



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA PROTOTIPO DE FRESADO, TALADRADO Y CLASIFICADO

AUTOR: Víctor Beleña Boix

TUTOR: Enrique Jorge Bernabeu Soler

COTUTOR:

Curso Académico: 2014-15

Contenido:

Documento nº 1: Memoria.....	i
Documento nº 2: Manual de usuario.....	ii
Documento nº 3: Presupuesto.....	iii

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA PROTOTIPO DE FRESADO, TALADRADO Y CLASIFICADO

Documento nº 1: Memoria

Víctor Beleña Boix

Curso Académico: 2014-15

Índice de contenido:

1) OBJETO DEL TRABAJO	1
2) OBJETIVOS	2
3) ESPECIFICACIONES	2
4) ÁMBITO DE APLICACIÓN	3
5) INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA	4
5.1) Tecnológicos.....	4
5.2) Académicos	4
5.3) Teóricos.....	4
6) DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	5
6.1) Cintas.....	5
6.2) Brazo robótico.....	8
6.3) Autómatas.....	10
6.4) Unity Pro	12
6.5) LabVIEW	14
6.6) KEPServerEX 5	18
7) DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	19
7.1) Diseño	20
7.1.1) Graficets.....	20
7.1.2) Contadores.....	33
7.1.3) Operates.....	36
7.2) Calibrado del brazo robótico.....	38
7.3) Implementación del diseño.....	39
7.4) Comunicaciones.....	41
7.4.1) Ethernet	41
7.4.2) Servidor OPC	42
7.5) Scada	43
7.5.1) El Frontal Panel y el Block diagram (Boolean.vi).....	43
7.5.1.1) Block diagram.....	43
7.5.1.2) Frontal Panel	44
A) Controladores	46
B) Indicadores.....	49
7.5.2) Controladores (4,9 y 10)	53
7.5.3) Library 1	53

7.6) Desarrollo del funcionamiento obtenido (ejemplo de funcionamiento).....	53
7.6.1) Funcionamiento base.....	53
7.6.2) Cambio de modo de funcionamiento	55
7.6.2.1) Submodos	55
A) Manual.....	55
B) Automático	56
7.6.2.2) Modos	56
A) Taladrado	56
B) Fresado.....	57
C) Fresado y taladrado	57
D) Parada.....	58
7.6.2.3) Modos de emergencia	59
A) Interruptor de emergencia	59
B) Sobretensión.....	59
7.6.3) Indicadores.....	59
7.6.4) Funcionamiento de los elementos por separado	60
7.6.4.1) Brazo robótico.....	60
A) Carga de piezas	60
B) Retirada de piezas.....	60
7.6.4.2) Cintas.....	61
A) Cinta 1	61
B) Cinta 2	61
C) Cinta 3	61
D) Cinta 4.....	61
E) Empujadores	62
7.6.5) Notas adicionales	62
8) CONCLUSIONES.....	63
9) BIBLIOGRAFÍA	64

Índice de figuras:

Figura 1. Máquinas del sistema automático	1
Figura 2. Máquina de cintas con fresadora y taladradora	5
Figura 3. Máquina de cintas en perspectiva isométrica [ProcesosFischerTechnik (Entradas-Salidas)]	6

Figura 4. Brazo robótico[ProcesosFischerTechnik (Entradas-Salidas)]	8
Figura 5. Autómata TSX Premium y sus módulos	10
Figura 6. Entradas digitales del PLC.....	11
Figura 7. Entradas analógicas del PLC	11
Figura 8. Programa Unity Pro con diagrama de bloques	12
Figura 9. Diagrama de contactos.....	12
Figura 10. Compare temporizador	13
Figura 11. Compare comparador	13
Figura 12. Contador.....	13
Figura 13. Operate	14
Figura 14. Pantallas principales de LabVIEW	14
Figura 15. Proyecto de LabVIEW	15
Figura 16. Time Loop.....	15
Figura 17. Indicadores Booleanos de un array de la memoria.....	16
Figura 18. Indicador analógico de un espacio de memoria	16
Figura 19. Controladores Booleanos mediante un array en un espacio de memoria	16
Figura 20. Controlador analógico de un espacio de la memoria	17
Figura 21. Tab control	17
Figura 22. Servidor OPC.....	18
Figura 23. Quick Server	18
Figura 24. Programa de calibración del brazo robótico	38
Figura 25. Ejemplo contador de pulsos.....	39
Figura 26. Programa base Unity Pro	39
Figura 27. Variables elementales	40
Figura 28. Redes del Unity pro	41
Figura 29. Servidor OPC del trabajo	42
Figura 30. Block Diagram del trabajo	43
Figura 31. Primera pestaña del Front Panel del trabajo	44
Figura 32. Primera pestaña del Front Panel del trabajo	45
Figura 33. Herramienta de edición de controles.....	46
Figura 34. Controlador del periodo del time loop	46
Figura 35. Pulsadores controladores del arranque y la parada con sus respectivos leds.....	47
Figura 36. Controlador tipo switch para los modos automático y manual.....	47

Figura 37. Pulsador controlador de la indicación de ajuste de máquinas	47
Figura 38. Pulsadores controladores del modo de funcionamiento.....	48
Figura 39. Controlador tipo interruptor para emergencias	48
Figura 40. Visualizador de la lectura de tarjeta.....	49
Figura 41. Representación gráfica del voltímetro	50
Figura 42. Led de emergencia por sobretensión.....	50
Figura 43. Leds de situación del sistema.....	50
Figura 44. Contadores de piezas en proceso o ya fabricadas	51
Figura 45. Indicador de las iteraciones realizadas por el time loop partido 100	51
Figura 46. Indicador de las acciones del brazo robótico	51
Figura 47. Indicador tipo slide del movimiento horizontal del brazo robótico.....	52
Figura 48. Indicador tipo slide del movimiento vertical del brazo robótico	52
Figura 49. Indicador del grado de giro del brazo robótico.....	52
Figura 50. Indicador del grado de apertura de la pinza	53

Índice de tablas:

Tabla 1. Entradas de la máquina de cintas.....	7
Tabla 2. Salidas de la máquina de cintas.....	7
Tabla 3. Entradas del brazo robótico	9
Tabla 4. Salidas del brazo robótico	10

1) OBJETO DEL TRABAJO:

El objeto de este trabajo es realizar un sistema automático que controle un sistema industrial real (*figura 1*) que ha de tratar piezas de distintos tamaños mediante tres tipos de procesos y trasladarlas a sus respectivas posiciones de trabajo. Además debe de tener sistemas de seguridad, alarma y monitorización de la actividad realizada, todo esto ha de ser controlado mediante una pantalla de control que no requiera conocimientos avanzados.

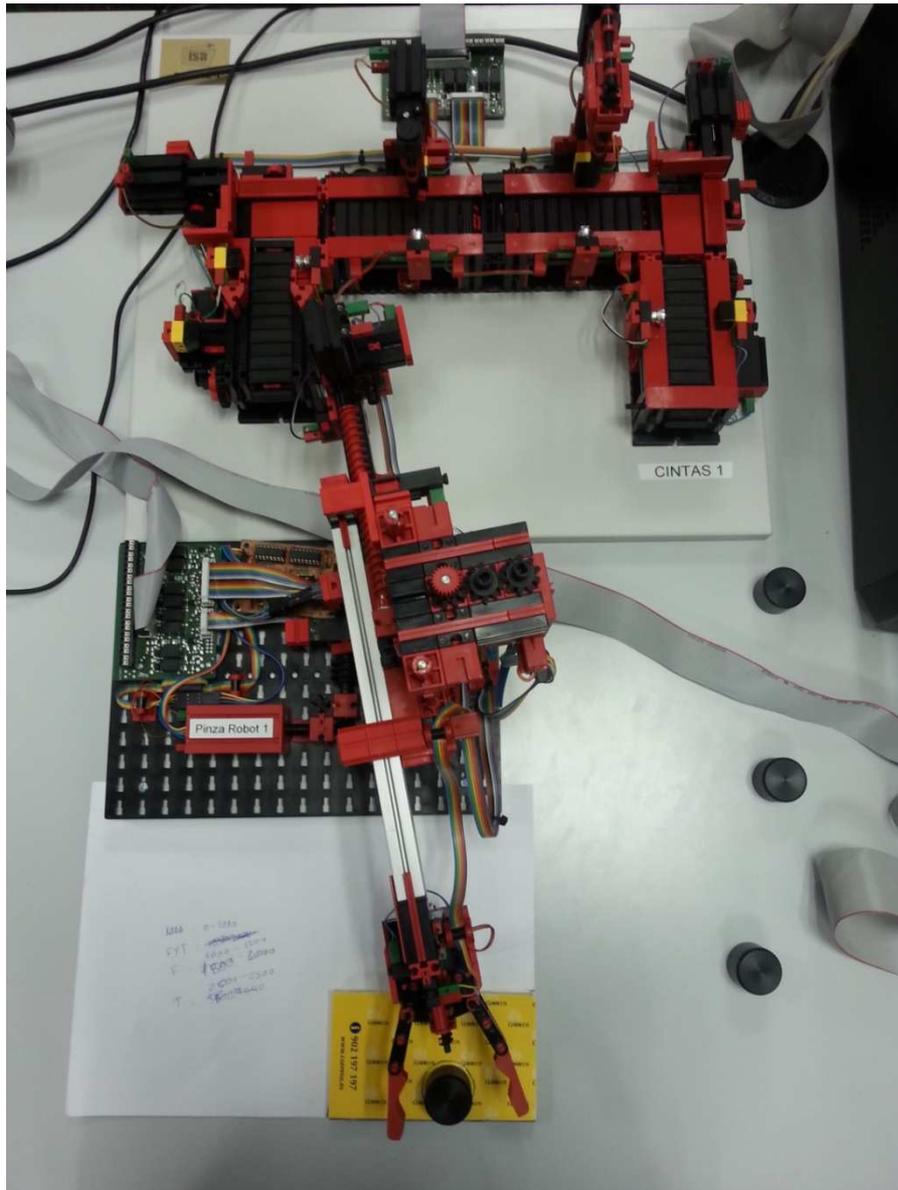


Figura 1. Máquinas del sistema automático

Este sistema real está compuesto por 4 cintas con dos maquinas de fresado y taladrado y un brazo robótico.

