Una vez obtenidos los datos procedentes del sistema de sensorización de las máquinas analizadas en ambos casos de uso, estos se transfieren a la aplicación informática que se encargará de lanzar los modelos de análisis que de manera periódica alertará al sistema experto cuando detecte alguna anomalía, tanto de tipo unidimensional como multidimensional. El frontend web se encargará de visualizar las alertas y el comportamiento de los diferentes sensores analizados.

La siguiente figura muestra al sistema realizando la ingesta de datos e introduciéndolo en la BBDD para su posterior procesamiento y análisis por parte de los modelos, el sistema experto y el frontend web.

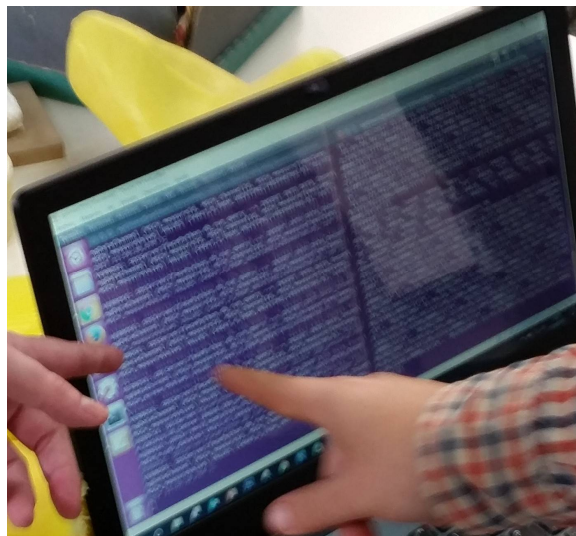


Figura 13.- Detalle del programa ingiriendo datos procedentes del mecanizado en la BBDD noSQL Cassandra

Una vez introducidos los datos, los modelos los analizan con el objetivo de detectar posibles anomalías. Las anomalías detectadas comunicadas por los modelos son analizadas por el sistema experto que es quien se encarga de ofrecerlas como alertas si así son consideradas finalmente por las reglas implementadas en el sistema experto. La figura siguiente muestra el detalle de una regla de detección de alerta multidimensional programada sobre el sistema experto.

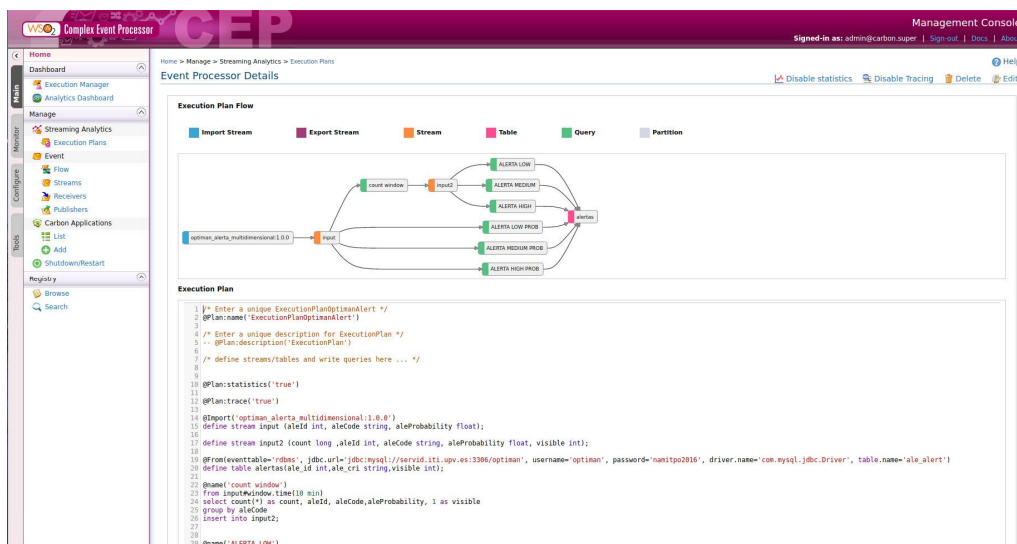


Figura 14.- Detalle de una regla para anomalías unidimensionales.

