

# AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE PIEZAS MEDIANTE RECONOCIMIENTO DE PATRONES

Jesús Cantarero Ramírez      Francisco Villatoro Reinoso  
Francisco Javier Vázquez Serrano  
fvazquez@uco.es

## Resumen

La visión artificial por computador es una disciplina en creciente auge con multitud de aplicaciones y la automatización es algo prácticamente imprescindible en el mundo de la industria. El presente trabajo se fundamenta en los campos anteriores.

Se realizó un estudio de la planta, de la cámara de video y del autómatas.

En estos estudios se comprobó que la integración de la cámara de video en la planta existente en el Laboratorio de Automática (Campus de Rabanales) era viable.

## 1 OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es integrar una cámara de video en un proceso automatizado de clasificación de piezas llevado a cabo en una planta FEEDBACK suministrada por PRODEL. Esta clasificación se basa en la letra adherida en la superficie de las piezas, que son arandelas. El sistema distingue entre vocales y consonantes. El proceso se gestiona mediante un autómatas S7-300 de la firma SIEMENS, con el que se controla la planta, la cámara y un panel táctil, ambos también de la firma SIEMENS. Para establecer el control de la cámara de video se ha diseñado un protocolo de comunicación debido a la limitación de E/S de la misma. El proceso también se controla simultáneamente a través de un SCADA desde un ordenador.

Para la consecución del objetivo principal se establecen los siguientes objetivos parciales:

- Distinguir las letras del abecedario colocadas en arandelas, las cuales pueden ser de metal o plástico (para conseguir la independencia de las capturas respecto al material de la pieza).
- Diseño de una estrategia de comunicación entre autómatas y cámara de video.

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 INTRODUCCIÓN

En un primer momento se comenzó con el análisis de los requerimientos.



Figura 1: Foto de la Planta FEEDBACK

La planta estaba originalmente diseñada para trabajar con un autómatas *Mitsubishi FX0s-30MR-ES* o con un *Allen Bradley*, sin embargo, ha sido adaptada para trabajar con un autómatas *Siemens Simatic S7-300*, por lo que hubo de introducirse una tarjeta adaptadora de señales (de los 12V de la planta a los 24V del autómatas), mediante el uso de optoacopladores.

El número de E/S de dicho autómatas es suficiente para controlar los distintos dispositivos que integran el presente trabajo.

El siguiente paso a seguir, fue establecer la comunicación entre el autómatas y la cámara de video.

Seguidamente se desarrolló el programa de inspección de la cámara, el cual permite la distinción de cada una de las letras del abecedario.

A continuación, de manera paralela, se hizo el diseño del programa en diagrama de contactos y el sistema de monitorización de datos (SCADA).

Por último se introdujo una pantalla táctil para dar una mayor autonomía al sistema y poder independizarlo del ordenador. Una vez configurada y conectada vía PROFIBUS, se le desarrolló un SCADA, similar al desarrollado para el PC, para controlar el proceso.

Gracias a ésta última mejora, el sistema puede ser controlado por el ordenador, por la pantalla táctil o bien por los dos simultáneamente. Esto da una gran versatilidad debido a que la pantalla puede estar junto al proceso a controlar y el ordenador puede estar situado en cualquier otra zona, desde donde también se puede controlar el proceso, o viceversa.

Una vez llevados a cabo todos los procesos anteriores, sólo queda comprobar el correcto funcionamiento del sistema global, para lo cual se han realizado numerosas pruebas de robustez a todo el conjunto.

Una vez realizado este último paso, se da por acabada la introducción de la metodología a seguir para llevar a cabo con éxito este trabajo. En la siguiente imagen se observa un esquema general, donde se observa la relación de los distintos subsistemas.

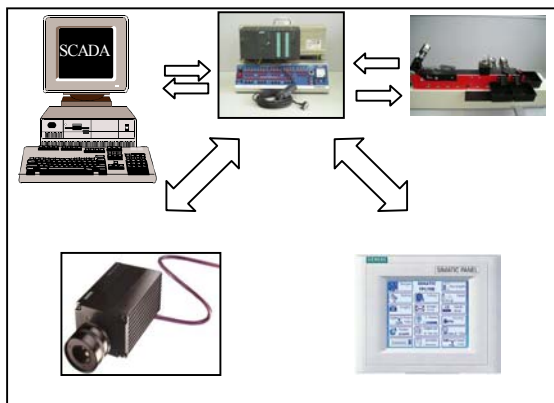


Figura 2: Esquema general del sistema

En la siguiente imagen se observa una vista exterior de la planta y de la estructura que sustenta el panel táctil y la cámara de video (ésta queda situada dentro de la estructura).

