

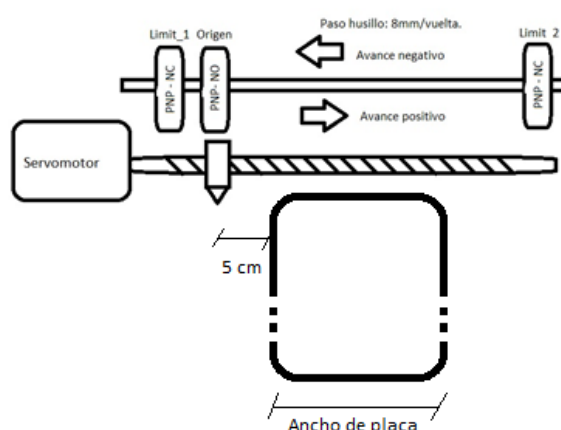
FICHA DE ENTREGA DE ACTIVIDADES EVALUABLES.

| | |
|--------------------------------|------------------------|
| Nombre: Joel Sanz Martí | Fecha: 22-02-24 |
| Unidad didáctica: 5 | Nota: |

ACTIVIDAD EVALUABLE nº 8**1. Enunciado y características de la actividad:**

Se tiene una máquina cortadora laser de placas de polietileno de alta densidad (PE-HD) representada por la siguiente figura:

El punto Origen y los límites de recorrido del husillo están determinados por detectores inductivos según se muestra en el esquema anterior y el sentido del avance es el mostrado en la figura, se parte de una placa de PE-HD de 3 metros que se debe partir en piezas iguales para ser procesadas en otro punto de la planta.



Se debe implementar un automatismo que nos permita realizar 2 pasadas por corte (ida y vuelta) de placa a obtener, dependiendo del ancho de las placas a cortar, se tendrán placas de 10 cm y de 20 cm de ancho. Todas las placas vienen ajustadas a 5 cm del origen de posicionamiento de la máquina. Se tendrán en cuenta estas velocidades:

| Tipo de movimiento | Velocidad |
|---|------------------|
| Posicionamiento al inicio de corte, homing | 200 mm/s |
| Corte | 100 mm/s |
| Retroceso después de fallo o paro (pulsar PR) | 50 mm/s |

Las placas de ancho 10 cm se deben cortar en 6 partes iguales y las de ancho 20 cm en 4 partes iguales. Las placas se depositan sobre una cinta transportadora controlada por un servo virtual que avanza a 50 mm/seg, realizando paradas cuando es necesario realizar el corte de la placa. Una vez realizado el corte, la cinta se volverá a poner en marcha hasta que se posicione en el nuevo corte. (La posición de la cinta se visualizará en la ventana de vigilancia).

Se tendrá un pulsador de Marcha (PM), uno de paro (PP), rearme (PR) y un detector capacitivo (DT) de placa sobre cinta transportadora, el operario tendrá que escoger si la placa es de 10 o de 20cm, para realizar el corte se activará un piloto.

El automatismo se iniciará con PM y se procederá a cortar 6 piezas idénticas, esperando que el operario cargue de nuevo una pieza en la máquina. El ancho será fijo de 10 cm.

La carga de la pieza se detecta por un detector capacitivo insertado en la máquina.

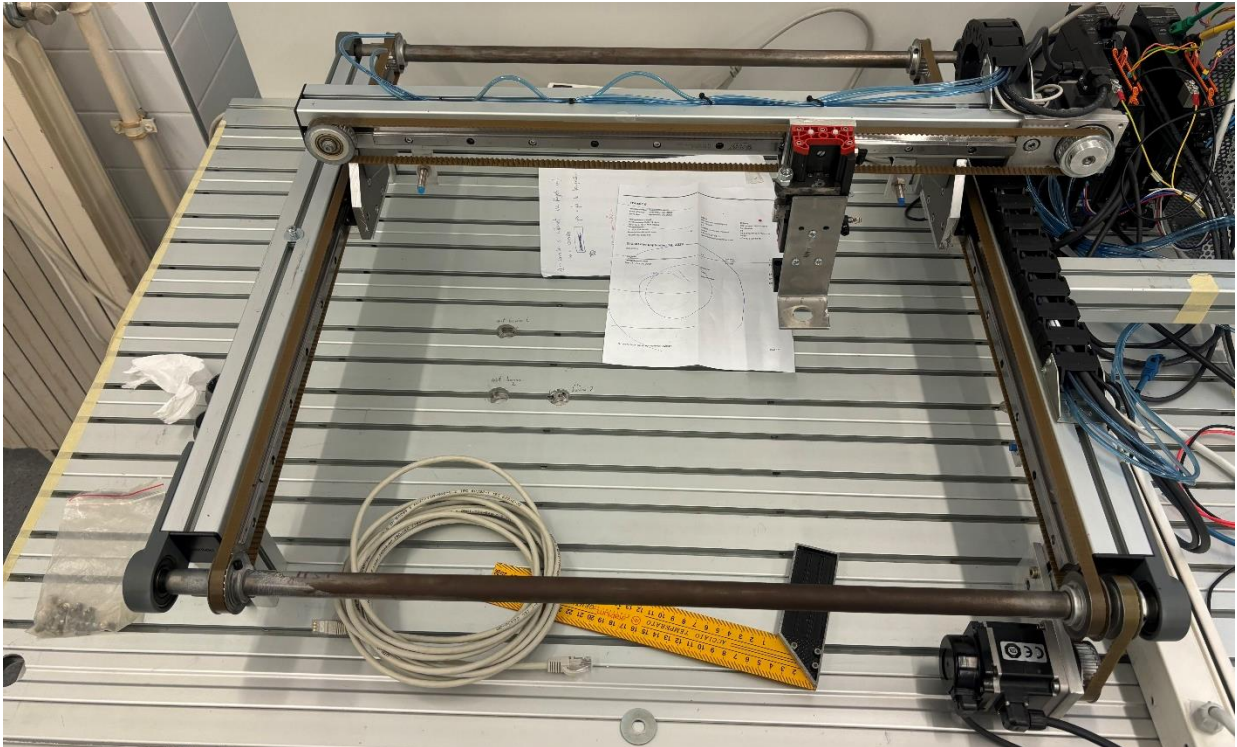
En caso que se detecte un sobrepasamiento del cabezal a los límites, se detendrá la máquina y con un pulsador de Rearme (PR) volverá al origen a velocidad baja. Si se pulsa el pulsador de paro (PP), se detendrá la máquina y se actuará igual que en el caso de sobrepasamiento.

Se debe poder activar y desactivar todo el sistema desde la pantalla HMI y desde la botonera, llevando un conteo de piezas realizadas.

Se incluirá un selector de tipo de placa de PE-HD en el HMI, de forma que, si el operario introduce una plancha de 10 o 20 cm se realizará el corte para dicha anchura de placa, de forma automática. Si las placas a cortar son de ancho 20 cm se cortarán 4 piezas idénticas.

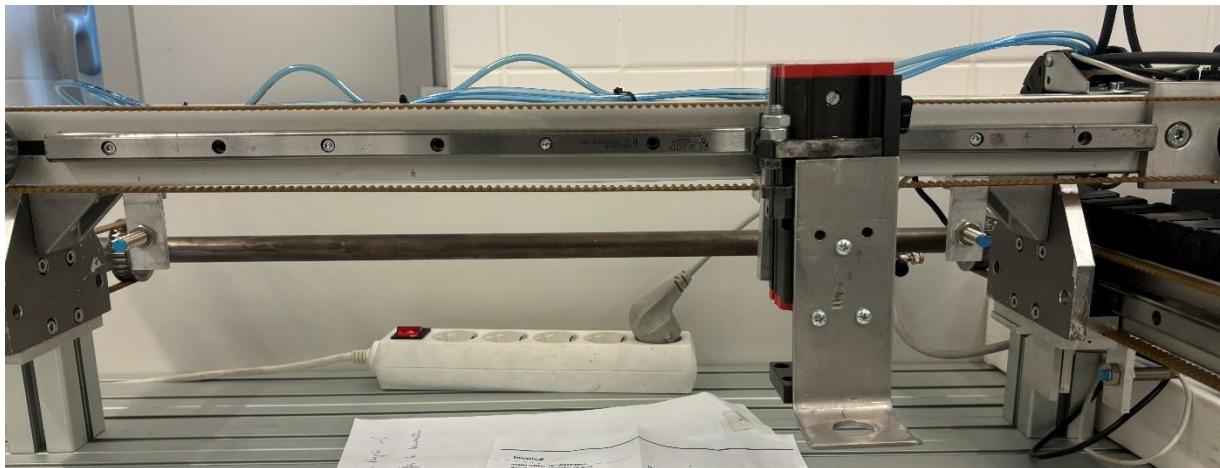
2. Imagen del montaje realizado:

- Mesa cartesiana:



Esta es la maqueta de una mesa que mueve una ventosa en los ejes X e Y. Para este proyecto se utilizó el eje Y, correspondiente al servodrive de nodo 2. Este eje será el eje real o cortadora en el programa.