Las anomalías ofrecidas por el sistema experto se visualizan en el FrontEnd. La siguiente figura muestra la visualización de las alertas detectadas, primero como anomalías por parte de los modelos y luego como alertas por las reglas programadas por el sistema experto.

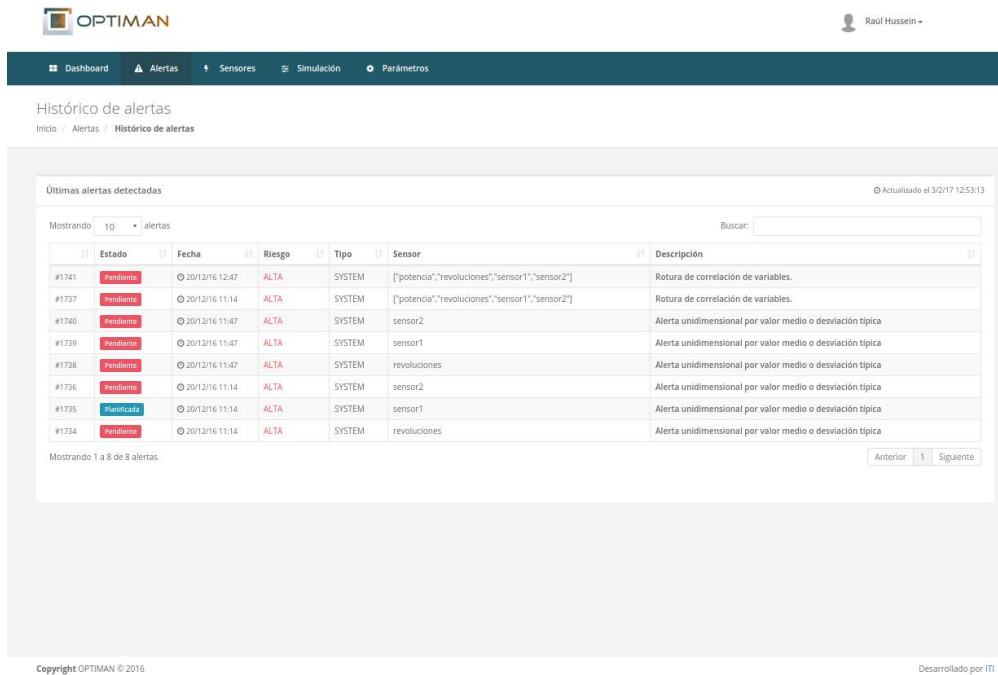


Figura 15.- Detalle de las alertas en el frontend

Tal y como se ha comentado anteriormente el sistema es capaz de detectar tanto alertas unidimensionales como multidimensionales. Además de poder graficar el comportamiento de varios sensores a la vez durante el mecanizado para entender bien su funcionamiento.

En la figura 16 se muestra el comportamiento de dos sensores en dos fases distintas de funcionamiento que habían ofrecido una alerta unidimensional a partir de un instante determinado. En la gráfica se observa como la variabilidad y los valores medios de los sensores habían cambiado mostrando así la explicación de la alerta observada.