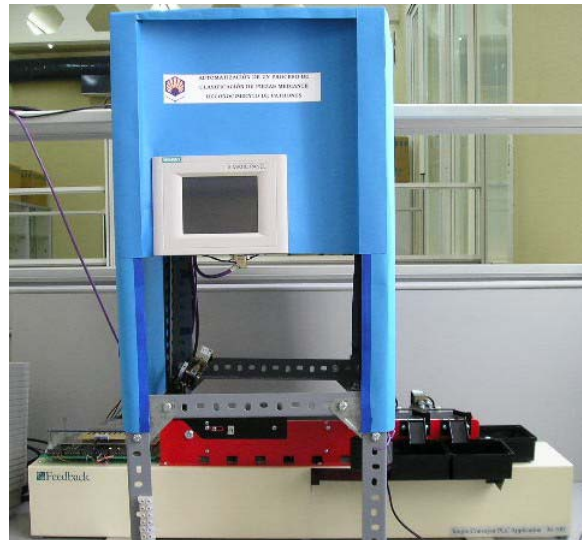


Figura 3: Vista exterior de la planta y de la estructura

## 2.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS COMPONENTES DE LA PLANTA

En este apartado se realiza una descripción de cada uno de los dispositivos que posee la planta para llevar a cabo el proceso de transporte y clasificación de las piezas.

### 2.2.1 Dispensador

Se sitúa a la izquierda de la planta y está colocado en posición vertical. Consta de un canal inclinado en el cual se introducen las piezas que se irán soltando según los requerimientos del proceso. Este dispensador se compone por un solenoide actuador que principalmente está en su posición de reposo. Cuando recibe un pulso de corriente recoge el vástago y lo pone en su forma más recogida lo que hace que la primera pieza del canal inclinado caiga mediante unas guideras al principio de la cinta transportadora.

### 2.2.2 Cinta transportadora

Es accionada por un motor de 12V c.c. situado en la parte posterior izquierda de la cinta. En ambos extremos de la cinta se sitúan unos rodamientos que hacen girar la goma de la cinta transportadora. Las características de dicha cinta se muestran en la siguiente tabla.

Referencia	Tensión	Velocidad (rpm)	Numeración
DME 32 AG	12V c.c.	11 rpm	4y06

Tabla 1: Características de la Cinta.

### 2.2.3 Sensores

La planta consta de dos sensores de presencia. Los sensores se sitúan a 17cm y a 34cm desde el principio de la cinta transportadora. La función principal de estos dispositivos es detectar la presencia de las piezas y son de gran ayuda para conocer la situación de las piezas a lo largo del proceso.

Estos sensores están fijados a unas pequeñas estructuras metálicas de manera que se quedan situados por encima de la cinta transportadora para localizar el paso de la pieza. El LED de color rojo que incorpora la PCI de cada sensor indica la presencia de pieza cuando se apaga. Hay que destacar que el sensor 2 está colocado en la misma estructura que el sensor inductivo que estaba inicialmente en la planta de la cinta transportadora.

### 2.2.4 Solenoide 1

Se compone por un solenoide actuador que principalmente está en su posición de reposo, el cual cuando recibe un pulso de corriente recoge el vástago y lo pone en su forma más recogida. Este solenoide está conectado con una chapa metálica que al ser accionada corta el paso de la pieza a lo largo de la cinta y la desplaza hacia el cajón 1.

### 2.2.5 Solenoide 2

Es igual que el solenoide 1 pero las piezas se introducirán en el cajón 2.

### 2.2.6 Cajones

Cajones de plásticos que están dispuestos en el final del proceso donde son depositadas las piezas a través de unas guideras metálicas al activar los solenoides.

### 2.2.7 Panel Táctil

Se ha utilizado la siguiente pantalla táctil: *SIEMENS SIMATIC HMI TP170B*. Dicha pantalla da unas prestaciones muy interesantes para ser usada en éste proyecto y son las siguientes:

- El SIMATIC TP 170 permite un manejo y visualización intuitivos gracias a su pantalla táctil. El manejo puede realizarse con cualquier objeto romo (puntero, dedo - con o sin guantes - etc.).
- El panel gráfico TP 170B Táctil con pantalla blue mode de 5,7 pulgadas tiene una interfaz de usuario libremente configurable.
- Interface de conexión RS232, MPI o PROFIBUS-DP.

- Resolución 320x240 de 16 colores.
- Sistema operativo Windows CE.
- Gracias a su robusto frontal en protección IP65 estos paneles están perfectamente equipados para su uso directamente en la máquina.
- Configuración sencilla mediante cualquier herramienta de desarrollo, como la usada en éste proyecto, PROTOOL PRO v5.2.

La conexión de la pantalla táctil con el sistema se realizará mediante PROFIBUS, para así dar la versatilidad e independencia adecuada a nuestro sistema.

Se le introducirá un SCADA de control sencillo con una botonera grande para su fácil manejo.

La pantalla se ha colocado en la parte frontal de la estructura donde va situada la cámara (ver Figura 3).