En esta imagen se pueden apreciar los detectores de límite del eje.



- Servo Drives:

Estos son los servodrive que controlan los dos servomotores de la mesa. El drive de la derecha (nodo 1) controla el eje X, mientras que el de la izquierda (nodo 2) controla el eje Y.

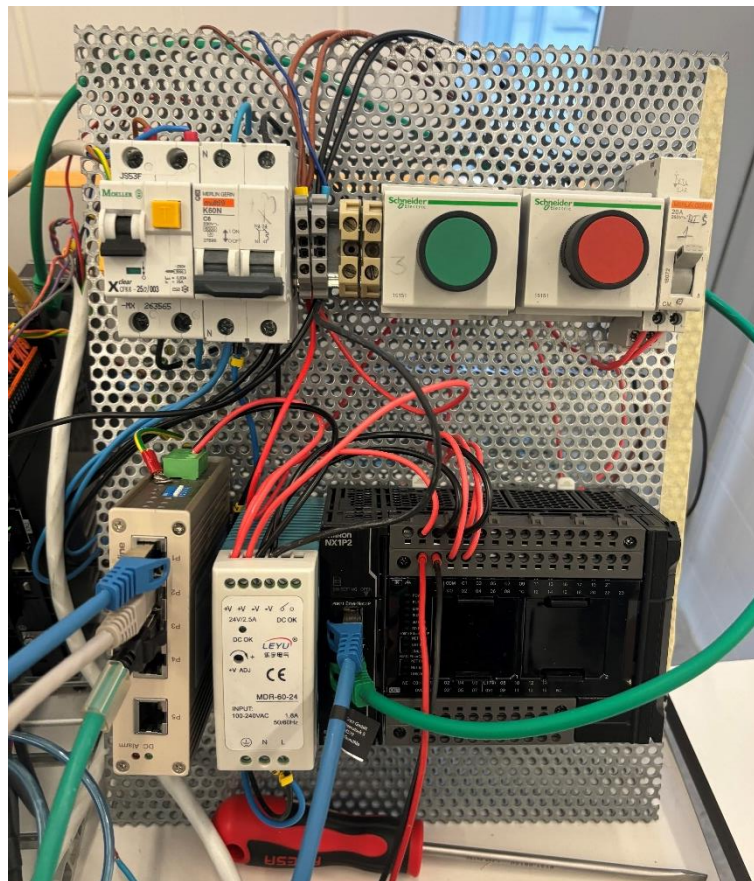
Este es uno de los servomotores controlados, concretamente el del eje X.



- Maqueta de control:

Esta es la maqueta de control, que contiene las protecciones del sistema, la fuente de alimentación de 24Vdc, el switch para interconectar todos los equipos EthernetIP (ordenador, PLC y pantalla HMI), los pulsadores de marcha y paro, el interruptor de rearme y el PLC.

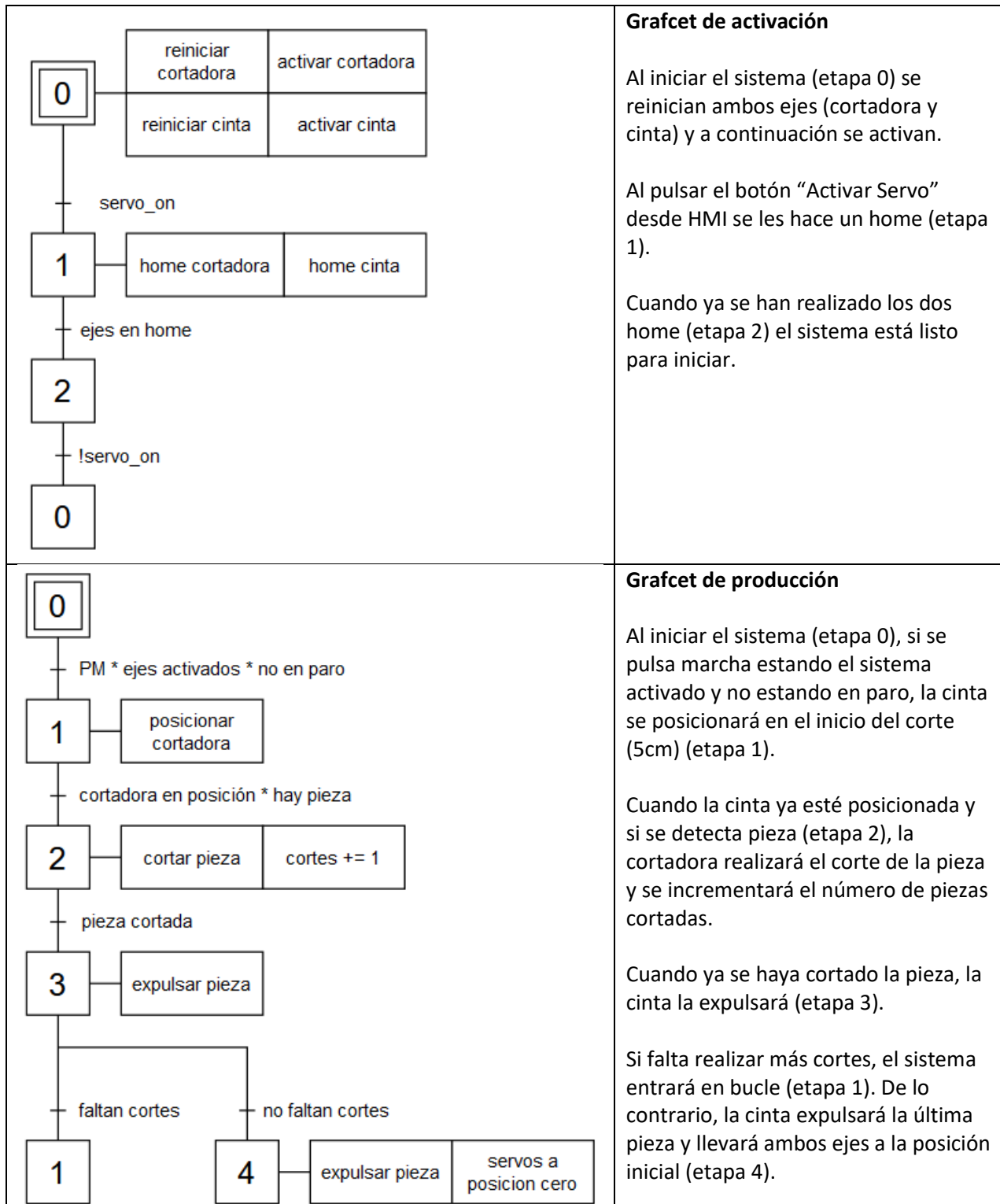
Desde esta maqueta se controla el sistema completo, siendo el PLC la unidad central de procesamiento y la botonera el medio de envío de órdenes.