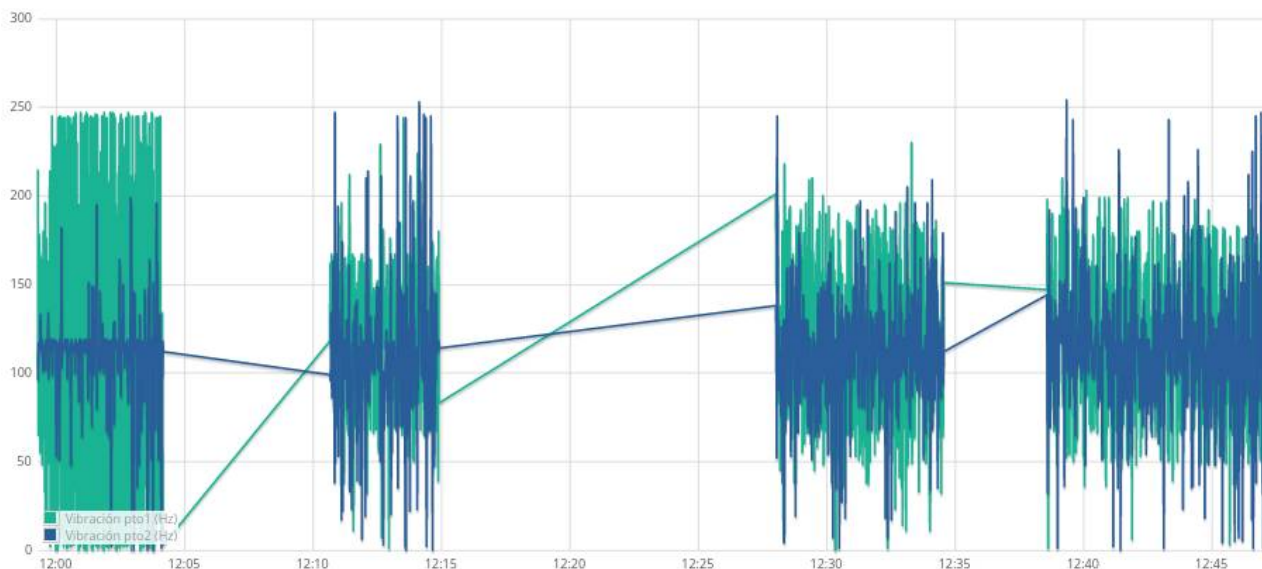


Figura 16.- Detalle del comportamiento de dos sensores

La figura 17 nos muestra en la caída final la explicación de una anomalía multidimensional ofrecida por el sistema. En este caso se había desconectado una de las partes de la máquina pero el resto de sensores todavía estaban en funcionamiento, esto produjo una rotura en la relación natural de las variables que alertó al sistema.

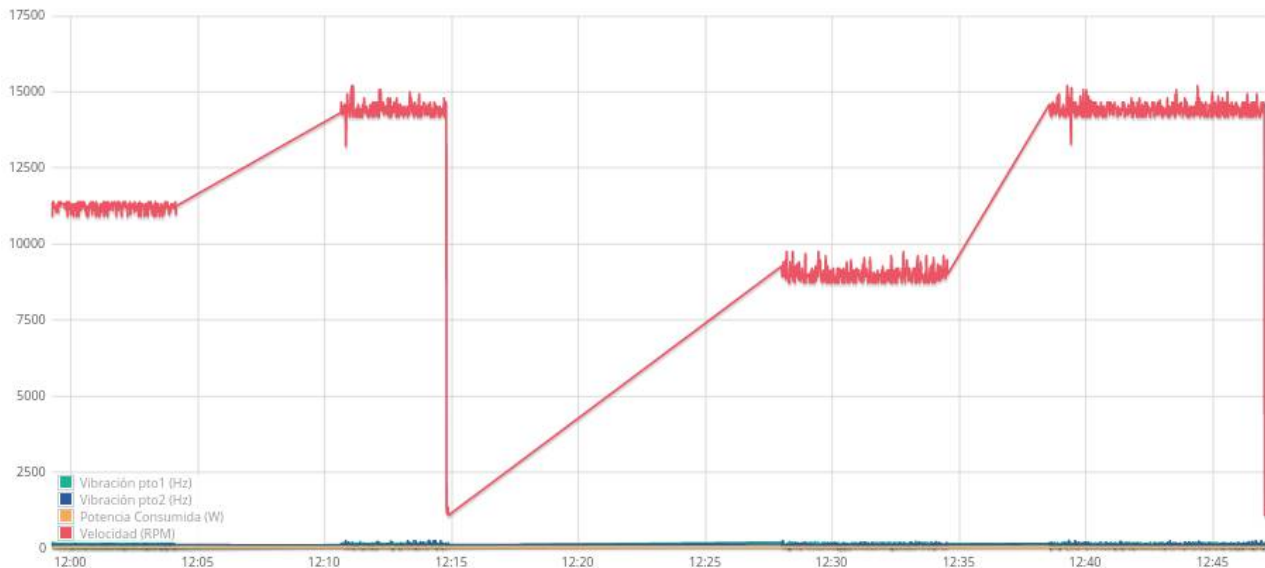


Figura 17.- Detalle del comportamiento de varios sensores.