### 2.2.8 Cámara

El Visionsensor SIMATIC VS710 es un sistema de visión artificial completo, muy compacto y autónomo (stand-alone) que incorpora la cámara y el procesador en una misma carcasa. El sistema SIMATIC de visión artificial VS710 permite tratar imágenes para la inspección automática, la supervisión de la producción y el reconocimiento de piezas ofreciendo las siguientes ventajas:

- Óptima calidad de imagen y resolución incluso en imágenes de movimientos.
- Inspección de las piezas transportadas sin necesidad de contacto.
- Imagen vídeo representable con monitor SVGA.
- Entradas y salidas digitales para la planta automatizada.
- Funcionalidad de un esclavo Profibus DP con una velocidad de transferencia de hasta 12 Mbaudios.
- Configurable mediante PC host a través del puerto serie y PROFIBUS.
- Alta flexibilidad y tiempos de adaptación cortos en caso de modificar los criterios de inspección.
- Software de sistema abierto: Provisión ofrece flexibilidad en la parametrización y resulta fácil de aprender y manejar.

### 2.2.8.1 Componentes de hardware de SIMATIC VS710

- Carcasa metálica negra (dimensiones 65x80x130) con varias posibilidades de sujeción y todas las conexiones en el lado posterior.
- Conexión del objetivo estándar C-Mount.
- CCD-Chip 782x582 de alta resolución con dots cuadrados, muestreo y ajuste del offset en pixeles.
- Restart/Reset, Full-Frame-Shutter con un tiempo de exposición de 1/50 - 1/10000 s, modo media pantalla y pantalla completa.
- Formato de imagen parametrizable hasta 768x512.
- CPU: 100 MHz, 80486 de AMD con acceso directo a la memoria de imágenes (bus VL, 33MHz).
- 16 MB de memoria principal, DRAM-Modul (SO-DIMM).
- 16 MB IDE-Flashdisk.
- 256 KB Flash-EPROM como memoria BIOS.
- 2 MB de memoria de imágenes

### 2.2.9 Lámpara halógena

Consiste en un flexo que tiene una estructura de brazos articulados por distintos puntos, para obtener la correcta orientación de la luz.

Se ha utilizado este tipo de lámpara por el tipo de iluminación, pues emite una luz blanca e intensa. También se caracteriza por tener un encendido de bajo consumo, es decir, la luminosidad va creciendo progresivamente. Por esta circunstancia, hay que dejar que la lámpara caliente alrededor de 30 segundos ó 1 minuto para que llegue a su punto óptimo de iluminación.

El flexo ha sido colocado en la misma estructura de la cámara, situando la fuente de luz a 40 cm de la zona de paso de las arandelas. Se ha colocado en este punto pues da la correcta iluminación para que el sistema realice el estudio perfectamente.

Las características de la lámpara halógena utilizada son las siguientes:

- Alimentación directamente a red de 220 V en alterna (el flexo lleva su propio transformador).
- Lámpara de 11 W.

### 2.2.10 Interruptor de paro de emergencia

El pulsador de PARADA DE EMERGENCIA debe servir para aplicaciones hasta la categoría 4 según EN 954-1. Además debe cumplir los requerimientos de las normas IEC/EN 60947-5-5 y EN 418.

Se aconseja el uso de un pulsador con enclavamiento en forma de seta. El pulsador de PARADA DE EMERGENCIA tiene que haber sido ejecutado con el tipo de protección IP 65. Se desbloqueará mediante un giro.

Debe tener un borde de color amarillo del bloque de contactos para identificarlo claramente como elemento de seguridad. Se aconseja que sea una unidad fija con los elementos de contacto. De esta forma se excluyen errores de montaje y de fijación de elementos de contacto aislados.

### 2.2.11 Autómata programable

El autómata, elegido dentro de la extensa gama de autómatas programables que existe en el mercado es el S7-314 IFM de la firma SIEMENS.



Figura 4: Autómata S7-314 IFM.

Esta elección está justificada por los siguientes motivos:

- Se ajusta a los requerimientos de capacidad de memoria para la instalación de nuestro programa, contemplando la posibilidad de ampliación del mismo.
- El tiempo de ejecución de las instrucciones es muy corto.
- Acepta gran cantidad de instrucciones de programación. Los contenidos de memoria en determinadas áreas se mantienen sin alimentación.
- Gama graduada de CPU's.

- Gama de módulos de expansión.
- Puede ser expandida hasta 32 módulos.
- CPUs en varias clases de ejecución.
- Bus posterior integrado en los módulos.
- Puede ser comunicado con la interfase MPI, Profibus, Ethernet y PTP.
- Conexión central con acceso a todos los módulos (FM y CP). En este proyecto se ha utilizado la CP 342-5, para comunicación vía PROFIBUS.