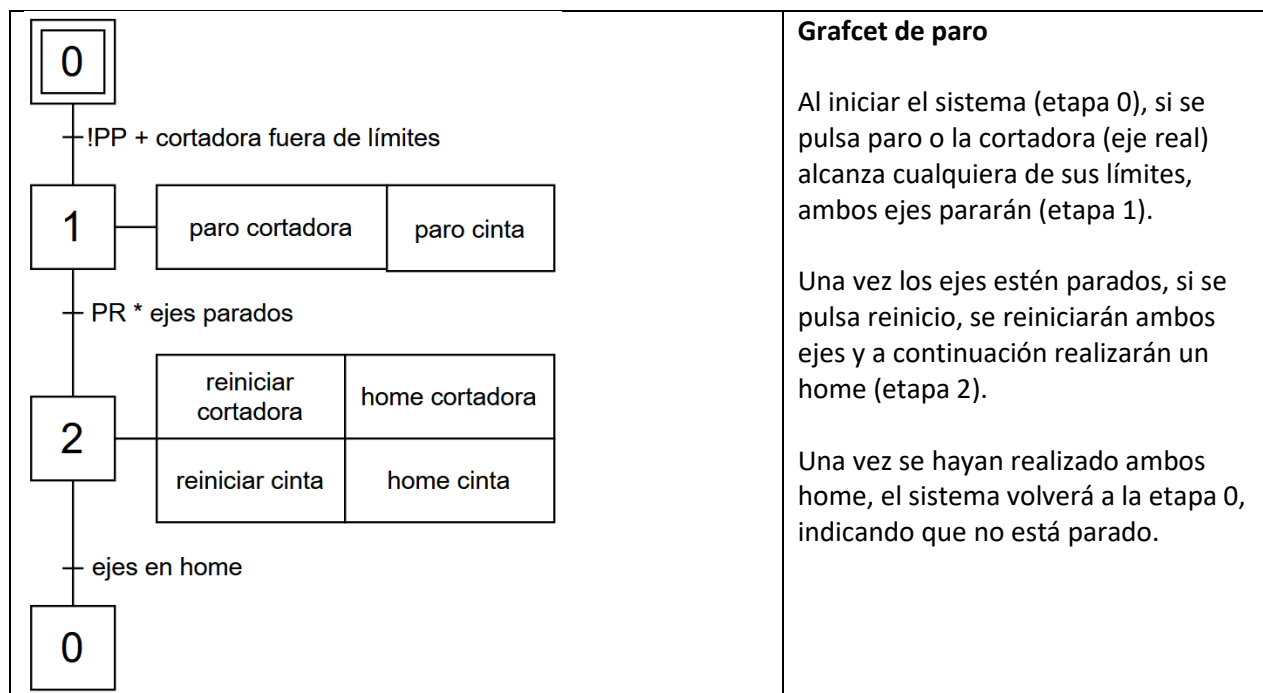


- Pantalla HMI



Desde esta pantalla se puede monitorizar y controlar el sistema. Desde esta se enviarán las órdenes de paro, marcha y rearme, además de la activación de los ejes, la selección del grosor de la pieza (a seleccionar entre 10cm y 20cm) y la simulación del detector de pieza. Además, también se podrá observar el número de piezas cortadas.

3. Graficet de control implementado y explicación:



4. Elementos físicos no programables utilizados, cableado y función en el montaje.

- Pulsadores de paro, marcha y reset:

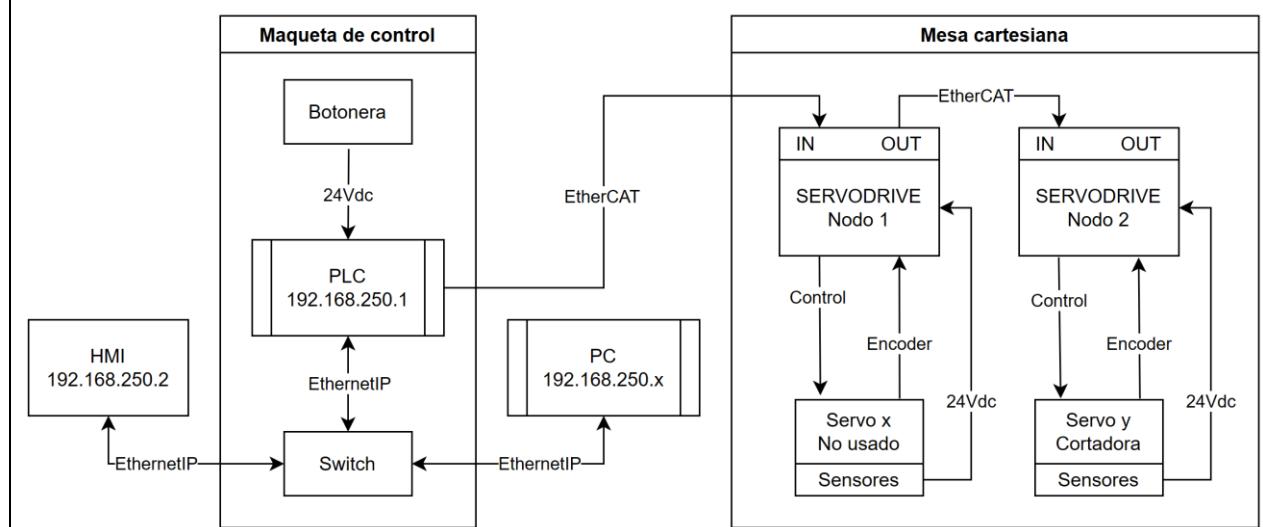
Los tres pulsadores se encuentran en una única botonera. Los pulsadores de marcha (verde) y paro (rojo) activan y desactivan el funcionamiento de las bombas, mientras que el pulsador de reset (negro) reinicia los errores que puedan ocurrir en los variadores de frecuencia.

- Servo motor

Motor de corriente alterna sin escobillas tipo Brushless, utilizado para mover el eje real (cortadora). Entre sus ventajas está la posibilidad de conocer y controlar su posición con exactitud gracias al encoder que tiene incorporado.

- Esquema de cableado

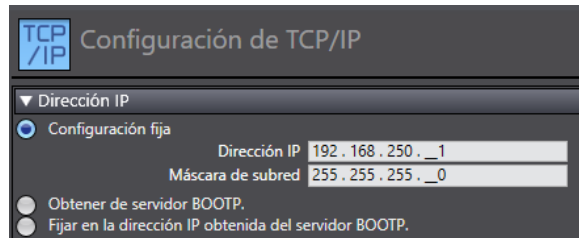
En este proyecto usé una mesa cartesiana con dos servomotores, de los cuales usé el del eje Y, asociado al servodrive con nodo 2.



5. Configuraciones de elementos programables utilizados y su función en el proyecto.

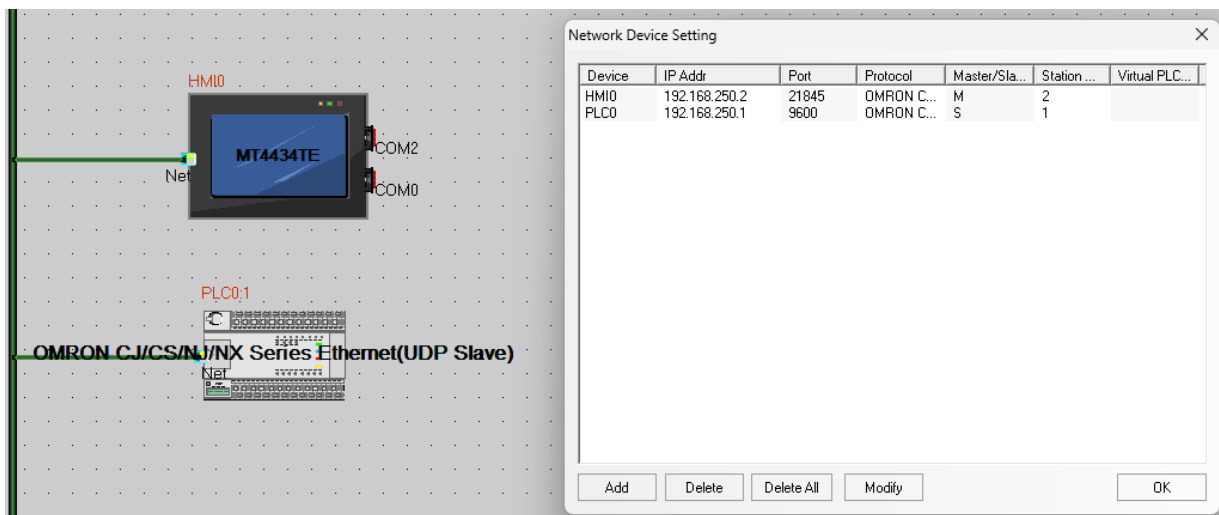
- OMRON NX1P2:

Es el PLC que controla el sistema. Recibe señales de sus entradas y, en función del programa que tiene cargado, actúa sobre las salidas correspondientes. Su puerto de salidas tiene una configuración PNP fija, pero su puerto de entradas puede ser tanto PNP como NPN. En nuestro caso, dicho puerto estará configurado en PNP. Este PLC tendrá la dirección IP 192.168.250.1.