4.- RESULTADOS OBTENIDOS

4.1.- Resultados obtenidos en la industria del plástico

Cuando se tubo todo el todo el sistema preparado se procedió a realización del proyecto

Para llevar a cabo el proyecto se decidió fabricar piezas correctas con unas condiciones óptimas y piezas incorrectas con un aspecto que no fuese el esperado, variando parámetros. De esta manera se podría comprobar si el sistema es capaz de detectar cuando el proceso de inyección no es el adecuado.

Para poder observar de primera mano el proceso de inyección de las piezas, y conectar el sistema a la unidad de inyección para el tratamiento de los datos, los miembros de ITI visitaron las instalaciones de Aimplas.

La primera de las pruebas que se realizaron consistía en hacer una inyección de las piezas con unas condiciones óptimas para que estas saliesen sin defectos y los parámetros de respuesta fuesen los adecuados.

En la siguiente prueba que se llevó a cabo, se varió un parámetro muy decisivo a la hora de obtener piezas correctas, que es la temperatura del molde. Como bien era sabido por el experto, la temperatura del proceso y la presión de inyección son parámetros son inversamente proporcionales, por lo que si la temperatura del molde se bajaba, esto produciría un error en la inyección debido a un aumento considerable de la presión de inyección.

La última prueba que se realizo fue la de variar la temperatura de dos zonas del cilindro de inyección a la vez, pero manteniendo la temperatura del molde de las condiciones ideales. Bajando la temperatura de dos zonas a la vez, se conseguiría que el material no

estuviese lo suficientemente fundido y que la presión subiese hasta provocar un error en la inyección.

Todos los datos de los parámetros de respuestas obtenidos durante el proceso fueron recogidos y registrados para posteriormente ser transferidos al sistema y que este los tratase y se observase si podía detectar los errores que se habían provocado.

Nombre protocolo: Llaveros AIMPLAS

Tiempo inicio	SZx [m]	ZUs [s]	ZDx [s]	Z4x [s]	H7x [°C]	H2x [°C]	H3x [°C]	H4x [°C]	H5x [°C]	Trigger
12:00:53	38652	40,00	1,99	19,22	102,0	259,9	269,7	251,6	251,7	inicio
12:01:33	38653	39,61	2,24	18,83	102,1	260,0	269,7	251,5	251,7	-
12:02:13	38654	39,62	1,86	18,80	102,0	260,1	269,8	251,5	251,7	-
12:02:52	38655	39,59	1,82	18,80	102,6	259,9	269,7	251,5	251,6	-
12:03:32	38656	39,90	1,82	19,10	102,2	260,1	269,7	251,5	251,6	-
12:04:12	38657	39,60	2,12	18,78	102,4	260,1	269,7	251,5	251,5	-
12:04:51	38658	39,55	1,80	18,77	102,6	260,1	269,7	251,5	251,4	-
12:05:30	38659	38,91	1,79	18,78	102,2	260,0	269,7	251,4	251,3	-
12:06:10	38660	39,43	1,80	18,74	102,4	260,1	269,8	251,4	251,2	-
12:06:49	38661	39,57	1,76	18,72	102,5	259,9	269,8	251,3	251,1	-
12:07:29	38662	39,58	1,74	18,76	102,1	260,1	269,8	251,3	250,9	-
12:08:08	38663	39,57	1,78	18,76	102,6	260,1	269,8	251,2	250,8	-
12:08:48	38664	39,59	1,78	18,74	102,3	260,0	269,8	251,3	250,7	-
12:09:28	38665	39,58	1,76	18,75	102,3	260,1	269,8	251,1	250,5	-
12:10:07	38666	39,55	1,78	18,75	102,8	259,9	269,8	251,0	250,3	-
12:10:47	38667	39,56	1,77	18,72	102,3	260,0	269,8	251,1	250,3	-
12:11:26	38668	39,51	1,74	18,75	102,8	260,1	269,7	251,0	250,1	-
12:12:06	38669	39,49	1,77	18,72	102,6	260,0	269,7	250,9	249,9	-
12:12:45	38670	39,55	1,74	18,74	102,6	260,0	269,8	250,9	249,8	-
12:13:24	38671	39,47	1,75	18,74	102,8	260,0	269,8	250,8	249,7	-
12:13:37	38672	47,65	10,46	19,19	99,5	260,2	251,5	248,3	249,9	-