### 2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

El proceso consiste en clasificar piezas. Esta clasificación consiste en depositar las piezas con consonantes en el primer cajón y las piezas con vocales en el segundo cajón según el sentido de marcha de la cinta. En el caso en que se encuentre alguna anomalía en el procesamiento de la letra, bien por defecto de la letra o bien por otra circunstancia, la pieza es enviada al cajón que está al final de la cinta. Para este caso no será necesario activar ningún solenoide. Si por algún motivo la pieza no es detectada por cualquiera de los dos sensores de la planta antes de unos tiempos ligeramente superiores a los esperados se reinicia el proceso con el lanzamiento de una nueva pieza.

En el caso que no se detecte pieza en el primer sensor antes del tiempo estimado se intentará dos veces más colocar una pieza en la cinta. Si tras estos intentos no llega la pieza al primer sensor es porque no hay piezas en el dispensador o la guidera metálica se ha atascado. Esta situación conlleva la paralización del proceso hasta una nueva orden de inicio. Por último se ha contemplado un modo de funcionamiento manual para tareas de puesta en marcha, mantenimiento preventivo y reparación de fallos. En este modo de funcionamiento manual se puede actuar sobre cada uno de los actuadores del proceso (dispensador, cinta, solenoide 1, solenoide 2 y cámara de video).

Un ciclo de funcionamiento normal sigue la siguiente secuencia de operaciones:

1º Soltar una pieza del dispensador.

2º Desplazar la pieza a través de la cinta transportadora hasta ser detectada por el primer sensor de presencia.

3º Captura y procesamiento de la primera imagen. Esta imagen sirve para que la cola de la cámara de video pierda la imagen de la pieza anterior. Dicha cola tiene una capacidad de dos imágenes.

4º Captura y procesamiento de la segunda imagen. Con el procesamiento de esta imagen se envía al autómata los dos bits más significativos de la combinación binaria que identifica a la letra que porta la pieza.

5º Volver a desplazar la pieza a través de la cinta transportadora durante 700ms. Esta diferencia de localización sirve para distinguir que bits se transfieren al autómata.

6º Captura y procesamiento de la tercera imagen. Con el procesamiento de esta imagen se envía al autómata los tres bits menos significativos de la combinación binaria que identifica a la letra que porta la pieza. Cuando termina el procesamiento de la tercera imagen se puede observar en los leds de salida del autómata la combinación binaria de la letra.

7º Desplazar la pieza a través de la cinta transportadora hasta ser detectada por el segundo sensor de presencia. En este momento se inicia el ciclo de la siguiente pieza.

8º Almacenar la pieza en los cajones de los que dispone la planta en función del tipo de letra que porta (vocal, consonante o no válida). Para ello se acciona la cinta transportadora y el solenoide correspondiente en el caso en que proceda.

### 2.4 SITUACIÓN DE LA CÁMARA CON RELACIÓN A LA PLANTA

Una vez estudiado el funcionamiento de la planta se observa que la mejor forma de capturar las piezas y analizarlas, es realizando las fotos desde arriba.

Para ello se ha colocado la cámara en posición vertical enfocando la zona superior de la pieza donde están adheridas las letras. Con esta disposición no se interfiere en el correcto funcionamiento de la planta y permite la adecuada captura de las piezas.



Figura 5: Posicionamiento de la cámara con relación a la planta.

Para crear unas condiciones de luminosidad estables y fijas, la estructura ha sido forrada con cartulina, dando la opacidad deseada. Luego se ha introducido un flexo, el cual nos da una luminosidad adecuada para el reconocimiento de las piezas por parte de la cámara.

## 2.5 MODIFICACIONES REALIZADAS EN LA PLANTA

En este nuevo recorrido se ha respetado el funcionamiento inicial de la planta, es decir, la pieza es soltada por el dispensador y luego sigue toda la trayectoria de la cinta hasta que es retirada de la misma mediante el uso de los solenoides o por llegar al final del recorrido.

Los cambios significativos que se han tenido que hacer son los siguientes:

### 1.- Eliminación de la calibradora

Esto se ha llevado a cabo también por dos circunstancias:

- a) No se realiza la clasificación en función del grosor de las arandelas.
- b) El posicionamiento de la calibradora era molesto a la hora de colocar la cámara y realizar el estudio de las piezas.

### 2.- Traslado del sensor 1

En su situación inicial, el sensor estaba colocado verticalmente a la planta sobre unos soportes metálicos, detectando las piezas que pasaban por debajo del mismo. Dicha posición no era la más correcta a la hora de capturar las piezas por parte de la cámara, ya que impedía la visualización de las mismas.

Para solucionar esto, el sensor se ha colocado de forma horizontal a la cinta, sustentado en una escuadra metálica que es atornillada en los taladros dejados por la calibradora.