- HMI Kinco MT4434TE:

Es el HMI que hemos utilizado en este proyecto. Su uso es el de monitorizar el proceso, además de poder comandarlo igual que desde la botonera. Para que pueda establecer conexión con el PLC, necesitamos configurarlo en la misma red:

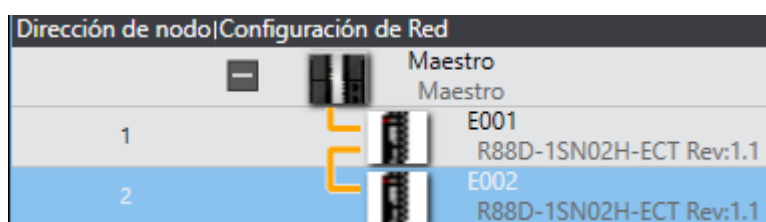


El HMI tendrá la dirección IP 192.168.250.2.

- ServoDrive R88D-1SN02H-ECT

Actuador que controla el movimiento del servo motor según los datos enviados por comunicación EtherCAT desde el PLC. Tiene dos selectores con los que seleccionar el número de dirección de nodo.

La configuración empezará por añadirlo a la red EtherCAT en el programa. Añadiremos los dos servodrive de la mesa cartesiana, aunque solo usaremos uno.



Lo inicializaremos para a continuación configurarlo desde “Configuración y ajuste” -> “Configuración rápida de parámetros”. En la primera pestaña de configuración desactivaremos la detección de pérdida de fase y estableceremos el sentido de giro.

A continuación, configuraremos el tipo de señal que tenemos en cada entrada. Utilizaremos las entradas IN2 (sensor de límite positivo), IN3 (sensor de límite negativo) e IN4 (sensor de home):

| Entrada | Función | Condición de señal activa | Estado de la señal física | Núm. Pin |
|---------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------|
| IN1 | Entrada de error de parada - Selec | Alto | - | 12 |
| IN2 | Entrada de prohibición positiva - | Alto | - | 32 |
| IN3 | Entrada de prohibición negativa - | Alto | - | 13 |
| IN4 | Entrada de proximidad al hogar - | Alto | - | 33 |
| IN5 | Monitorizar entrada 1 - Selección | Alto | - | 14 |
| IN6 | Monitorizar entrada 2 - Selección | Alto | - | 34 |
| IN7 | Entrada de Cerrojo externo 1 - Sel | Alto | - | 15 |
| IN8 | Entrada de Cerrojo externo 2 - Sel | Alto | - | 35 |

Transferiremos la configuración al PLC.

Una vez configurado, haremos un ajuste fácil (Único Drive) para ajustar el servo al sistema mecánico que lleva asociado. Después podemos realizar una prueba de funcionamiento para comprobar el correcto funcionamiento del servo.

Para poder usar el servodrive, lo asociaremos a un eje de control de movimiento.

Configuraremos la unidad de este eje en mm y con un avance de 143mm/rev.

Configuración de Conversión de Unidades

▼ Unidad

Unidad de visualización ☐ pulso ☒ mm ☐ um ☐ nm ☐ grado ☐ pulgada

▼ Distancia de recorrido

Contador de impulsos de comando por rotación del motor 8380608 pulso/rev ---- (1)

☒ No usar la caja de engranajes

Distancia de recorrido de trabajo por rotación del motor 143 mm/rev ---- (2)

Referencia: Fórmula de conversión de unidades –

Número de impulsos [impulso] = (1) Contador de impulsos de comando por rotación del motor [UDINT] * Distancia de recorrido [unidad de visualización] / (2) Distancia de recorrido de trabajo por rotación del motor [LREAL]

Indicaremos que su velocidad máxima sea de 200mm/s:

Configuración de Operación

▼ Velocidad/Aceleración/Deceleración

| | | |
|-------------------------|-----|--------|
| Velocidad máxima | 200 | mm/s |
| Inicio de velocidad | 0 | mm/s |
| Velocidad máxima de jog | 20 | mm/s |
| Aceleración máxima | 0 | mm/s^2 |
| Deceleración máxima | 0 | mm/s^2 |

Exceso de aceleración/deceleración Usar la deceleración/aceleración rápida (Blending es cambiado a Buffered) ▼

Selección de operación para Inversión Parada de deceleración ▼

Configuraremos el homing de la siguiente manera:

Configuración de Homing

▼ Método de homing

Método de homing Giro inverso de proximidad/Tiempo de retardo a la desconexión ▼

Señal de entrada de inicio Usar entrada de fase Z como origen ▼

Dirección de inicio de homing Dirección negativa ▼

Dirección de detección de entrada de inicio Dirección negativa ▼

Selección de operación para entrada de límite positivo Giro inverso/Parada inmediata ▼

Selección de operación para entrada de límite negativo Giro inverso/Parada inmediata ▼

Diagrama de homing:

- Señal de proximidad de inicio
- Entrada de fase Z
- Entrada de límite positivo
- Entrada de límite negativa
- Iniciar desde lado negativo de señal de proximidad de origen
- Iniciar desde activación de señal de proximidad de origen
- Iniciar desde lado positivo de señal de proximidad de origen
- Finalización normal

▼ Velocidad/Aceleración/Deceleración

| | | | | | |
|-----------------------|-----|--------|---|----|--------|
| Velocidad de homing | 200 | mm/s | Velocidad de aproximación de homing | 10 | mm/s |
| Aceleración de homing | 0 | mm/s^2 | Deceleración de desplazamiento a posición inicial | 0 | mm/s^2 |
| Homing Jerk | 0 | mm/s^3 | | | |

▼ Otros

| | | | | | |
|--|-------|----|-------------------------------------|----|------|
| Distancia de máscara de entrada de inicio | 10000 | mm | Offset de inicio | 0 | mm |
| Tiempo de retardo a la desconexión de homing | 100 | ms | Velocidad de compensación de homing | 10 | mm/s |
| Valor de compensación de homing | 10 | mm | | | |

6. Asignación de memoria y lista de IO.

- Lista de entradas físicas:

| | | | | | | |
|----------------------------------|--------------|---|------|----|-----------------|--------------------|
| ▼ Bastidores de expansión/CPU | | | | | | |
| ▼ Configuración de E/S integrada | | | | | | |
| Input Bit 00 | Input Bit 00 | R | BOOL | PM | Pulsador Marcha | Variables globales |
| Input Bit 01 | Input Bit 01 | R | BOOL | PP | Pulsador Paro | Variables globales |
| Input Bit 02 | Input Bit 02 | R | BOOL | PR | Pulsador Rearme | Variables globales |

- Lista de variables de control EtherCAT:

| | | | | | | |
|------------------|----------------------------------|---|-------|-------------------|-----------------------------|--------------------|
| ▼ Digital inputs | Digital inputs | R | DWORD | | | |
| NOT | Negative Drive Prohibition Input | R | BOOL | detector_negativo | Detector de límite negativo | Variables globales |
| POT | Positive Drive Prohibition Input | R | BOOL | detector_positivo | Detector de límite positivo | Variables globales |