2) OBJETIVOS:

El objetivo general del trabajo es la realización de un sistema industrial que automatice una planta de tratamiento de piezas.

Para ello se tendrán que llevar a cabo una serie de objetivos específicos:

- **El primer objetivo** es el diseño de un sistema de graficets que permita el control de todos los actuadores y sensores del circuito y sincronice las distintas partes del mismo. Este control y sincronización tendrán como finalidad que la combinación de ambas máquinas (cintas y brazo robótico) pueda realizar lotes de piezas de distintos tamaños, que recibirán procesos distintos (fresado, taladrado o ambas), y colocarlas posteriormente.
- **El segundo objetivo** es la implementación de este diseño en los autómatas. Para poder aplicarlo.
- **El tercer y último objetivo** es la creación de una pantalla de visualización y control del funcionamiento del sistema. Para ello se deberán establecer comunicaciones entre el diseño, los autómatas y la pantalla de control y monitorización.

Estos objetivos se tendrán que complementar con las especificaciones de funcionamiento del apartado 3).

3) ESPECIFICACIONES:

En este apartado se especifican algunos puntos clave para que el sistema final funcione como es deseado:

- Debe existir un botón de arranque del sistema y otro de parada.
- Se han de implementar 3 modos de funcionamiento:
 - Modo Fresado y Taladrado.
 - Modo Taladrado.
 - Modo Fresado.
- El cambio de los modos de funcionamiento debe permitir el ajuste de las maquinas de manera manual o automática.
- En caso de emergencia se podrá congelar el sistema con un interruptor.
- La tensión que no debe sobrepasarse en el circuito es 5000V y debe mostrarse la tensión a la que funciona el mismo en todo momento.

- Debe existir una monitorización completa tanto de las cintas como del brazo robótico.
- Debe existir contadores para controlar las piezas hechas y las piezas en proceso.

4) ÁMBITO DE APLICACIÓN:

Este sistema podrá ser utilizado en cualquier sistema industrial con las mismas características que conste de los autómatas y programas necesarios para la implementación del mismo.

Podrá ser usado en cualquier sector que requiera de procesado de piezas como el automovilístico, la manufacturación de piezas para hardware, etc.

Además podrán adaptarse los sensores y lectores de señales (analógicas y digitales) a cualquier sistema que tenga la empresa (lectores de tarjetas, voltímetros, etc.) siempre y cuando se cambien las entradas en el programa base, ya que la compartición de información ya se hace mediante un servidor OPC.

5) INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA:

Los problemas que plantea este sistema son varios:

5.1) Tecnológicos:

Para poder realizar el sistema automático que controle el proceso se han de aprender a utilizar unos autómatas compuestos por varios módulos y que contienen entradas y salidas analógicas y digitales en los mismos, además de comprender las máquinas que funcionan mediante encoders, sensores y actuadores de distintos tipos.

También hay que calibrar los aparatos a usar, contando las vueltas que dan los encoders del brazo robótico para cada posición, el tiempo que tarda en encenderse un sensor, etc.

5.2) Académicos:

Para poder realizar todo este proceso de manera automática hay que utilizar la herramienta de los graficets y crear una sucesión de etapas y transiciones (en diversos graficets) que encaje con el sistema buscado. En este diseño se necesitarán conocimientos desarrollados en las asignaturas de *“Sistemas automáticos”* y *“Tecnología automática”*.

Por otra parte, es necesario el uso de herramientas como LabVIEW, Servidores OPC y conexiones entre autómatas. Para ello se aplicarán los conocimientos desarrollados en la asignatura *“Laboratorio de automatización y control”*.

5.3) Teóricos:

Los conocimientos adquiridos académicamente serán problemas teóricos a desarrollar:

Para poder comunicar los dos autómatas y sus respuestas han de usarse varios tipos de sistemas como el traspaso de información vía Ethernet mediante el Unity Pro y la transmisión mediante un servidor OPC para el uso del Scada. Hay que conocer estos sistemas de manera que pueda realizarse.

Son necesarios conocimientos sobre la aplicación LabVIEW y como crear un sistema digital de entradas y salidas para controlar el proceso.

Finalmente será necesario diseñar los graficets para que cumplan todas las especificaciones y sean claros en su ejecución.

6) DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:

En este apartado se muestran los elementos utilizados en la creación del sistema:

6.1) Cintas:

Una de las máquinas que se ha de utilizar es el conjunto de cintas con fresado y taladrado (*figura 2*).

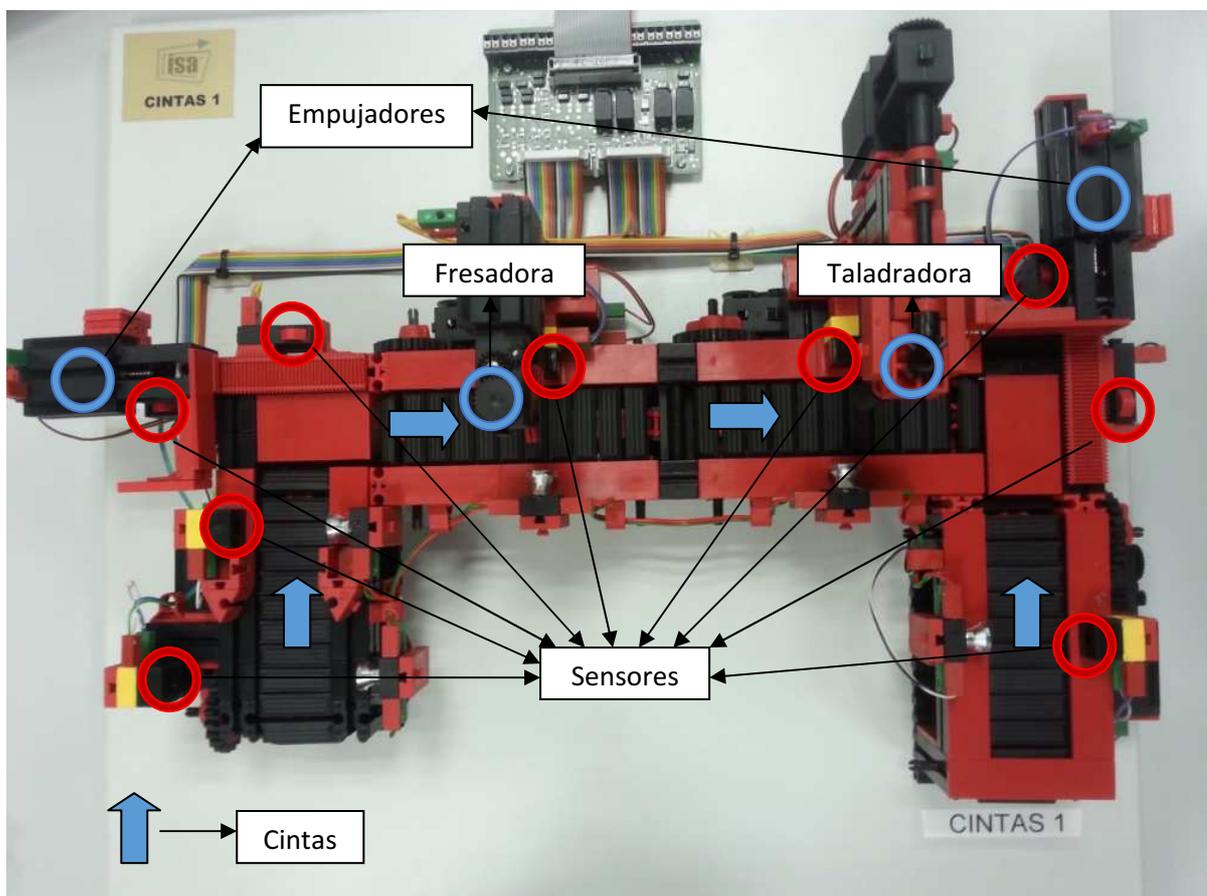


Figura 2. Máquina de cintas con fresadora y taladradora

Las cintas se pueden conectar a un PLC para ser controladas y monitorizadas.

Estas están compuestas por un grupo de actuadores y sensores:

- Sensores:
 - *Luz*: estos indican si hay una pieza en su posición, hay pieza si el haz de luz no llega al sensor.
 - *Presión*: estos indican la posición de los empujadores (los finales de recorrido), se activan si el empujador ha llegado hasta el sensor (ya que es un pulsador).