## 2.6 ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN CÁMARA-AUTÓMATA

La comunicación a través de las entradas/salidas digitales se realiza con tres bits de salida (DO-0, DO-1 y DO-2) útiles para la transferencia de información. El tamaño de la transferencia con la combinación binaria de la letra en estudio es de cinco bits. Una peculiaridad de la cámara es que en cada captura almacena dos imágenes. Esto hace que se tenga que realizar una captura adicional al principio para desechar la imagen guardada del estudio de la pieza anterior. De esta forma el estudio de cada una de las piezas está formado por tres capturas. A continuación se detalla lo que se realiza en cada una de ellas:

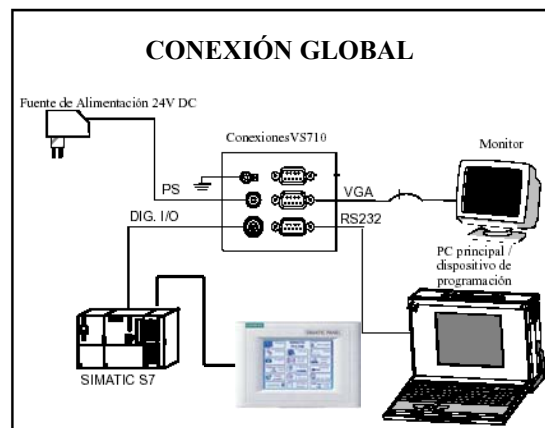


Figura 6: Conexión general del sistema.

- **Primera captura:** Se realiza el estudio de la letra pero no se tiene en cuenta la combinación binaria que proporciona el programa de la cámara. Esta captura sirve para almacenar en la pila de la cámara la imagen de la pieza actual.
- **Segunda captura:** Se realiza el estudio de la pieza y se transfieren al autómata los dos bits más significativos de la combinación binaria de la letra que lleva la pieza.

- **Tercera captura:** Se realiza el estudio de la pieza y se transfieren al autómata los tres bits menos significativos de la combinación binaria de la letra que lleva la pieza.

El motivo de transferir primero los dos bits más significativos es debido a que el bit DO-2 es desactivado (puesto a 0) por los elementos del tipo Captura de imagen. Este hecho hace que los tres bits menos significativos sean enviados en la última captura para que no se vea afectada la transmisión de la configuración binaria de la letra en estudio.

## 2.7 PROCESO DE CAPTURA DE LA CÁMARA DE VÍDEO

A continuación se detalla el procesamiento de imágenes realizado por la cámara de vídeo.

Las letras del abecedario se han dividido en cinco grupos para su procesamiento. Para el estudio de cada grupo se utiliza un trazo representativo del mismo. En esta diapositiva se muestra el trazo característico de cada grupo.

Existe un primer grupo basado el trazo vertical izquierdo, como por ejemplo la F, la A, la H, etc.

Un segundo grupo se basa en el trazo vertical derecho, como por ejemplo la J, Y, y W.

Un tercer grupo se basa en un trazo horizontal, como por ejemplo la T, la E, la R, etc.

El cuarto grupo se basa en el trazo oblicuo, como el caso de la X.

Y para el último grupo se utiliza un trazo circular, como es el caso de la O, la Q, la C, etc.

Dicho esto, cabe decir que el procesamiento de las piezas se divide en fases, que para el caso de la "A" son las siguientes:

- Se comienza el proceso con la captura de la imagen

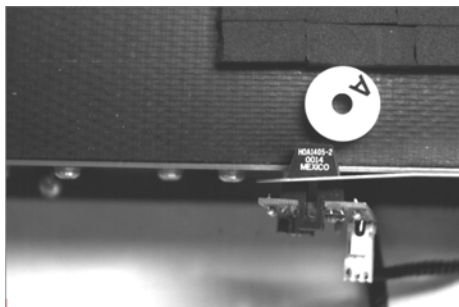


Figura 7: Captura de la imagen.

- Seguidamente se busca el centro de la arandela. Para ello se localizan 3 puntos del contorno de la misma.

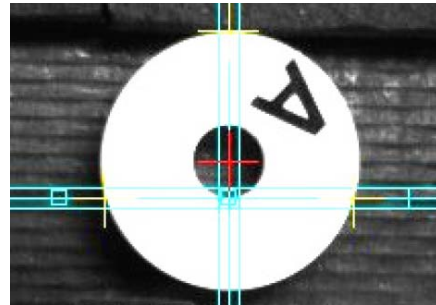


Figura 8: Localización del centro de arandela.

- Después se realiza una correlación de patrones a lo largo de un perfil circular para detectar el ángulo de giro de la letra respecto al patrón aprendido.

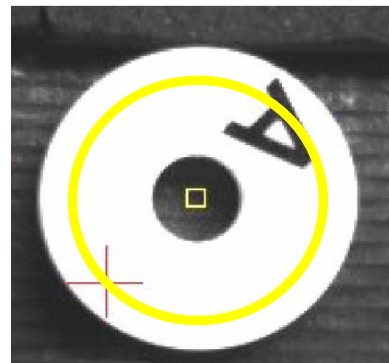


Figura 9: Determinación del ángulo de giro.