- Activación de las áreas de memoria usadas:

| Configuración de memoria para unidades de la serie CJ | | | | |
|---|--------------|----------------------------|---------------|--|
| Activar | Tipo de área | Tamaño (número de canales) | Retener | |
| <input type="checkbox"/> | CIO | 6144 | Sin retención | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | WR | 512 | Sin retención | |
| <input type="checkbox"/> | HR | 512 | Con retención | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | DM | 4096 | Con retención | |

- Variables internas:

| Nombre | Tipo de datos | Valor inicial | Retentiva | Comentario |
|------------------------|---------------------|---------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| reset_eje_real | MC_Reset | | <input type="checkbox"/> | |
| power_eje_real | MC_Power | | <input type="checkbox"/> | |
| home_eje_real | MC_Home | | <input type="checkbox"/> | |
| etapa_produccion | SINT | 0 | <input type="checkbox"/> | Etapa actual graficet principal |
| etapa_activar | SINT | 0 | <input type="checkbox"/> | Etapa actual graficet activación |
| reset_eje_virtual | MC_Reset | | <input type="checkbox"/> | |
| power_eje_virtual | MC_Power | | <input type="checkbox"/> | |
| home_eje_virtual | MC_Home | | <input type="checkbox"/> | |
| inicio_corte | MC_MoveAbsolute | | <input type="checkbox"/> | |
| grosor_corte | LREAL | | <input type="checkbox"/> | Grosor del corte en mm |
| avance_pieza | MC_MoveRelative | | <input type="checkbox"/> | |
| retroceso_cinta | MC_MoveZeroPosition | | <input type="checkbox"/> | |
| corte | MC_MoveRelative | | <input type="checkbox"/> | |
| MC_inicio_corte | MC_MoveAbsolute | | <input type="checkbox"/> | |
| MC_corte | MC_MoveRelative | | <input type="checkbox"/> | |
| cortes_realizados | CTU | | <input type="checkbox"/> | |
| etapa_paro | SINT | | <input type="checkbox"/> | Etapa actual graficet paro |
| rearme_cinta | MC_MoveZeroPosition | | <input type="checkbox"/> | |
| rearme_cortadora | MC_MoveZeroPosition | | <input type="checkbox"/> | |
| retroceso_cortadora | MC_MoveZeroPosition | | <input type="checkbox"/> | |
| avance_corte | MC_MoveRelative | | <input type="checkbox"/> | |
| retroceso_corte | MC_MoveRelative | | <input type="checkbox"/> | |
| paro_eje_real | MC_Stop | | <input type="checkbox"/> | |
| paro_eje_virtual | MC_Stop | | <input type="checkbox"/> | |
| reset_eje_real_paro | MC_Reset | | <input type="checkbox"/> | |
| reset_eje_virtual_paro | MC_Reset | | <input type="checkbox"/> | |
| tiempo | BOOL | | <input type="checkbox"/> | |
| status | _sTimer | | <input type="checkbox"/> | |
| n_cortes | INT | | <input checked="" type="checkbox"/> | Número de cortes realizados |
| avance_pieza_final | MC_MoveRelative | | <input type="checkbox"/> | |
| grosor_pieza | LREAL | | <input type="checkbox"/> | Grosor de la pieza en mm |
| grosor_corte_negativo | LREAL | | <input type="checkbox"/> | Grosor del corte invertido |

- Variables globales:

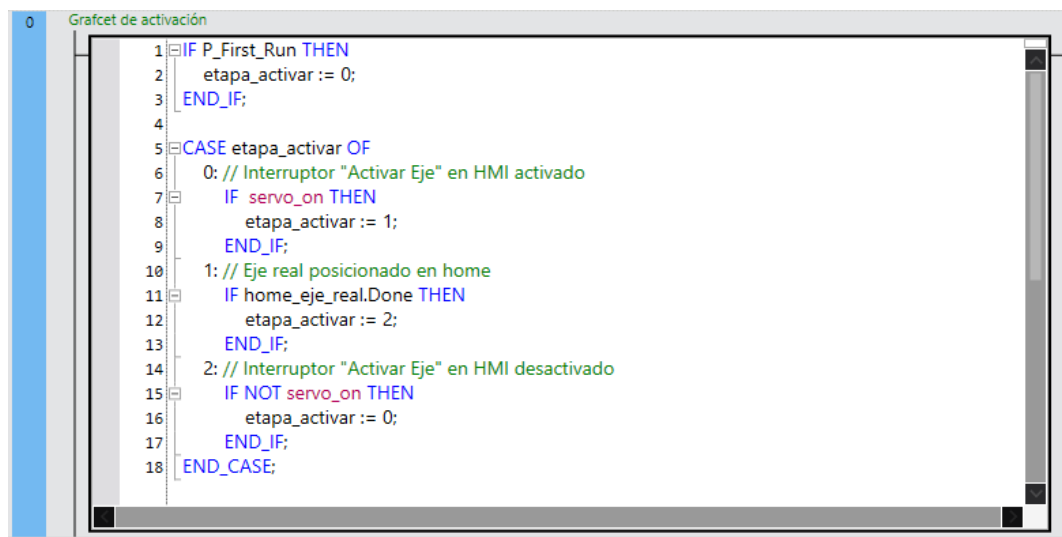
| Nombre | [Tipo de datos] | AT | [Retentiva] | [Constante] | [Publicación en red] | Comentario |
|-------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| eje_real | _sAXIS_REF | MC://_MC_AX[0] | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | No publica | |
| PM | BOOL | BuiltInIO://cpu/#0/Input_Bit_00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | No publica | Pulsador Marcha |
| PP | BOOL | BuiltInIO://cpu/#0/Input_Bit_01 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | No publica | Pulsador Paro |
| PR | BOOL | BuiltInIO://cpu/#0/Input_Bit_02 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | No publica | Pulsador Rearme |
| detector_pieza | BOOL | %W0.00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Solo publicar | Detector simulado de pieza |
| servo_on | BOOL | %W0.01 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Solo publicar | Interruptor de activación de ejes |
| eje_virtual | _sAXIS_REF | MC://_MC_AX[1] | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | No publica | |
| pm_hmi | BOOL | %W0.02 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Solo publicar | Marcha HMI |
| selector_pieza | BOOL | %W0.05 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Solo publicar | ON: 20cm / OFF: 10cm |
| pr_hmi | BOOL | %W0.03 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Solo publicar | Rearme HMI |
| pp_hmi | BOOL | %W0.04 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Solo publicar | Paro HMI |
| pm_var | BOOL | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | No publica | Variable Marcha |
| pr_var | BOOL | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | No publica | Variable Rearme |
| pp_var | BOOL | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | No publica | Variable Paro |
| piezas_cortadas | INT | %D0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Solo publicar | Número de piezas cortadas |
| detector_negativo | BOOL | ECAT://node#2/Digital inputs/NOT | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | No publica | Detector de límite negativo |
| detector_positivo | BOOL | ECAT://node#2/Digital inputs/POT | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | No publica | Detector de límite positivo |