- Actuadores:
 - *Empujadores*: estos tienen dos actuadores cada uno, uno que hace avanzar el mismo hacia delante y otro que lo hace retroceder.
 - *Cintas*: estas tienen un actuador cada una que las hace girar para que avance la pieza.
 - *Taladradora y fresadora*: estos tienen un actuador cada uno que los hace rotar para simular el taladrado o el fresado.
 - Existe un actuador más no visible, este permite que la cinta funcione si esta en ON.

Las entradas y salidas de estos para el PLC se muestran en la *figura 3* y las *tablas 1* y *2*:

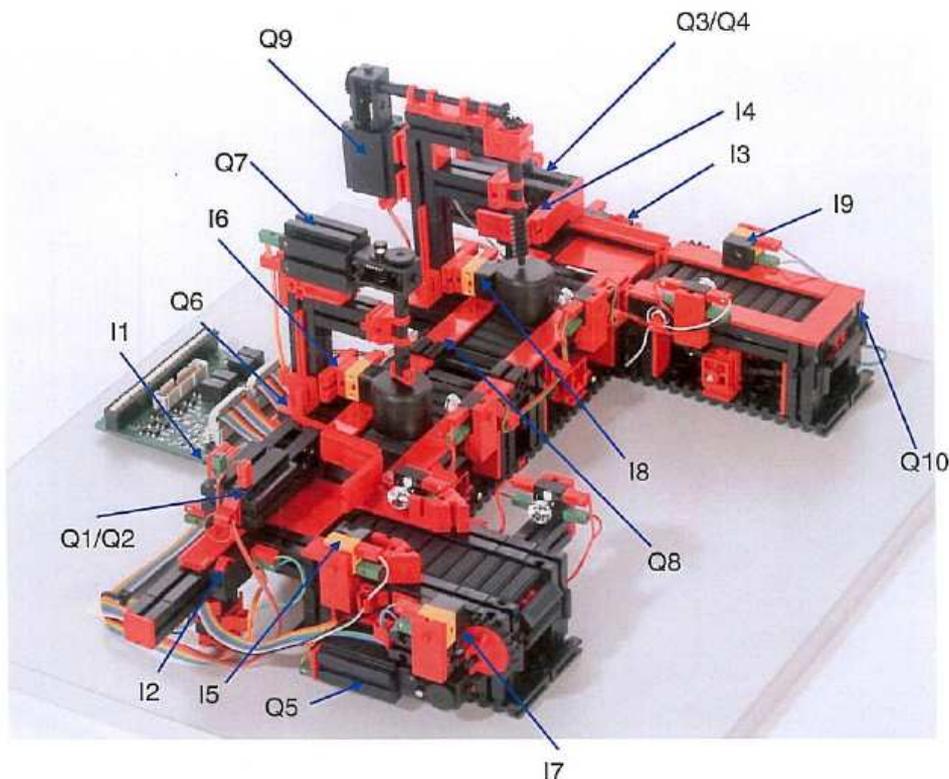


Figura 3. Máquina de cintas en perspectiva isométrica [Procesos Fischer Technik (Entradas-Salidas)]

Entrada	Descripción	Dirección TSX
I1	Final de carrera frontal del empujador 1	%MW0.0
I2	Final de carrera trasera del empujador 1	%MW0.1
I3	Final de carrera frontal del empujador 2	%MW0.2
I4	Final de carrera trasera del empujador 2	%MW0.3
I5	Fototransistor empujador 1	%MW0.4
I6	Fototransistor fresadora	%MW0.5
I7	Fototransistor estación de carga	%MW0.6
I8	Fototransistor taladradora	%MW0.7
I9	cinta transportadora de salida	%MW3.0

Tabla 1. Entradas de la máquina de cintas

Salida	Descripción	Dirección TSX
Q1	Motor empujador 1 hacia adelante	%MW4.2
Q2	Motor empujador 1 hacia atrás	%MW4.3
Q3	Motor empujador 2 hacia adelante	%MW4.4
Q4	Motor empujador 1 hacia atrás	%MW4.5
Q5	Motor cinta transportadora de alimentación	%MW4.6
Q6	Motor cinta transportadora fresadora	%MW4.7
Q7	Motor fresadora	%MW6.2
Q8	Motor cinta transportadora taladradora	%MW6.3
Q9	Motor taladradora	%MW6.4
Q10	Motor cinta transportadora salida	%MW6.5
Q11	Funcionamiento de la máquina	%MW6.6

Tabla 2. Salidas de la máquina de cintas

6.2) Brazo robótico:

Una de las máquinas que se ha de utilizar es el brazo robótico (figura 4).

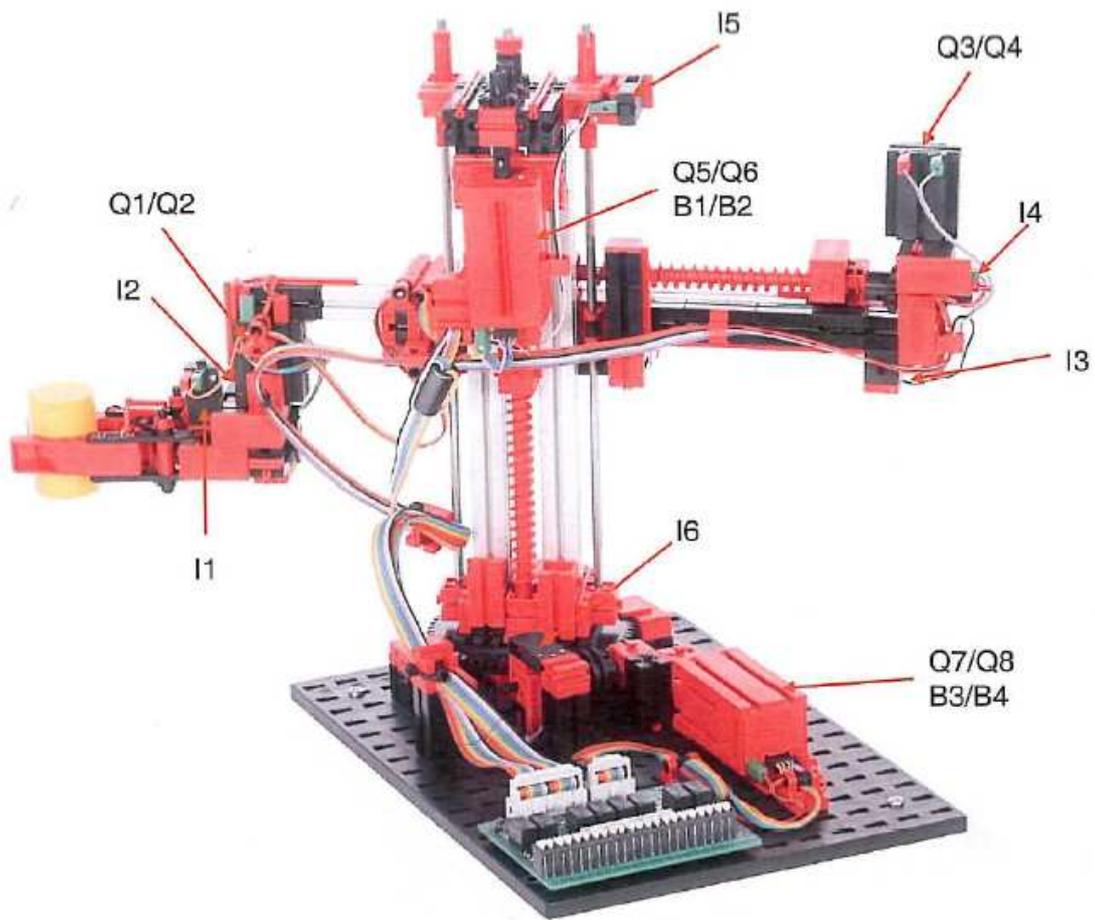


Figura 4. Brazo robótico [Procesos Fischer Technik (Entradas-Salidas)]

El brazo robótico se puede conectar a un PLC para ser controlado y monitorizado.

Este está compuesto por un grupo de actuadores y sensores:

- Sensores:
 - *Presión*: son unos sensores colocados al final del recorrido posible del brazo en una dirección (no en ambas) o sentido de giro, estos se activan cuando el brazo llega a esa posición (la posición 0).
 - *Contador de pulsos*: son sensores que cuentan pulsos conforme el brazo se mueve, hay uno por cada tipo de movimiento. Están compuestos por sensores de presión y levas que funcionan con el movimiento, de esta manera el movimiento hace girar la leva y esta presiona el pulsador que cuenta un pulso.

- Actuadores:
 - Giro horario.
 - Giro anti horario.
 - Avance horizontal.
 - Retroceso horizontal.
 - Subida vertical.
 - Bajada vertical.
 - Apertura de pinza.
 - Cierre de pinza.

Las entradas y salidas de estos para el PLC se muestran en las *tablas 3 y 4*:

Entrada	Descripción	Dirección TSX
I1	Final de carrera referencia pinza	%MW0.0
I2	Contador de pulsos de la pinza	%MW0.1
I3	Final de carrera referencia brazo agarre	%MW0.2
I4	Contador de pulsos del brazo de agarre	%MW0.3
I5	Final de carrera referencia vertical	%MW0.4
I6	Final de carrera referencia de giro	%MW0.5
B1	Sentido movimiento vertical	%MW0.6
B2	Pulsos encoder movimiento vertical	%MW0.7
B3	Sentido movimiento de giro	%MW3.0
B4	Pulsos encoder movimiento giratorio	%MW3.1

Tabla 3. Entradas del brazo robótico

Salida	Descripción	Dirección TSX
Q1	Motor de apertura de la pinza	%MW4.2
Q2	Motor de cierre de la pinza	%MW4.3
Q3	Motor del brazo de la pinza hacia adelante	%MW4.4
Q4	Motor del brazo de la pinza hacia atrás	%MW4.5
Q5	Motor movimiento vertical hacia abajo	%MW4.6
Q6	Motor movimiento vertical hacia arriba	%MW4.7
Q7	Motor movimiento giratorio horario	%MW6.2
Q8	Motor movimiento giratorio anti horario	%MW6.3

Tabla 4. Salidas del brazo robótico

6.3) Autómatas:

Para controlar todo el proceso se utilizarán un conjunto de dos autómatas iguales a los de la figura 5.