- El siguiente paso es colocar el sistema de coordenadas solidario a este giro. Con esto se consigue que el estudio de la letra sea independiente al ángulo de giro.

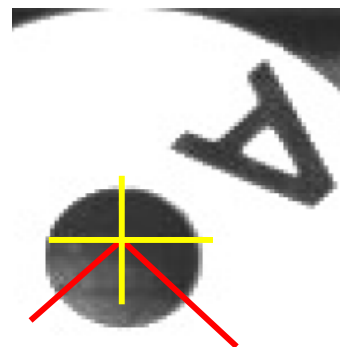


Figura 10: Traslación del sistema de referencia.

- Una vez colocado se buscan 2 puntos sobre uno de los trazos que definen el contorno de la pieza, que en el caso de la "A" se ha utilizado el trazo izquierdo.

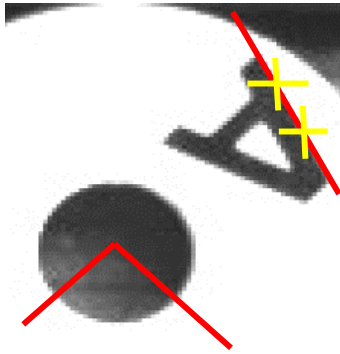


Figura 11: Dos puntos del contorno.

- Definidos los 2 puntos se ha trazado una recta que pase por los mismos, y a continuación se traslada el sistema de referencia auxiliar a esta línea, tomando como origen uno de los puntos.

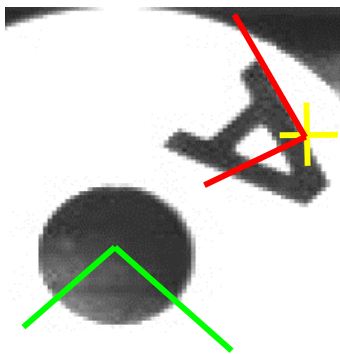


Figura 12: Traslación del sistema de referencia.

- Este sistema de referencia no es fijo a la letra así que se localiza el punto medio del trazo de referencia, donde se colocará el sistema de referencia que ahora si será fijo a la letra.

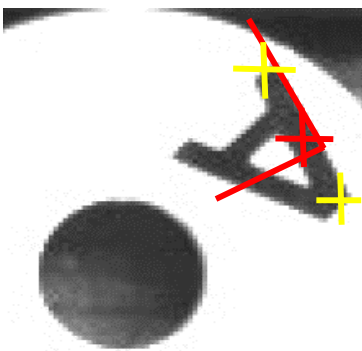


Figura 13: Punto fijo a la letra.

- Desde este sistema de referencia se localiza dos puntos del contorno de la letra para colocar la ventana de correlación en el punto central.

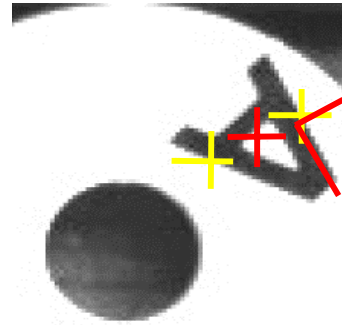


Figura 14: Punto centrico de la letra.

- Se realiza la correlación de patrones

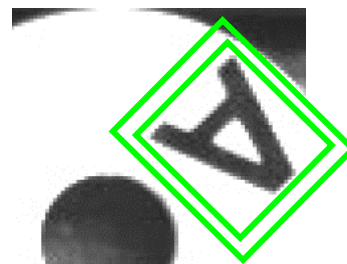


Figura 15: Correlación de patrones.

- Y por último se envía por la salida digital los bits correspondientes a la combinación binaria de la letra.

## 2.8 PROGRAMAS UTILIZADOS

Los programas usados para la realización de este proyecto han sido los siguientes:

- Simatic Step 7 V5.2
- Simatic ProTool Pro V5.2
- Simatic Provision 2.0.1

Ahora se va a realizar una breve descripción de cada uno de ellos y las configuraciones más destacadas a tener en cuenta para un correcto funcionamiento en este proyecto.

### 2.8.1 SIMATIC STEP 7 V5.2

Este programa se ha utilizado para la configuración del autómata y descargar en el mismo el programa principal.