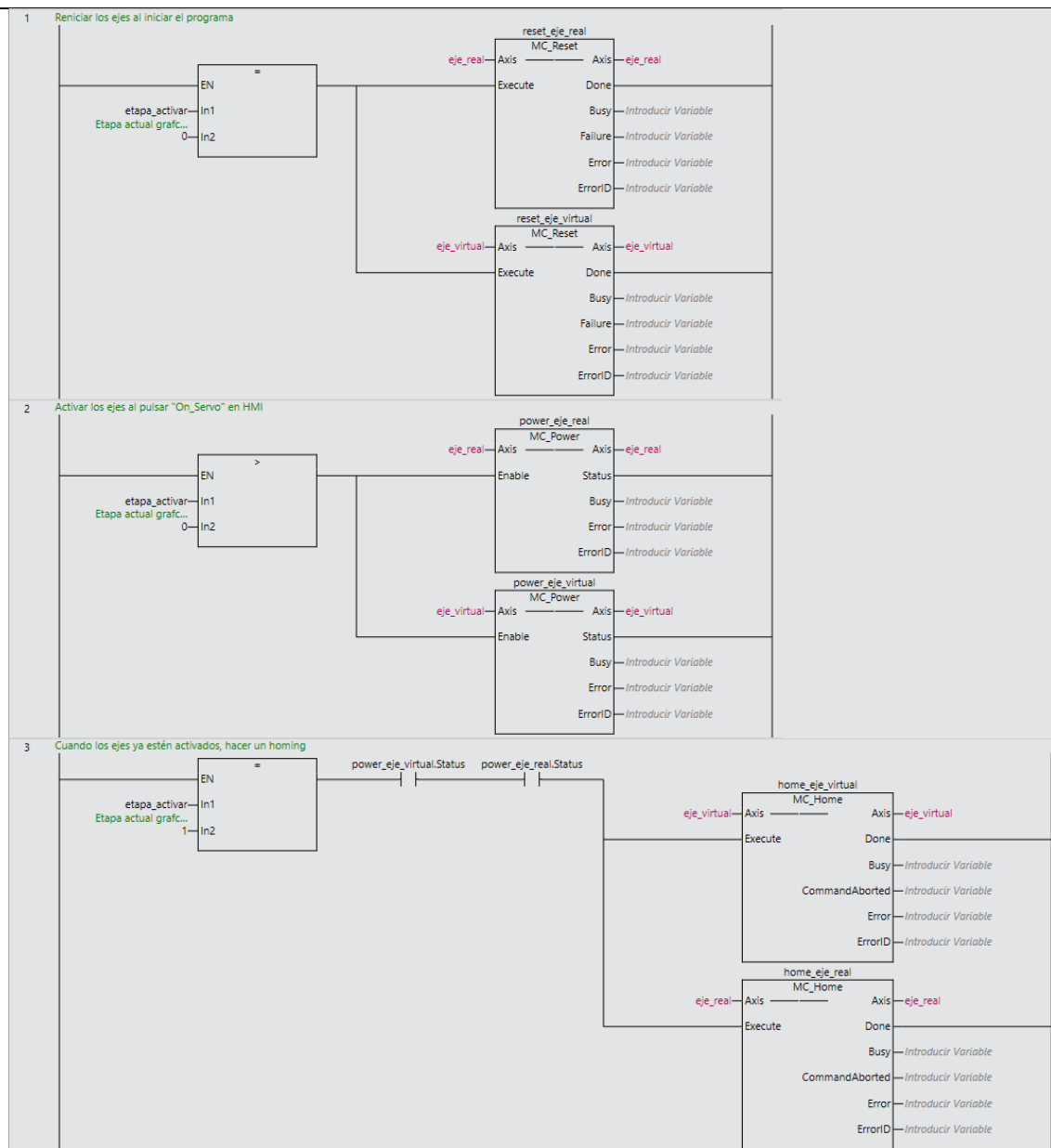
7. Programa realizado:

7.1. PLC

El programa del PLC se divide en 4 secciones.

La sección “activar” gestiona la activación de los servos. Al iniciar el sistema se reinician ambos ejes, y cuando se activa el interruptor “Activar Ejes” desde el HMI estos ejes se activan y se llevan a realizar un homing. Entonces, el sistema está preparado para funcionar.



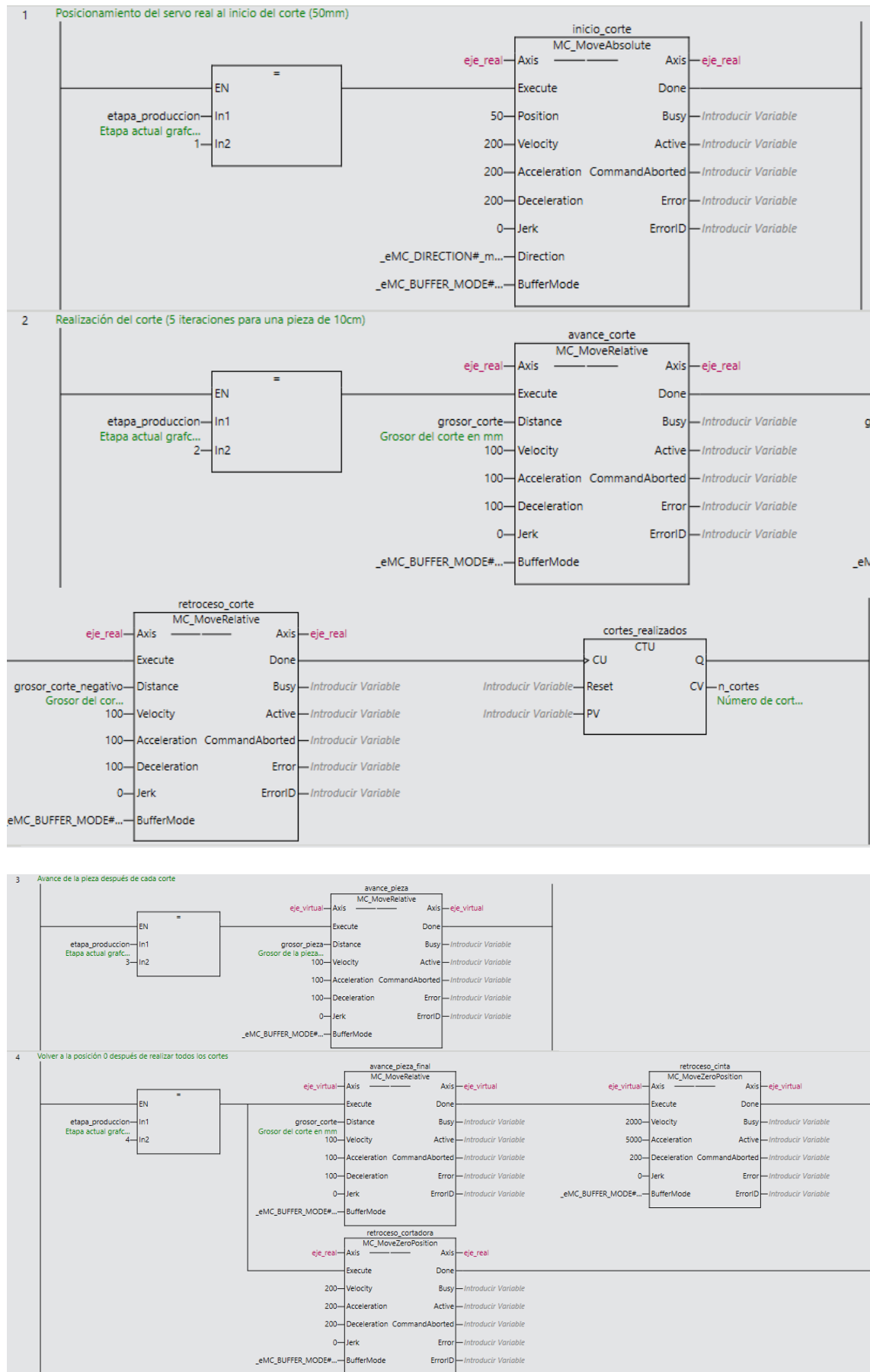


La sección “producción” gestiona el funcionamiento principal del programa. Este funcionamiento es posible siempre y cuando los servos estén activados y no en paro. Al pulsar marcha, la cortadora (eje real) se posiciona a 5cm. Cuando se detecta pieza, la cortadora realiza el corte y a continuación la cinta (eje virtual) empuja la pieza cortada. Este bucle se repite para 5 cortes (piezas de 10cm de grosor) o para 3 cortes (piezas de 20cm de grosor).