Figura 5. Autómata TSX Premium y sus módulos

Los autómatas utilizados son TSX Premium, están compuestos por varios módulos y estos controlan las E/S del sistema, en la *figura 5* se pueden apreciar los módulos de entrada, salida, el principal y la fuente de tensión.

Estos son programables mediante el uso de programas como Unity Pro y al estar conectados entre ellos se puede compartir información vía Ethernet.

Estos autómatas tienen múltiples entradas de memoria %MW y pueden ser accedidas todas ellas sin embargo hay algunas que tienen conectadas ya entradas analógicas y digitales:

- %MW0: estas son las entradas digitales que utilizan las maquinas y que pueden ser controladas mediante el propio autómata (*figura 6*).



Figura 6. Entradas digitales del PLC

- %MW1 y %MW2: estas son entradas analógicas manejadas por ruedas en el PLC (*figura 7*).



Figura 7. Entradas analógicas del PLC

Finalmente añadir, que al igual que se ha utilizado este autómata podría utilizarse cualquier otro siempre y cuando se utilizara el programa correspondiente para implementar los graficets y la compartición de datos.

6.4) Unity Pro:

Unity Pro es un software que funciona con plataformas Premium, Modicon, Atrium y Quantum. Con él es posible programar un autómata de manera que siga un sistema de diagramas de bloques funcionales (figura 8), lenguaje de diagrama de contactos, texto estructurado o control secuencial.

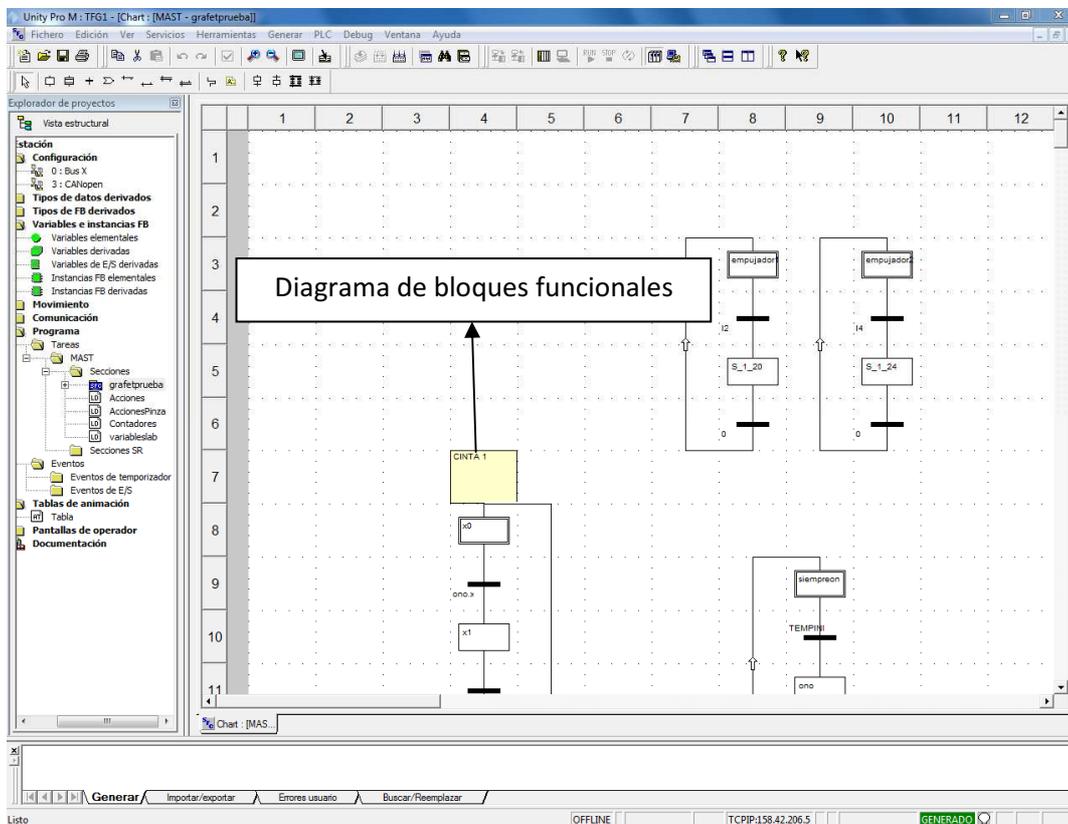


Figura 8. Programa Unity Pro con diagrama de bloques

En este caso se utilizarán las dos primeras opciones, se trabajará con diagramas de bloques para implementar los graficets y se usarán los diagramas de contactos para las transiciones y las acciones condicionadas (figura 9).



Figura 9. Diagrama de contactos

También se utilizará el programa para, mediante la opción de red, compartir la información de un autómeta a otro por medio de Ethernet.

Los bloques de diagramas especiales utilizados, a parte de las etapas y transiciones propias de los graficets, son:

- Compares:
 - *Temporizador*: con él se espera un tiempo desde que la etapa que se explicita está activa (figura 10).

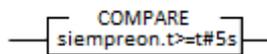


Figura 10. Compare temporizador

- *Comparador*: con él se compara el valor de una variable respecto otro valor (de otra variable o constante) (figura 11).

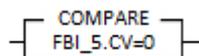


Figura 11. Compare comparador

- Contadores: estos incrementan su salida (CV) o la disminuye dependiendo de si se activa su CU o CD respectivamente, por otra parte la salida vuelve a 0 si el reset se activa. Estos solo funcionan si tienen activo el enable (EN) (figura 12).

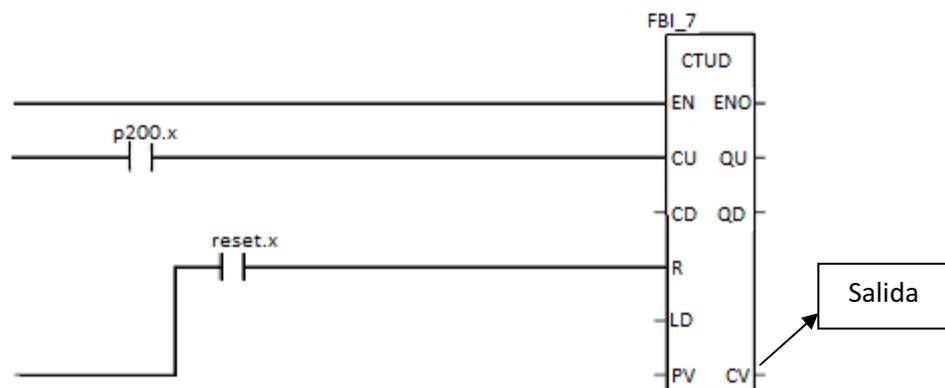


Figura 12. Contador

- Operates: estos asignan un valor (ya sea de una variable o de una constante) a una variable (figura 13).

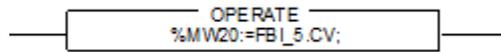


Figura 13. Operate

6.5) LabVIEW:

LabVIEW es un software para el desarrollo y creación de sistemas de monitorización y control. La principal característica de este software es su sencillez a la hora de crear entornos visuales para la utilización de aplicaciones.

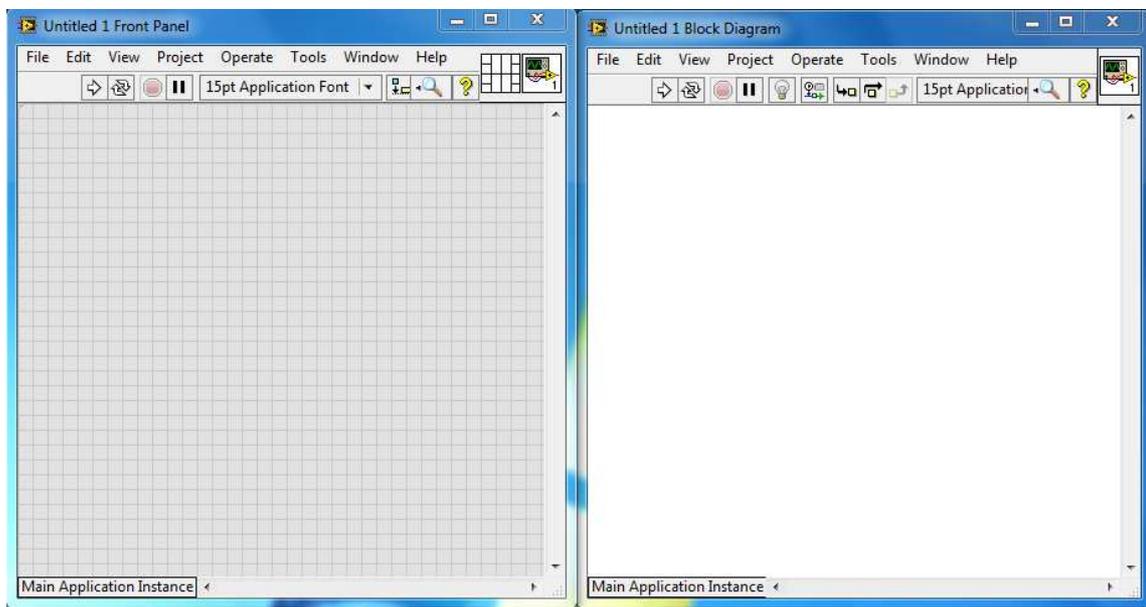


Figura 14. Pantallas principales de LabVIEW

En la figura 14 se puede observar los dos entornos de trabajo mayormente utilizados en esta aplicación. El primero es el panel frontal (Frontal Panel) donde se sitúa la interfaz a utilizar por el usuario, y el segundo es el diagrama de bloques (Block Diagram) donde se escribe el código para poder ser utilizado en el primero.