Lo primero que se tuvo que hacer es la configuración de los dispositivos conectados. Para ello, se usa la



herramienta del administrador Simatic "HW Config", quedando la configuración como sigue:

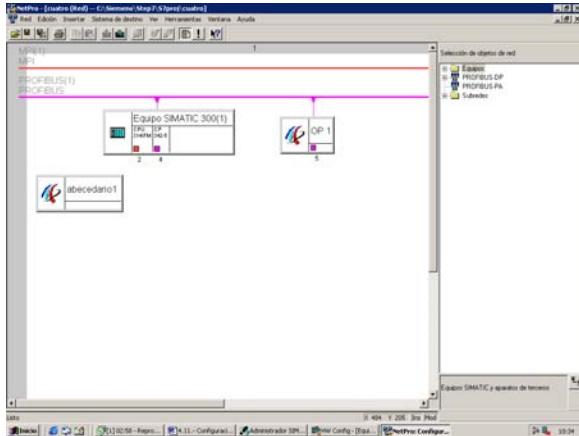


Figura 16: HW Config

Una vez realizada la configuración Hardware, hay que especificar el tipo de red a utilizar. En éste proyecto se ha montado una red MPI para controlar el autómatas y una red PROFIBUS, para el control de la pantalla táctil.

Explicado esto, la configuración queda como sigue:

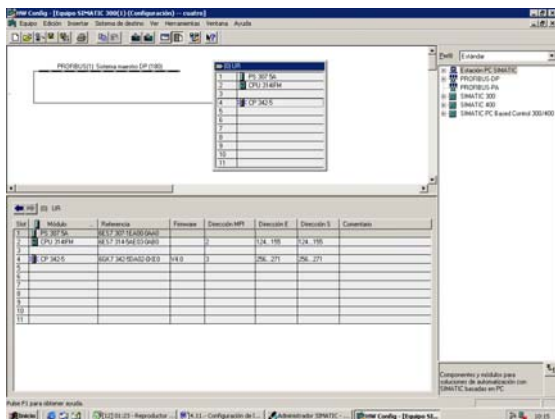


Figura 17: Configuración Hardware

Después de todo esto, se empieza con la programación del OB1, cuya descripción se ha hecho en KOP.

### 2.8.2 SIMATIC PROTOOL PRO V5.2

ProTool es el software de configuración utilizado en el diseño de los SCADA para los distintos dispositivos HMI. Los dispositivos HMI usados en el presente proyecto son:

- **Ordenador Personal**, mediante el cual se puede controlar todo el proceso.

### Pantalla para funcionamiento automático

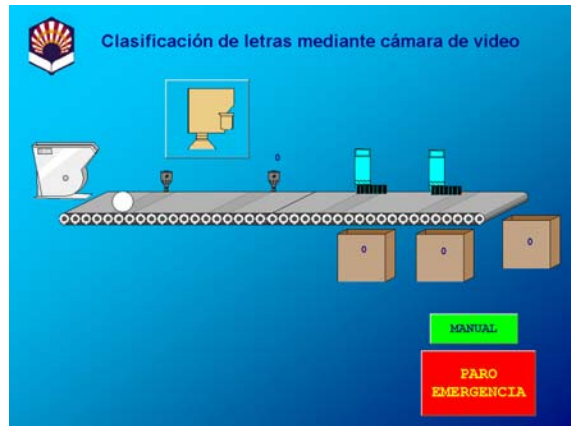


Figura 18: Funcionamiento automático

### Pantalla para funcionamiento manual

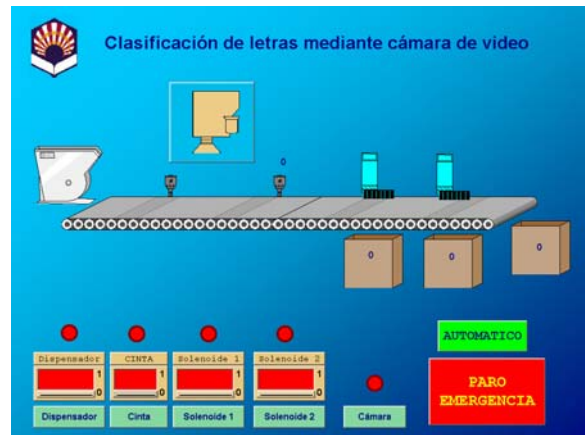


Figura 19: Funcionamiento manual

- **Pantalla Táctil**, que conectada mediante PROFIBUS, también permite el control del proceso, sin necesidad de estar conectado el PC.