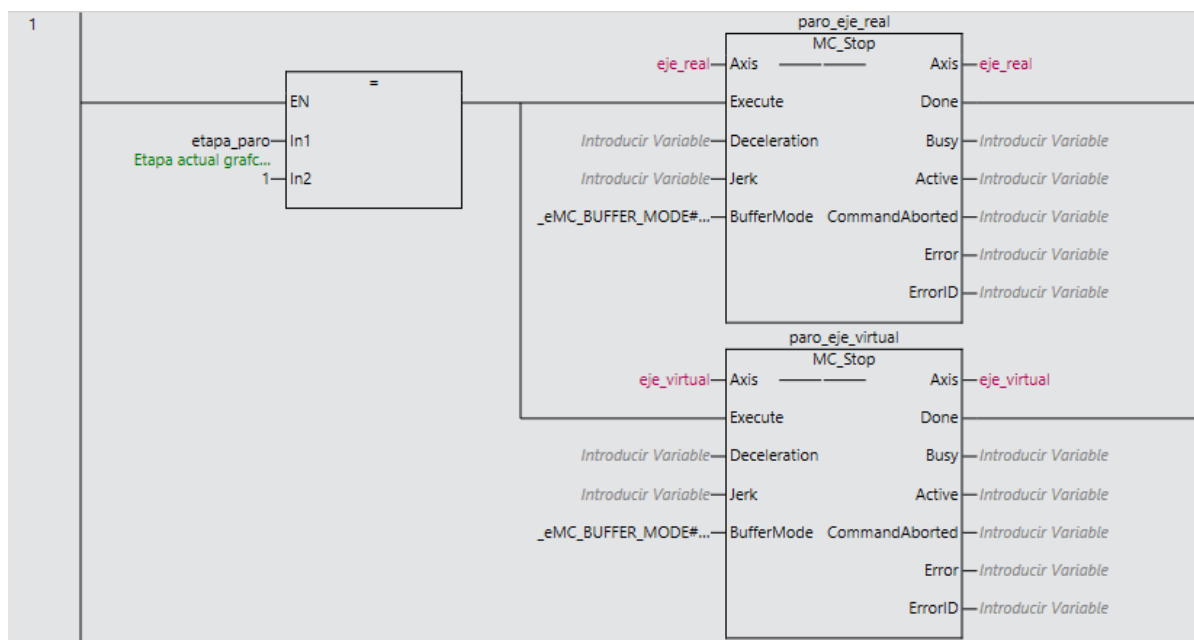
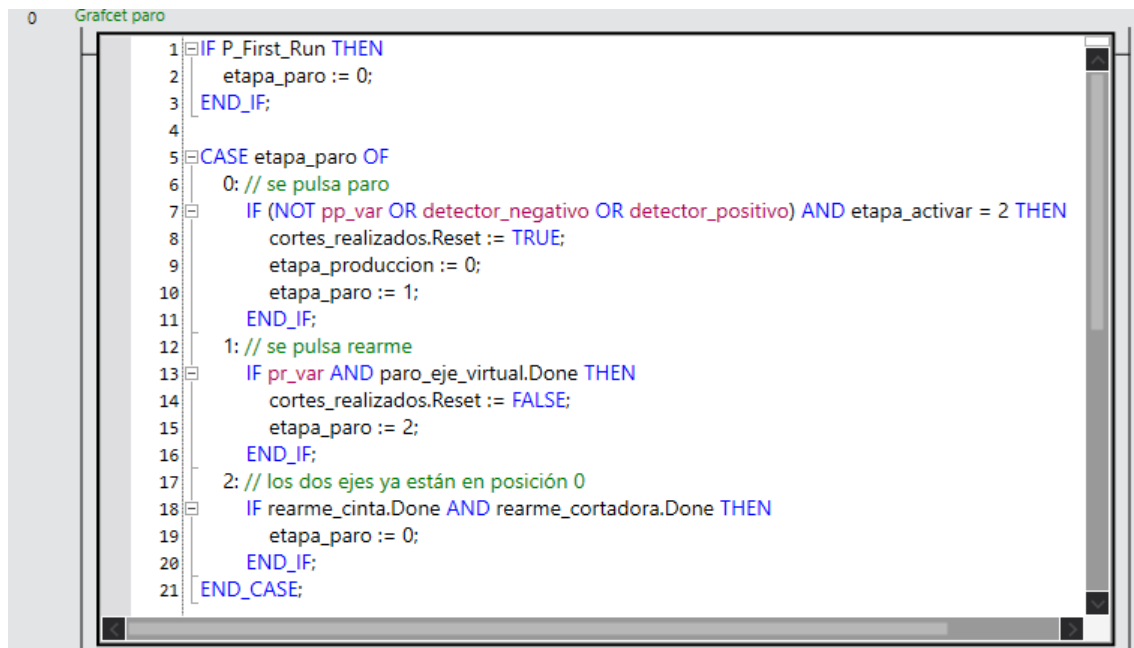
```

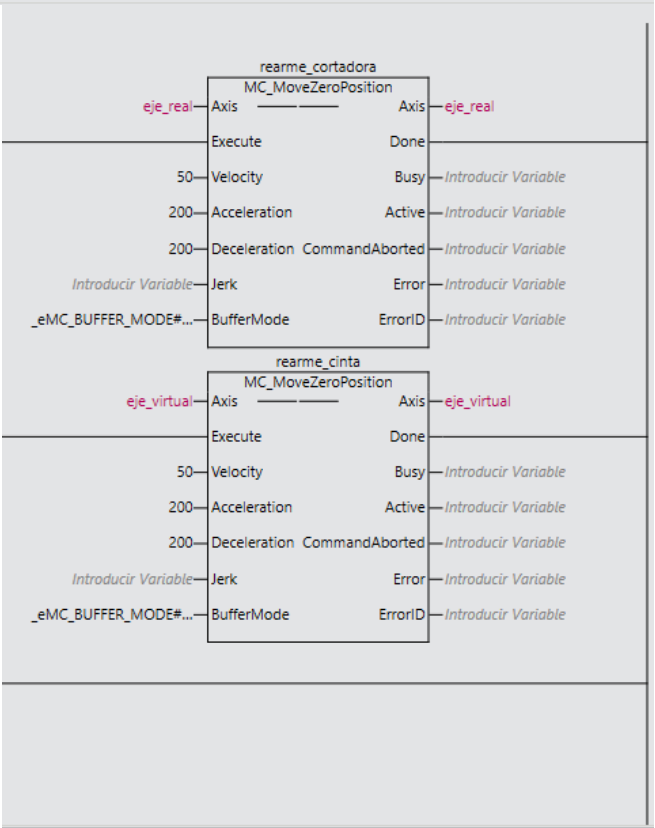
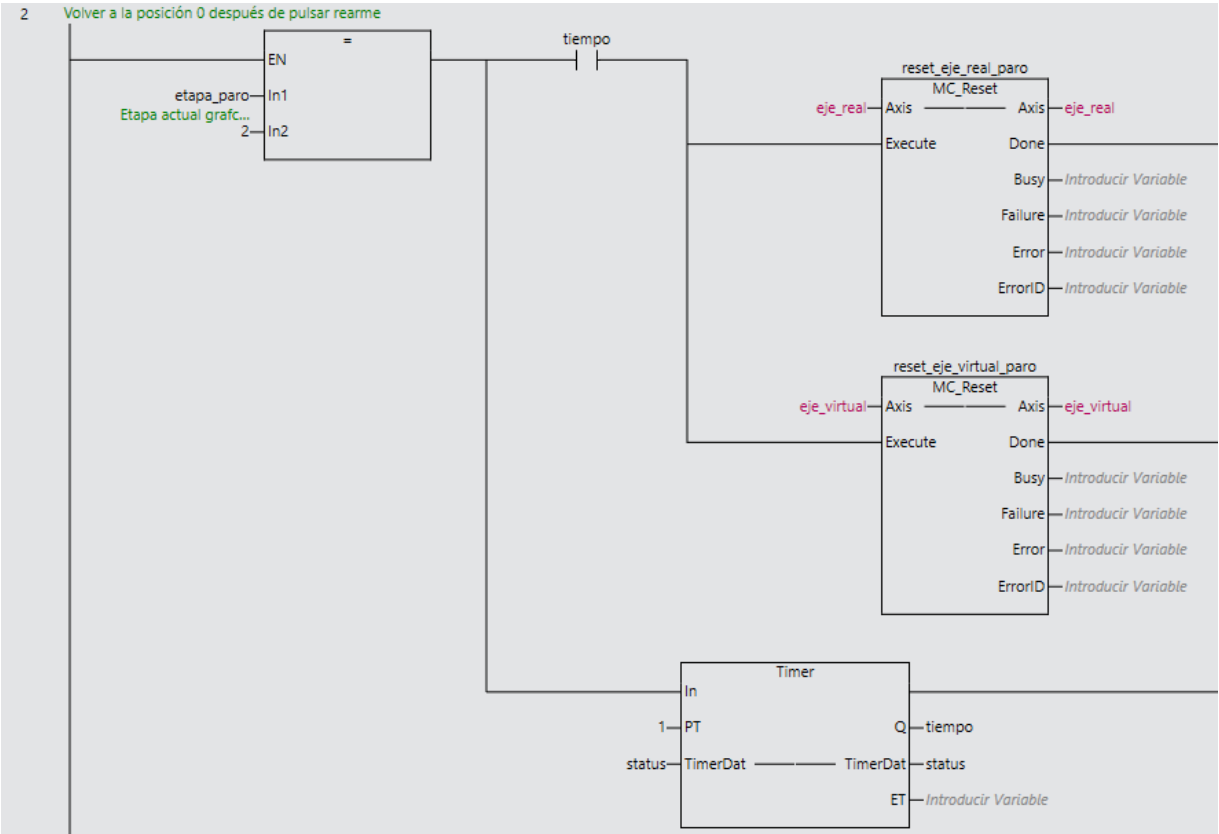
1 IF P_First_Run OR etapa_activar = 0 THEN
2   etapa_produccion := 0;
3 END_IF;
4
5 CASE etapa_produccion OF
6   0:
7     IF selector_pieza THEN // pieza de 20cm
8       grosor_pieza := 3000 / 4;
9       grosor_corte := 200;
10      grosor_corte_negativo := -200;
11      cortes_realizados.PV := 3;
12     ELSE // pieza de 10cm
13       grosor_pieza := 3000 / 6;
14       grosor_corte := 100;
15       grosor_corte_negativo := -100;
16       cortes_realizados.PV := 5;
17     END_IF;
18     cortes_realizados.Reset := TRUE;
19     // los servos están iniciados y se pulsa marcha
20     IF pm_var AND etapa_activar = 2 AND etapa_paro = 0 THEN
21       piezas_cortadas := 0;
22       cortes_realizados.Reset := FALSE;
23       etapa_produccion := 1;
24     END_IF;
25     1: // el servo real está en posición de inicio de corte (50mm)
26        // y se hay pieza en posición de corte
27        IF inicio_corte.Done AND detector_pieza THEN
28          etapa_produccion := 2;
29        END_IF;
30        2: // ya se ha realizado el corte de la pieza
31        IF retroceso_corte.Done THEN
32          piezas_cortadas := piezas_cortadas + 1;
33          etapa_produccion := 3;
34        END_IF;
35        3: // la pieza ya ha avanzado a la posición de corte
36        IF cortes_realizados.Q THEN // ya se han realizado todos los cortes
37          piezas_cortadas := piezas_cortadas + 1;
38          etapa_produccion := 4;
39        ELSIF avance_pieza.Done THEN // no se han realizado todos los cortes
40          etapa_produccion := 1;
41        END_IF;
42        4: // la cinta ya ha vuelto al inicio
43        IF retroceso_cinta.Done THEN
44          etapa_produccion := 0;
45        END_IF;
46      END_CASE;