Por otra parte estas partes del programa estarán englobadas junto las librerías y los datos obtenidos del servidor OPC en el proyecto del LabVIEW (figura 15).

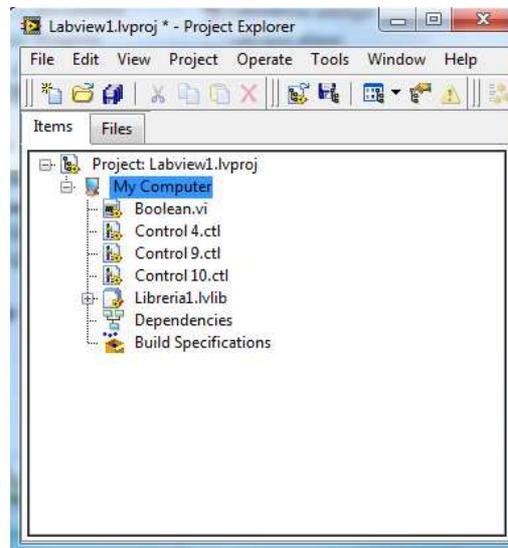


Figura 15. Proyecto de LabVIEW

Finalmente una breve explicación de las herramientas utilizadas en el diagrama de bloques en el presente trabajo:

- Loops:
 - *Temporal*: es utilizado para crear un bucle que se repite cada cierta cantidad de tiempo marcada por un periodo (que se escribe dentro del programa), también tiene otras funciones pero principalmente solo se variará el periodo y se utilizara un controlador para parar el bucle y un indicador para indicar si no ha podido completarse la tarea en el periodo establecido (figura 16).

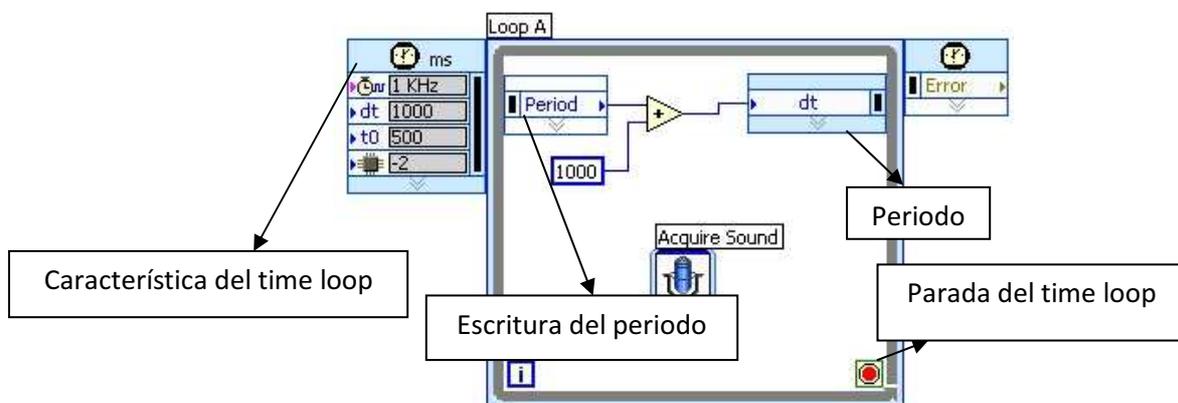


Figura 16. Time Loop

- Indicadores:

- *Booleanos*: estos indican si un bit de la memoria esta a 0 o a 1, esto suele indicarse con un led aunque hay varios tipos de indicadores. Para acceder a un solo bit de cada espacio de memoria se crea un array de ella (convirtiendo el dato a booleanos primero) y se utilizan los deseados (*figura 17*).

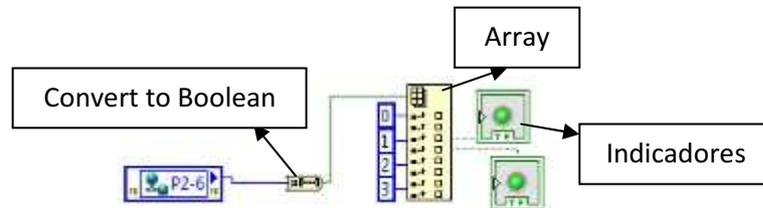


Figura 17. Indicadores Booleanos de un array de la memoria

- *Enteros*: estos indican el valor entero de un espacio de memoria, hay varios tipos de indicadores para ellos aparte de numéricos (como displays) (*figura 18*).

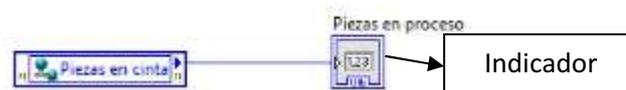


Figura 18. Indicador analógico de un espacio de memoria

- Controladores:

- *Booleanos*: estos controlan un bit del espacio de la memoria, se suelen utilizar interruptores o pulsadores pero hay varios tipos de controladores. Para acceder a un solo bit de cada espacio de memoria se crea un array de ella y se utilizan los deseados (*figura 19*).



Figura 19. Controladores Booleanos mediante un array en un espacio de memoria

- *Enteros*: estos se controlan un espacio de memoria completo y se pueden controlar tanto escribiendo el numero como con otros tipo de controladores analógicos tipo rueda, slide, etc. (figura 20).

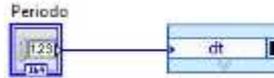


Figura 20. Controlador analógico de un espacio de memoria

- Tab control: es un contenedor para poder separar en el panel frontal las aplicaciones en pestañas (figura 21).



Figura 21. Tab control

En la bibliografía hay un manual de las funciones básicas de LabVIEW (*Identificación y control con LabVIEW*), otro sobre el programa en general y un último sobre como realizas las conexiones entre LabVIEW y un PLC mediante un servidor OPC. También se explicará brevemente en el apartado **7.4.2 Servidor OPC** como se ha realizado en el presente trabajo.

6.6) KEPServerEX 5:

KEPServerEX 5 es un software desarrollado para utilizar comunicaciones Kepware, de esta manera se puede crear un servidor con el que compartir información con otros equipos.

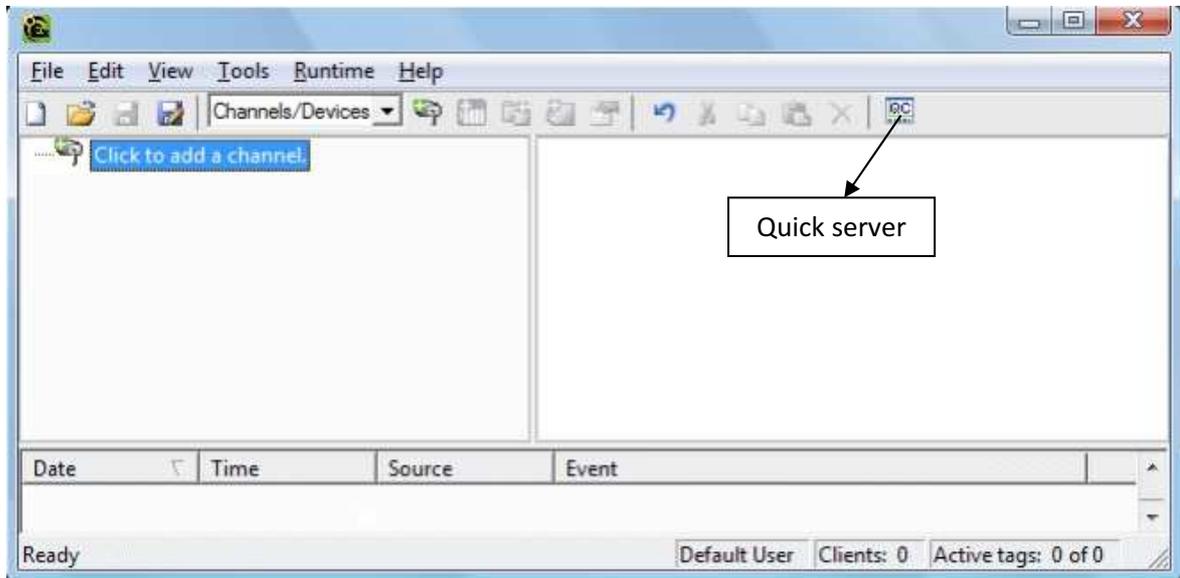


Figura 22. Servidor OPC

Una vez creado el server (figura 22) se pueden compartir los espacios de memoria de un autómatas y leer y escribir en ellos mediante otra aplicación.

Además el programa nos da la opción de crear un server de visualización de las variables compartidas, esta opción se llama Quick server (figura 23) y genera la siguiente visualización.