Figura 18.- Captación de datos

El funcionamiento del sistema fue el correcto, ya que una vez fueron tratados los resultados, este fue capaz de identificar cuando el proceso de inyección que se estaba llevando a cabo era el correcto y estaba dentro de los límites estandarizados y cuando en el proceso se producían unas alarmas de error. Además de indicar el momento preciso en el que se producía el error, podía proporcionar información de que parámetro era el responsable de la alarma.

Lo esperado por el sistema era la detección de alarmas de proceso incorrecto y la interpretación de estas, proporcionando al experto toda la información relacionada con el error y cumplió con todo ello.

4.2.- Resultados obtenidos en la industria del calzado

Con el sistema preparado para su funcionamiento, se realizó el proyecto piloto, en la que el sistema decidiría si se presentan anomalías a la hora de realizar una horma.

Para realizar esta proyecto piloto se decidió que se realizarían dos hormas distintas, una con unas condiciones en las que el experto entendiera que son correctas para su realización y otra en la que se modificaría alguno de los parámetros y el resultado esperado fuera erróneo, viendo de esta forma, si el sistema era capaz o no de ver errores en el proceso de fabricación de la horma.

Para realizar este proyecto piloto, miembros del ITI se desplazaron a Inescop con el fin de poder comprobar en directo la realización de la horma y ver si todas las partes que



integran el sistema funcionan correctamente, puesto que una vez que se tenían los datos de la horma, esta información se pasaría a su sistema para darnos una conclusión respecto al proceso de fabricación.



Figura 19.- Integrantes en el proyecto piloto

La primera prueba consistía en realizar un desbaste con unas condiciones marcadas como buenas por el experto. El ordenador conectado a la caja de los sensores iba almacenando toda la información procedente de los sensores mientras se iba realizando la horma. Una vez que el desbastado de la horma se ha realizado, se generó un fichero con extensión .txt que contenía toda la información referente a ese proceso para su posterior tratamiento y verificación.