```

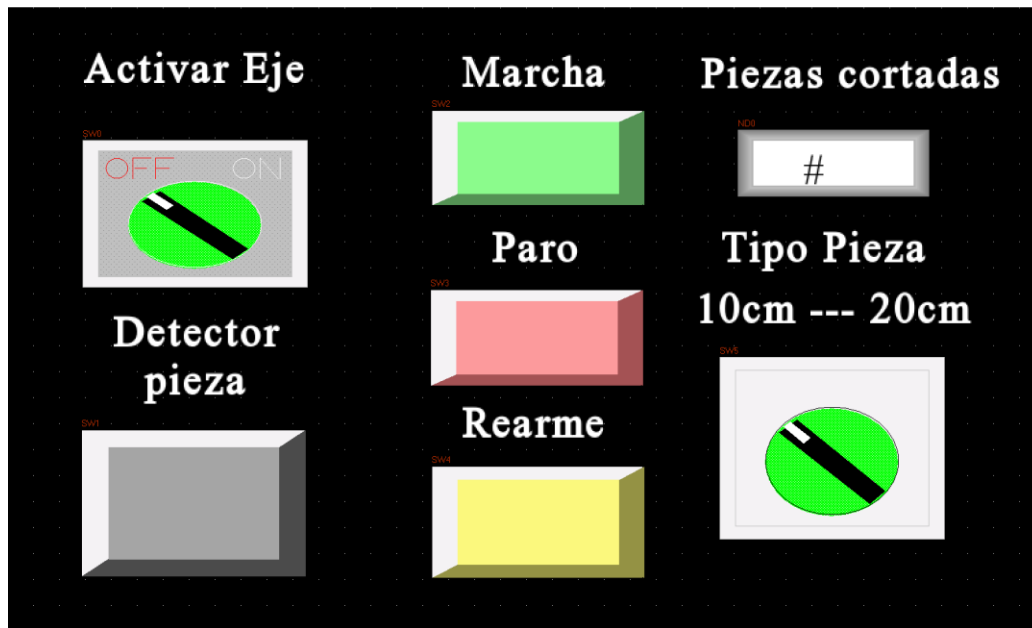



La sección “paro” gestiona el funcionamiento de paro. Este funcionamiento solo se posible si los ejes están activados. Si se pulsa paro o se alcanza uno de los dos sensores de límite, se paran los servomotores. Al pulsar rearme, los ejes volverán a la posición home. Hasta que ambos ejes estén en home, el sistema solo reaccionará ante otra señal de paro.





7.2. HMI



Con el interruptor “Activar Eje” se activan o desactivan los ejes.

Con el interruptor “Detector pieza” se simula el detector que comprueba que haya una pieza lista para cortar en la cinta.

Los pulsadores Marcha, Paro y Rearme son equivalentes a los pulsadores físicos en la maqueta de control.

En el visor “Piezas cortadas” se visualizan las piezas que ya han sido cortadas.

Con el selector “Tipo Pieza” se selecciona el grosor de la pieza a cortar, seleccionable entre 10cm y 20cm.

8. Problemas encontrados y solución implementada.

Anteriormente la mesa cartesiana estaba sobre un soporte móvil. Al moverse los servos, provocaban que se moviera la estructura completa, de modo que el encoder no podía leer correctamente, imposibilitando por completo el uso de la maqueta.

La solución fue reemplazar el soporte móvil por una mesa fija. De esta forma se consiguió una estructura más robusta, eliminando las oscilaciones que se generaban al mover los servos.

Al reemplazar el soporte móvil por la mesa fija se desconectó el cableado de los servodrive. Al realizar una prueba de funcionamiento después de la modificación, se observó que no se activaban los sensores de límites y home. El problema fue que se habían conectado los sensores del eje X al servodrive del eje Y y viceversa.

La solución fue intercambiar el bornero de conexiones de los servodrive.

Cuando se realizaba un paro por alcanzar uno de los límites de carrera, el PLC entraba en error. El problema fue que el servodrive genera un error al llegar a dichos límites, obligando a reiniciar los ejes para continuar con el funcionamiento normal.

La solución fue reiniciar los servos antes de devolverlos a la posición home.

9. Mejoras propuestas.

En la pantalla del HMI se podrían mostrar las posiciones de ambos ejes. Además, también podría haber pilotos de estado que muestren el estado de los servos. Ambas modificaciones evitarían confundir al operario cuando envíe una orden al sistema y no responda debido a que los ejes no están preparados.

Adicionalmente o en sustitución a la anterior propuesta, se podrían realizar animaciones que muestren una simulación del corte de la pieza. Esta sería una manera más visual e intuitiva de monitorización.

Se podría añadir una página desde donde se puedan mover los servos de forma manual. De esta forma se podrían corregir errores en la pieza o realizar cortes que difieran de la normalidad.