### Pantalla para funcionamiento automático



Figura 20: Funcionamiento automático

## Pantalla para funcionamiento manual

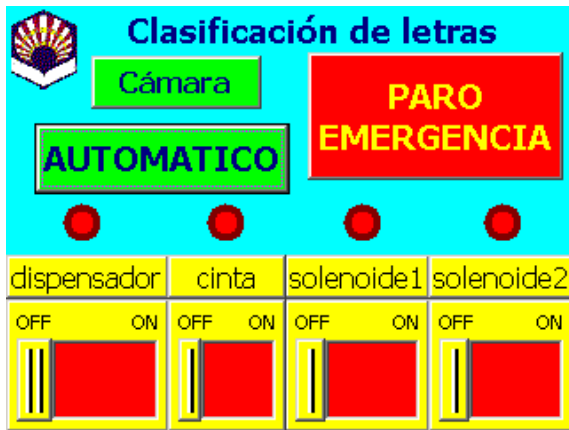


Figura 21: Funcionamiento manual

### 2.8.3 SIMATIC PROVISION 2.0.1

ProVision es un sistema de medición, inspección y detección que se utiliza en la producción de piezas para el control de calidad mediante evaluación de imágenes. Con ProVision se crea un programa de inspección específico para la pieza, el cual comprueba en la producción las características de calidad del producto de forma rápida y fiable. ProVision le ofrece alta flexibilidad gracias a que permite combinar flexiblemente numerosos elementos de inspección (funciones de evaluación). Asimismo se pueden combinar distintas opciones de inspección parametrizables hasta conseguir el resultado deseado.

Con Provisión se ha realizado la configuración y programación del programa de inspección de la cámara.

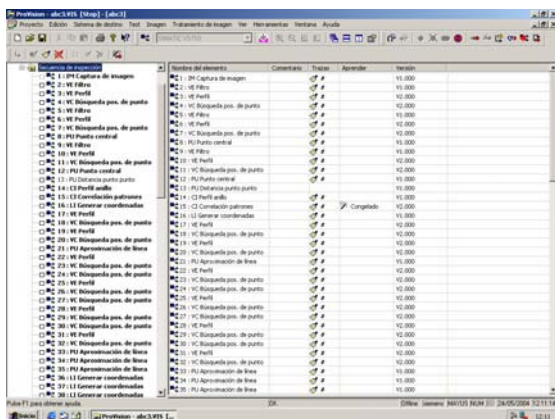


Figura 22: Pantalla de Programación de ProVision

## 3 PRUEBAS AL SISTEMA

- Para comprobar la independencia del ángulo de giro de la letra se han probado múltiples orientaciones aleatorias de las piezas.
- Se ha repetido el ciclo completo de la automatización 5 veces con cada pieza para observar la correcta clasificación de las mismas.
- Se han eliminado piezas de la cinta antes de llegar al sensor 1 y antes de llegar al sensor 2, para comprobar el correcto funcionamiento.
- Se ha comprobado el correcto funcionamiento del sistema cuando no detecta piezas o éstas se atascan en la guadera del dispensador.
- Se ha probado el correcto funcionamiento de los botones del SCADA, tanto del PC como del panel táctil, observando la compatibilidad de los mismos al ser usados tanto simultáneamente como por separado.
- Se han comprobado los modos de funcionamiento, observando la correcta prioridad entre los mismos.
- Se ha comprobado que después de un corte de suministro eléctrico los temporizadores y contadores conservan su valor gracias a la remanencia. Sin embargo, el sistema no aprovecha esta circunstancia debido a que la cámara de video y el panel táctil necesitan un tiempo de puesta en servicio mayor que el tiempo de arranque del autómat. Esto hace que se pierda el estudio de la pieza actual y el estudio de la pieza siguiente tras restablecer el suministro eléctrico.

## 4 CONCLUSIONES

A continuación se exponen los objetivos más determinantes y en que manera son alcanzados al final del proyecto.

### ➤ Integración cámara-planta

La integración de la cámara con la planta ha sido un éxito, obteniéndose unos resultados en el proceso de clasificación acordes a los que se planteó en un principio.

Se ha conseguido un protocolo de comunicación entre el autómat y la cámara, que da los resultados deseados, además de tener una gran robustez.

➤ *Automatización del proceso*

Se han automatizado todas las fases del proceso de transporte y clasificación de piezas mediante un PLC.

➤ *Realización del SCADA de control*

Se ha realizado un sistema de control sencillo en el que se distingue entre modo manual y modo automático para darle versatilidad al sistema. En él aparece la identificación de las piezas en estudio y el recuento de las mismas.

Todos los objetivos planteados al inicio de este proyecto han sido cubiertos satisfactoriamente. Incluso se han realizado mejoras no contempladas en los objetivos.

➤ *Pruebas de robustez*

Se ha conseguido un sistema de alta robustez, con un porcentaje de fallo inferior al 2%.

La tolerancia que se le han dado a las piezas es del 10% respecto gracias al patrón aprendido. Si la pieza detecta un porcentaje superior a éste, entonces la clasifica como pieza errónea.

#### **4.1 Mejoras realizadas respecto a los objetivos planteados**

Una vez cumplidos todos los objetivos se decidió dar mayor autonomía al sistema mediante el uso de una pantalla táctil:

➤ *Uso de panel Táctil*

Se ha configurado satisfactoriamente el panel y se ha integrado en el sistema global mediante PROFIBUS.

#### **4.2 Futuras mejoras**

Una posible ampliación de este trabajo es la incorporación de un brazo robot para retirar las piezas de la cinta una vez realizada la clasificación.