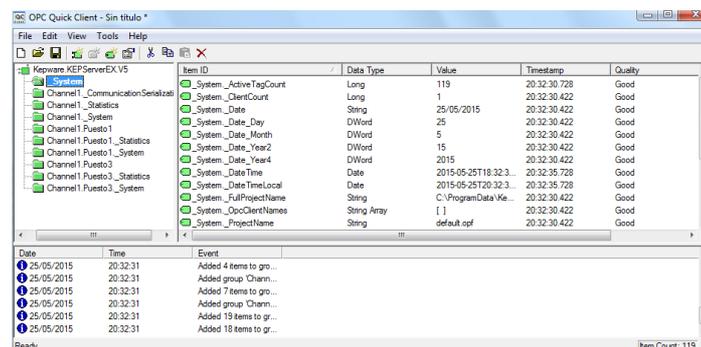
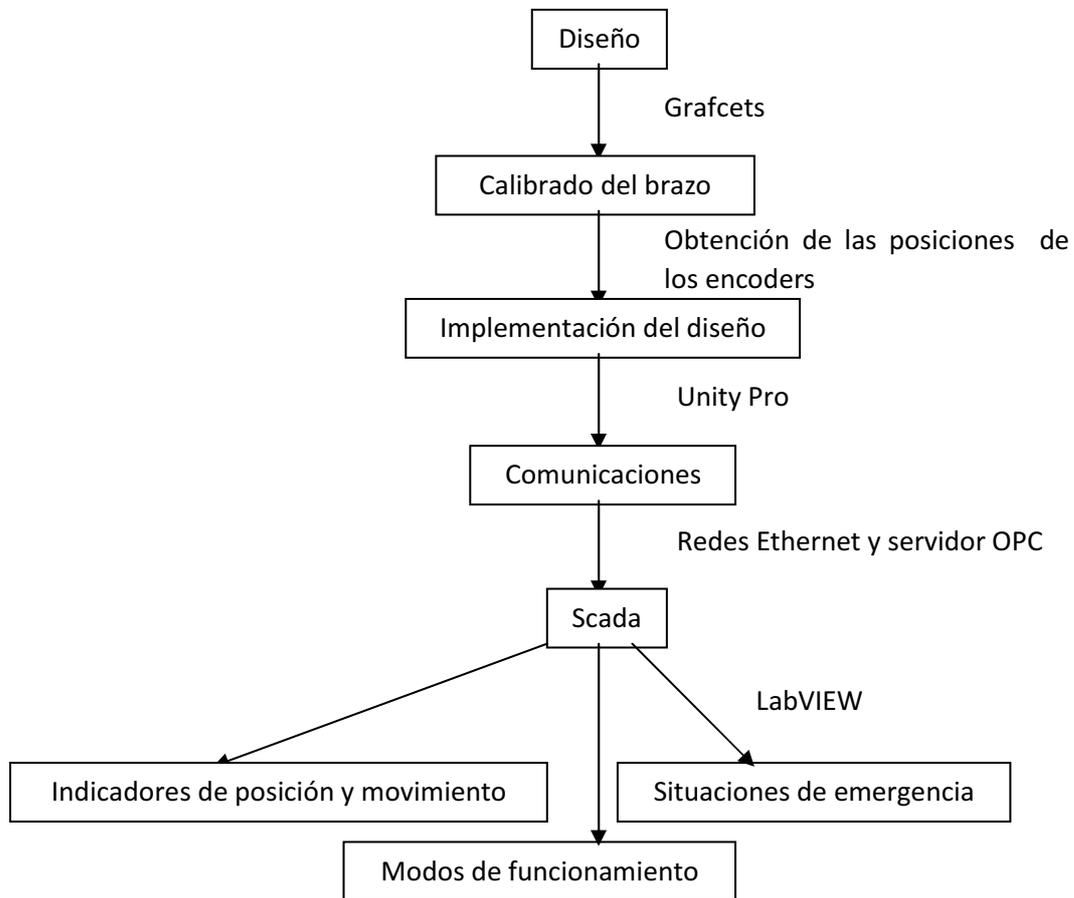


Figura 23. Quick Server

En la bibliografía de la memoria se encuentra el manual completo de este programa.

7) DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN:

En este diagrama se explican los pasos seguidos para la obtención de la solución al problema inicial.



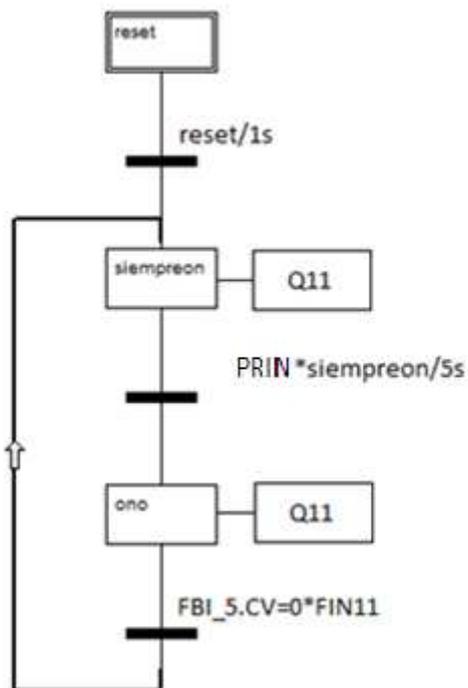
7.1) Diseño:

En este apartado se explica el diseño de los graficets que darán lugar al funcionamiento del sistema.

Para el diseño de los mismos se ha utilizado un sistema de independencia entre los graficets de manera que cada uno pueda funcionar por separado (estando relacionados con los otros mediante las transiciones); de esta manera se puede trabajar con varias piezas y es más sencillo el visualizar el comportamiento de cada parte del sistema.

7.1.1) Graficets:

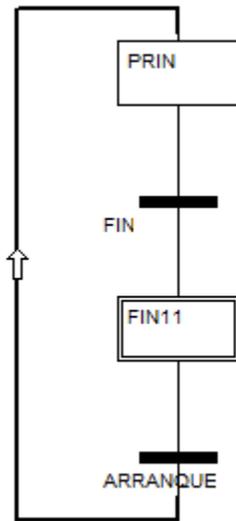
Temporizador de inicio de sistema:



En este graficet primero se utiliza una etapa de reset para poner a 0 los contadores.

Posteriormente se utilizan dos etapas una que mantiene el sistema en parada (siempreon) y otra que lo mantiene en funcionamiento (ono). Para cambiar a funcionamiento es necesario un tiempo de 5 segundos de estabilización de sensores y pulsar el botón de arranque. Para pasar a parada es necesario haber retirado todas las piezas y estar en modo de parada (habiendo pulsado el pulsador de parada).

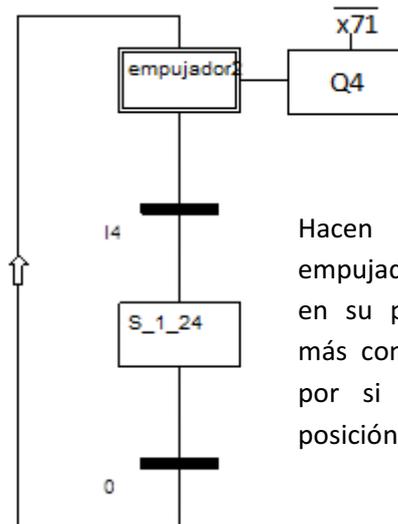
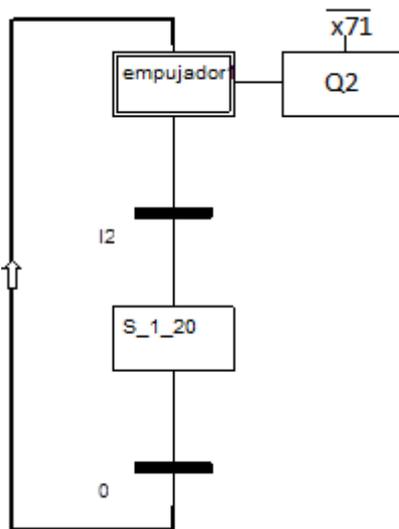
Parada y arranque del sistema:



Este graficet se utiliza para marcar cuando está en parada o arranque el sistema.

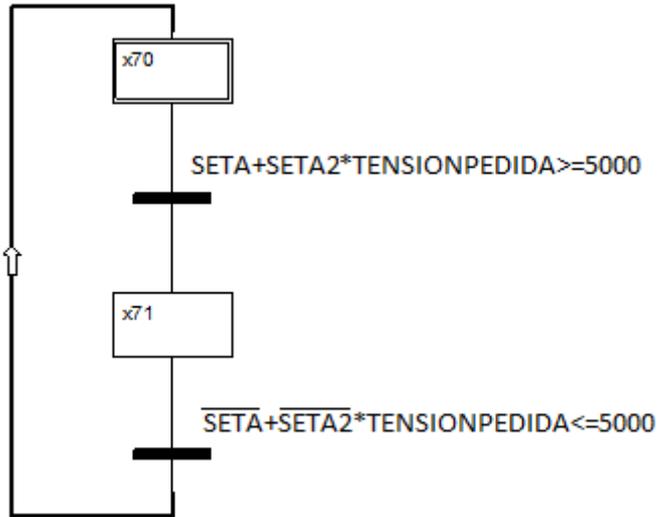
Cuando se sitúa en parada el resto del sistema comienza a retirar las piezas del circuito para posteriormente parar por completo el mismo hasta que se vuelva a arrancar.