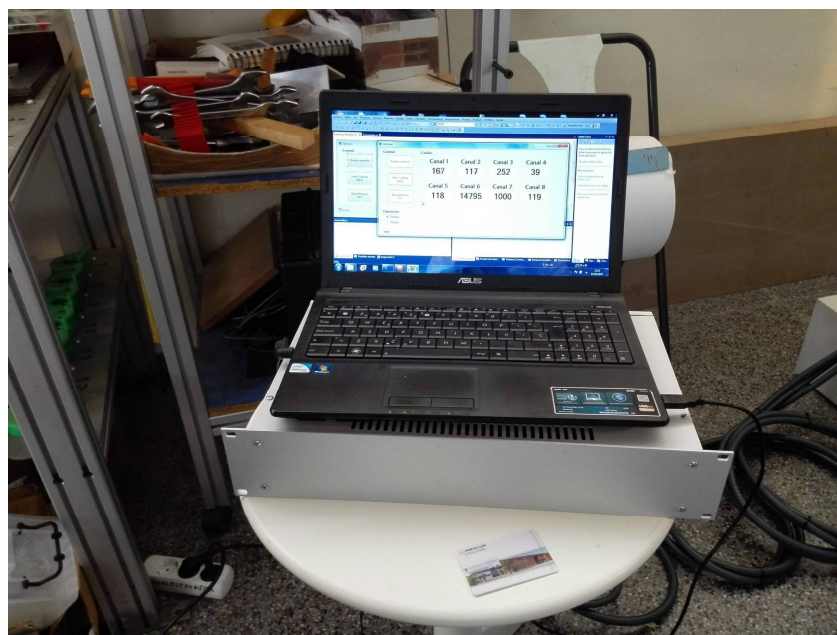


Figura 20.- Momento de recogida de datos por parte del ordenador



El siguiente paso en el proceso fue la realización de otro desbastado pero cambiando uno de los parámetros esenciales en el proceso. En este caso el parámetro que se modificó fue el de revoluciones de la fresa. El experto dio indicaciones referentes a la velocidad a la que tenía que girar la fresa y se hicieron pruebas con esta nueva configuración. Esta configuración era sabida por el experto como errónea y así se pudo confirmar por él cuando el proceso terminó. Por nuestra parte, solamente hicimos el mismo proceso que en el caso anterior, es decir, almacenar los datos que se habían generado para posteriormente tratamiento en un archivo .txt.

El mismo proceso que se hizo para el desbastado, se repitió pero en este caso para un afinado. Se realizó primeramente una prueba con una configuración correcta para posteriormente cambiar el parámetro de velocidad de la fresa y ponerlo en unas condiciones donde el afinado sería erróneo. Tanto para el caso del afinado bueno como para el erróneo, se volvieron a almacenar los datos producidos para su posterior análisis por el sistema.

Cuando las cuatro pruebas se concluyeron y teníamos almacenados los datos en el ordenador, se procedió a la verificación de los mismos por el sistema Optiman. Para ello, se transmitió al servidor la información de los cuatro procesos realizados y mediante los sistemas implementados por el ITI se observaron las alertas que se habían producido en la confección de la horma.

Los resultados obtenidos por el sistema referente a la fabricación de hormas, nos confirmaron tanto la realización de una horma correcta como una con errores.

El sistema fue capaz de detectar alarmas tanto en el afinado erróneo como en el desbaste erróneo, indicándonos que en el proceso de realización de este trabajo se produjeron situaciones en el centro de mecanizado que no eran las esperadas, originando que el producto final no fuese el correcto. De igual forma, fue capaz de indicándonos en qué momento se había producido el problema, cuantos problemas había tenido, que tipo de problema era.... Información muy importante a la hora de realizar mantenimiento preventivo de la maquinaria o para planificar y realizar hormas de cualquier tipo.

Así mismo, cuando se introdujeron los datos referentes tanto al desbaste como al afinado correcto, una vez analizados, el sistema interpretó que no se había originado ninguna situación que estuviera fuera de los límites correctos, por lo que el producto se originaba correctamente.

A la vista de los resultados obtenidos, podemos ver como el sistema ha sido capaz de sacar conclusiones idénticas a las que ha sacado el experto, suministrándonos incluso más información que él, puesto que es capaz de decirnos en todo momento cuando se ha producido el problema y que tipo de problema nos presenta.



5.- MÉTRICAS

Una vez finalizado el proyecto piloto, se realizaron trabajos de análisis de los resultados obtenidos. Cada piloto debía responder a un conjunto de métricas que facilitara la obtención de conclusiones.

Métricas del proyecto piloto	
Compleitud	<p>INESCOP</p> <p>Aunque OPTIMAN se ha desarrollado bajo TRL bajos, los resultados obtenidos por el sistema han sido buenos, discriminando cuando se producían errores y cuando no. El sistema se puede mejorar incorporando más sensores que nos proporcionen más datos sobre la fabricación de la horma, además de darnos datos de cómo se va realizando la horma en tiempo real. Aun introduciendo estas mejoras, el resultado del sistema sería parecido a lo que se tiene en este momento, ya que con la información que se le suministra al sistema, éste es capaz de discernir correctamente los distintos estados que se encuentran las hormas.</p> <p>AIMPLAS</p> <p>Por parte de los técnicos de inyección se ha percibido el SGI desarrollado como un sistema completo dado que reflejaba en cada momento la respuesta y comportamiento de la máquina durante el proceso de inyección. El SGI ha presentado una capacidad rápida de respuesta ante cambios en las señales, ya producidos de modo natural o forzado.</p>
Explotación	<p>INESCOP</p> <p>La explotación de OPTIMAN supone en gran parte una mejora del producto que se tiene hasta el momento, dotándolo de un valor añadido que no se tiene hasta la fecha. Con OPTIMAN, las distintas empresas podrán asegurar de que las hormas que han construido son correctas en todo momento y que en su proceso de creación no han sufrido ningún tipo de problema, pudiendo certificar que el producto que comercializan se ha elaborado bajo unas condiciones óptimas.</p> <p>AIMPLAS</p> <p>Por parte de AIMPLAS se prevé una elevada capacidad de explotación futura de este tipo de sistemas de sensorización, monitorización y control dado que la tendencia marcada por las empresas punteras del sector de inyección de plásticos van en esta línea y el resto de empresas del sector deberán ir incorporándola de forma progresiva.</p>
Transferencia	<p>INESCOP</p> <p>Por los resultados obtenidos, podemos asegurar de que OPTIMAN ayudará en gran medida a las distintas empresas de calzado a la hora de mejorar los productos que realizan hasta el momento, puesto que pueden asegurar que las hormas producidas están fabricadas conforme a lo esperado y no</p>