Reinicio de los empujadores al inicio del sistema:



Hacen retroceder a los empujadores para colocarlos en su posición inicial nada más comenzar el programa, por si estuvieran en una posición errónea.

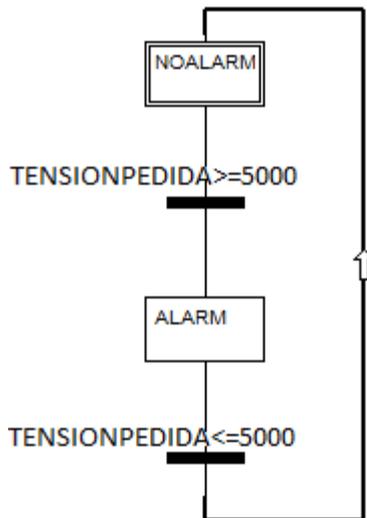
Interruptor de emergencia:



En este graficet existe el modo de funcionamiento normal (x70) y el modo congelación del sistema (x71). Se cambia de uno a otro mediante la utilización del interruptor de emergencia (virtual o real) o cuando la tensión supera los 5000V.

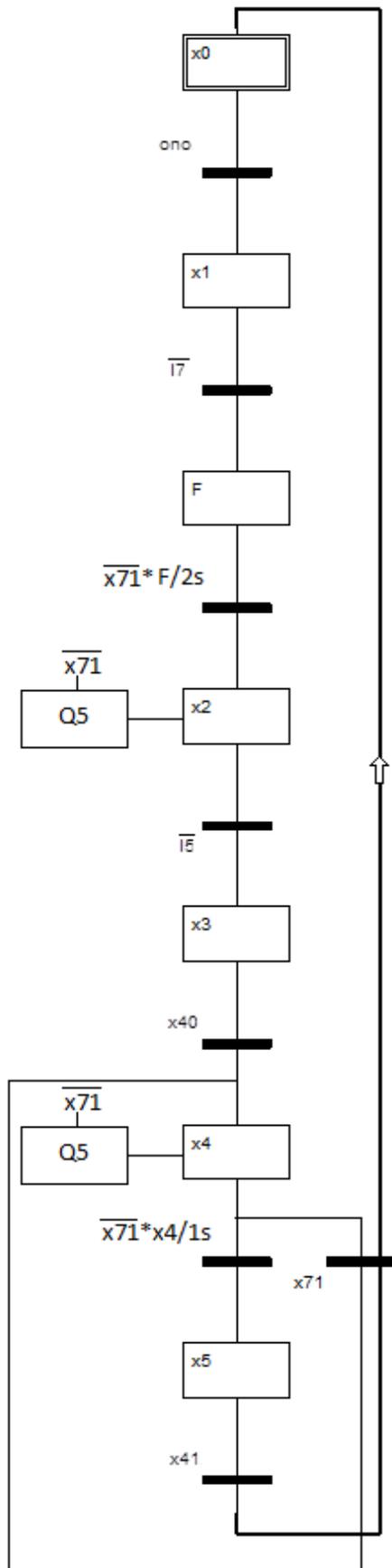
Cuando se está en modo de congelación el sistema se detiene para continuar posteriormente en el mismo punto, sin embargo si se encuentra en medio de un fresado o taladrado los repite.

Indicador de alarma del sistema:



Este graficet se utiliza para tener constancia de cuando ha habido una sobretensión y compartir la información con el Scada.

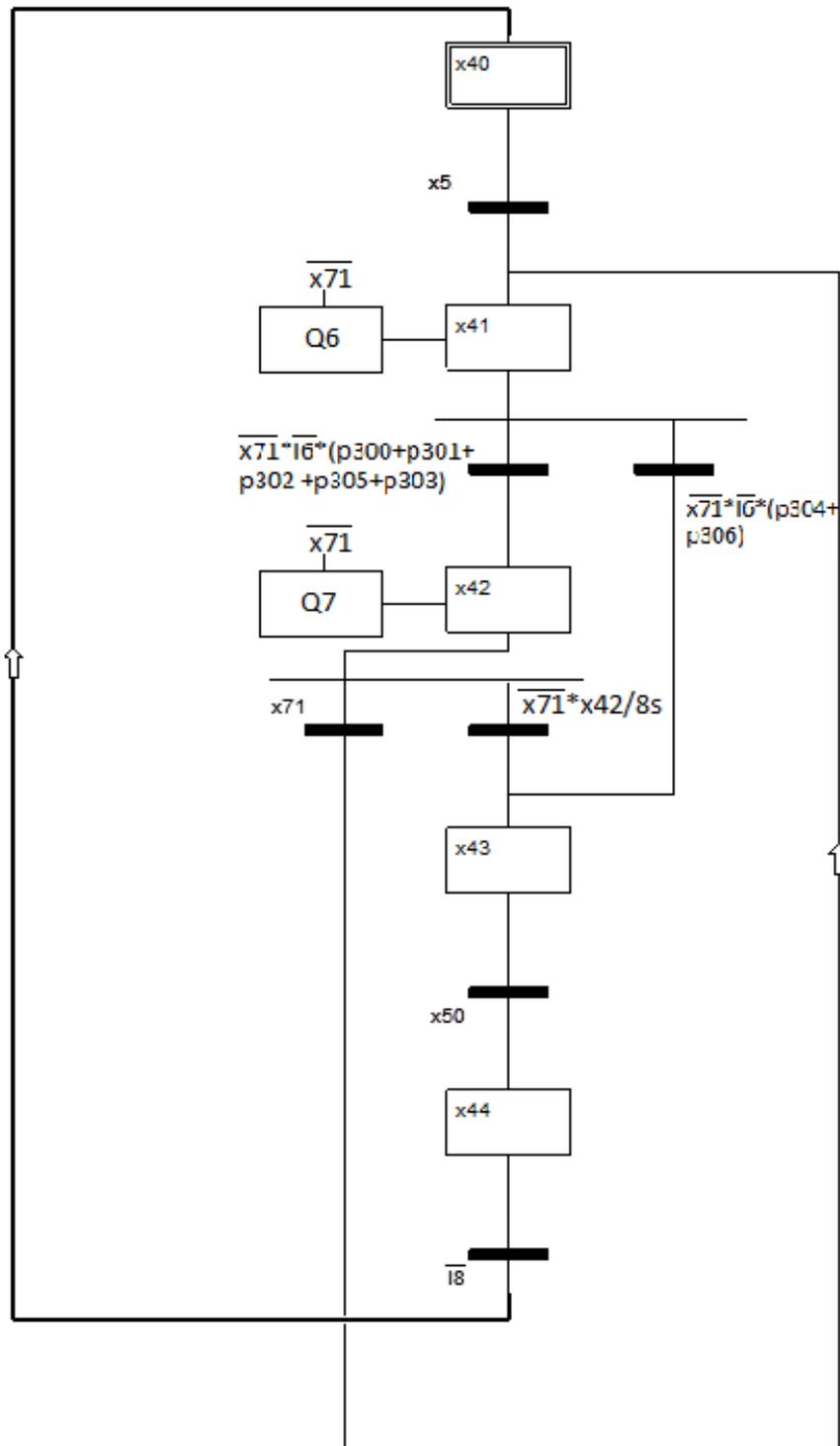
Cinta 1:



Controla la cinta 1 de manera que funcione cuando contiene una pieza y el sistema esta arrancado. También en el momento que la pieza llega a la última posición detiene la cinta hasta que la siguiente cinta esté libre.

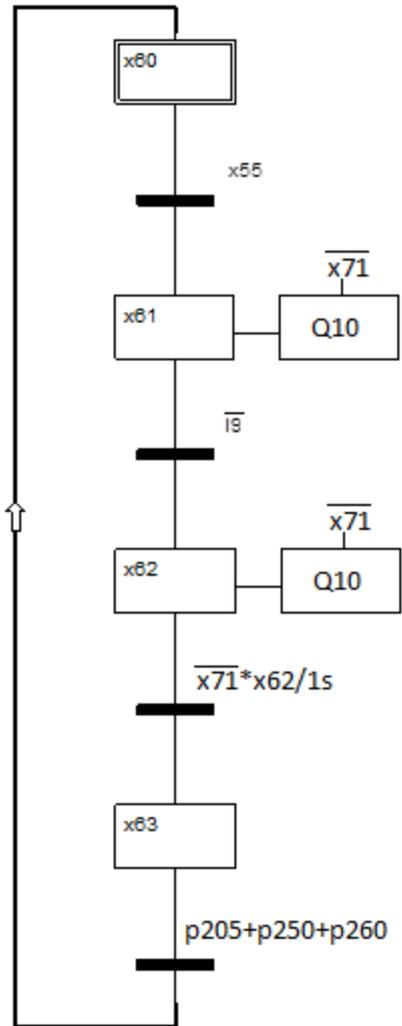
En caso de emergencia detiene el funcionamiento de la cinta y si se produjera en el temporizador que pone en marcha los empujadores (el de x4, ya que el x5 es una transición en los graficets de empujadores) este se resetea para evitar que las piezas queden mal posicionadas.