	<p>presentan anomalías de ningún tipo. Esto supone que las empresas puedan abrir mercado en regiones donde hasta el momento no podían entrar debido a las exigencias que tenían las empresas, queriendo productos de alto valor, pudiendo incrementar las ventas que se tienen hasta el momento.</p> <p>AIMPLAS</p> <p>Estos resultados presentan potencial de transferencia al sector dado que podrá incorporarse como un elemento de fiabilidad adicional, a los equipos de inyección más nuevos (la renovación de máquinas suele ser elevada en las empresas más representativas) que tienen una mayor capacidad de almacenamiento y generación de señales de proceso (que son las que emplea el SGI).</p>
<p><i>Investigación e innovación tecnológica</i></p>	<p>INESCOP</p> <p>Con los resultados obtenidos en la prueba piloto, se ha podido ver como el sistema es capaz de determinar por sí mismo cuando las hormas se realizan en condiciones correctas o cuando aparecen desviaciones en su fabricación, produciendo que no se tenga una horma en perfectas condiciones. Hasta el momento no existe en el mercado ningún tipo de instrumento que nos permita discernir lo que OPTIMAN es capaz de hacer, por lo que el grado de innovación procedente de este proyecto es elevado, teniendo un sistema que actualmente no posee nadie en el mercado.</p> <p>AIMPLAS</p> <p>Se ha conseguido un grado de innovación tecnológica elevado, por la mejora respecto a sistemas de recogida de datos de proceso existentes (con funciones más de tipo estadístico o de control de producción) proporcionando la ventaja del control del proceso, con un SGI que “aprende” a partir de las pautas indicadas y del propio tratamiento de los datos que realiza.</p>
<p><i>Impacto</i></p>	<p>INESCOP</p> <p>Al no haber en el mercado ningún tipo de solución parecida o igual que OPTIMAN, el impacto originado, según lo visto en la prueba piloto, es elevado, ya que todas las empresas del sector calzado que se dedican a la fabricación de hormas necesitan un sistema que les permita optimizar sus recursos para la fabricación de hormas y que además, les permita conocer cuando presentan algún tipo de deficiencia sus equipos.</p> <p>AIMPLAS</p> <p>Si tenemos en cuenta, la relevancia que tiene el sector de inyección en áreas de producto tan específicas y tractoras como envase y automoción, el impacto que puede tener es elevado por el importante número de empresas donde se puede implantar esta tecnología.</p>



6.- CONCLUSIONES

Conclusiones obtenidas de las dos pruebas realizadas tanto AIMPLAS como INESCOP

Por las pruebas realizadas, se puede comprobar que el sistema ha sido capaz de discriminar cuando se realizan hormas u objetos de inyección correctos y cuando no. El sistema ha sido capaz de dictaminar cuando se produce un producto correctamente y cuando no, coincidiendo en todo momento con el experto en el proceso de fabricación.

Además, es capaz de mostrar que tipo de error sea producido para su subsanación, permitiendo a los trabajadores que utilizan este tipo de maquinarias realizar comprobaciones y modificaciones de una forma más directa y precisa, con el ahorro en coste que supone para una empresa.