Cinta 2:



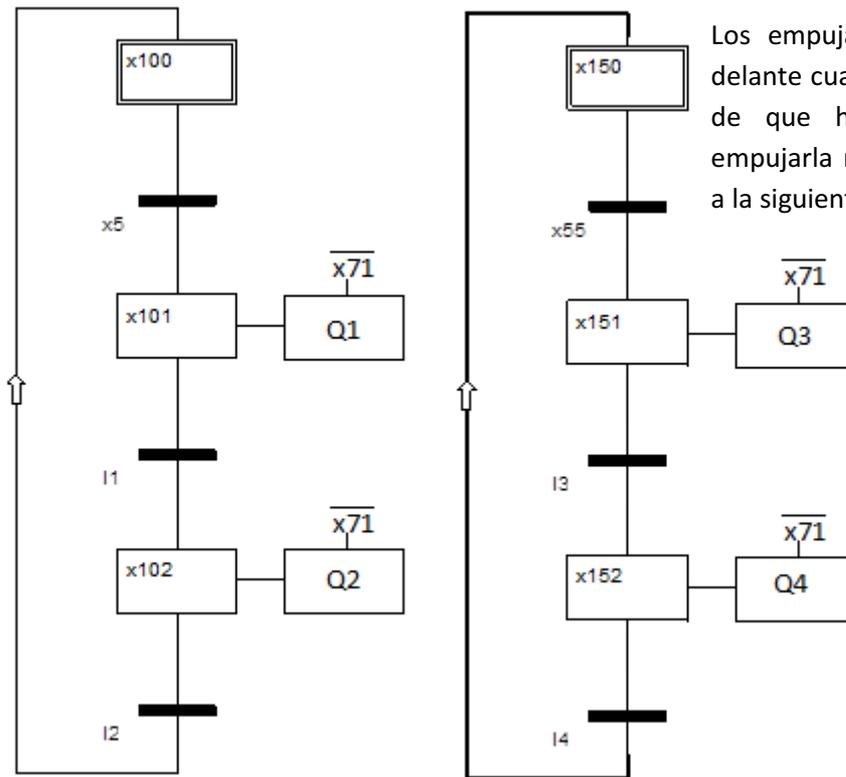
Controla la cinta 2 de manera que: funcione cuando una pieza lo requiera, que espere a que la siguiente cinta esté libre cuando la pieza llega a la última posición, que se interrumpa cuando una situación de emergencia así lo dicte y que realice el fresado, dependiendo del modo de funcionamiento.

Cinta 4:



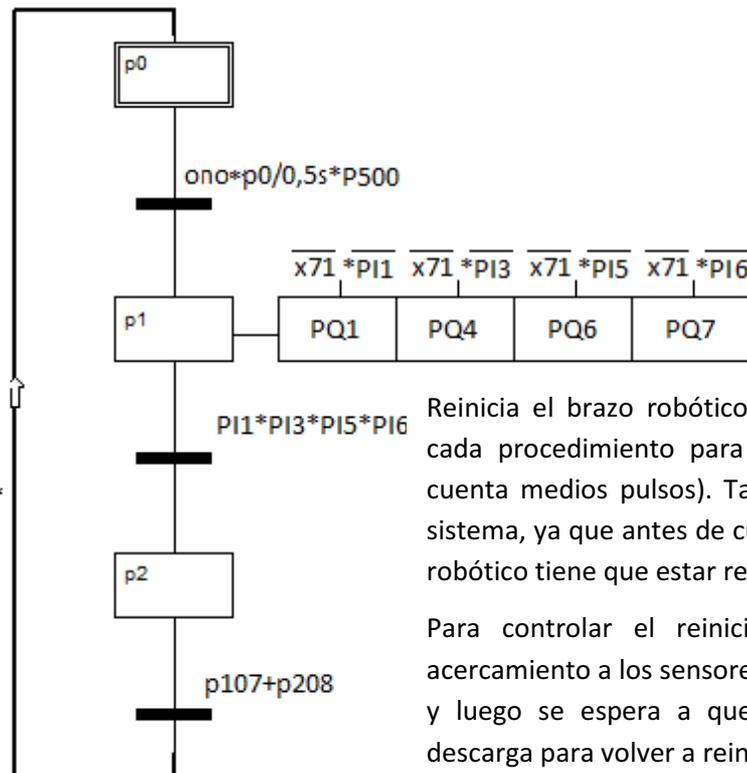
Controla la cinta 4 para que funcione cuando una pieza la requiera, que espere al brazo robótico cuando la pieza está en la última posición y que se interrumpa cuando una situación de emergencia así lo dicte.

Funcionamiento de los empujadores:



Los empujadores funcionan hacia delante cuando las cintas les avisan de que hay una pieza y tras empujarla retroceden para esperar a la siguiente pieza.

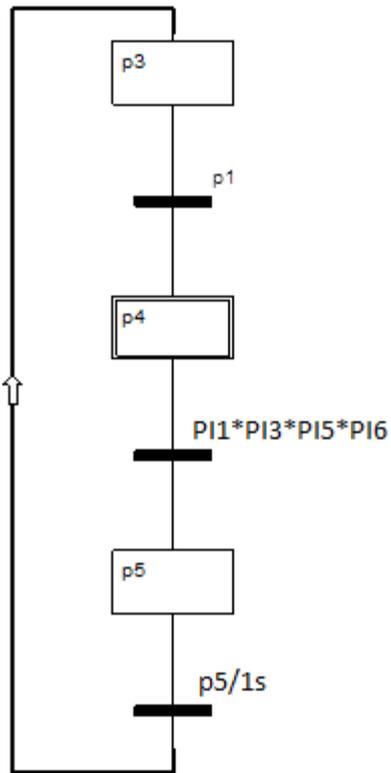
Reinicio del brazo robótico:



Reinicia el brazo robótico a la posición inicial después de cada procedimiento para evitar fallos en el encoder (no cuenta medios pulsos). También la reinicia al principio del sistema, ya que antes de cualquier carga o descarga el brazo robótico tiene que estar reiniciado.

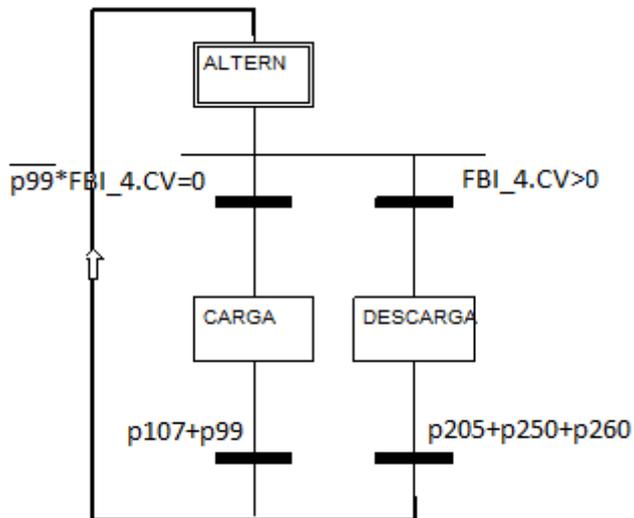
Para controlar el reinicio se realizan las acciones de acercamiento a los sensores hasta que todos están activados y luego se espera a que se acabe un ciclo de carga o descarga para volver a reiniciar.

Auxiliar de reinicio del brazo robótico:



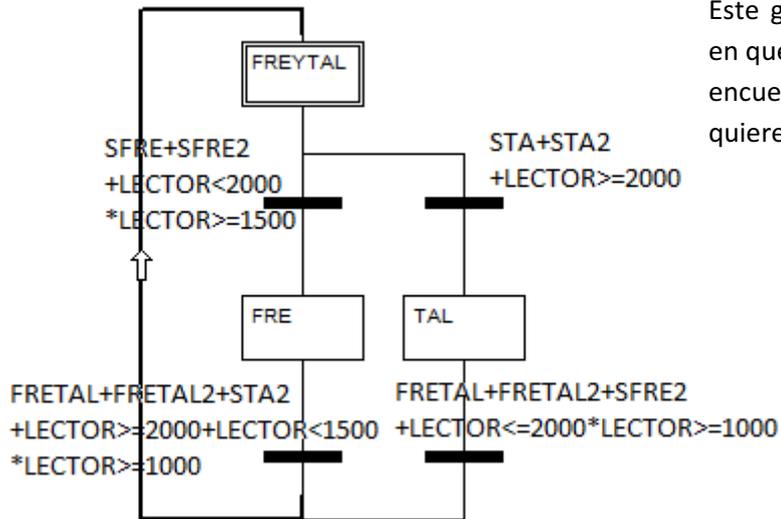
Ayuda al reinicio del brazo robótico para evitar simultaneidades de en las etapas del código de reinicio.

Modo carga/descarga del brazo robótico:



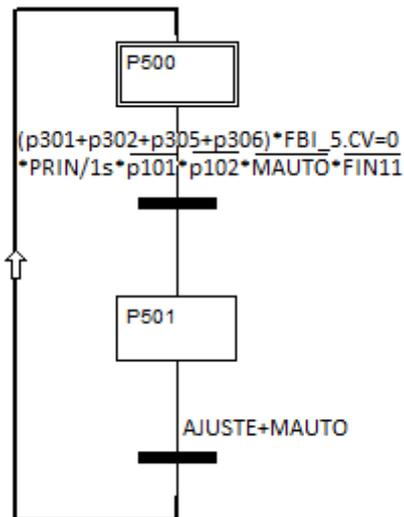
Decide en qué modo se encuentra el brazo robótico, según si hay piezas para retirar, la alternancia que se ha impuesto o si está en modo cambio de funcionamiento.

Cambio de modo de funcionamiento:



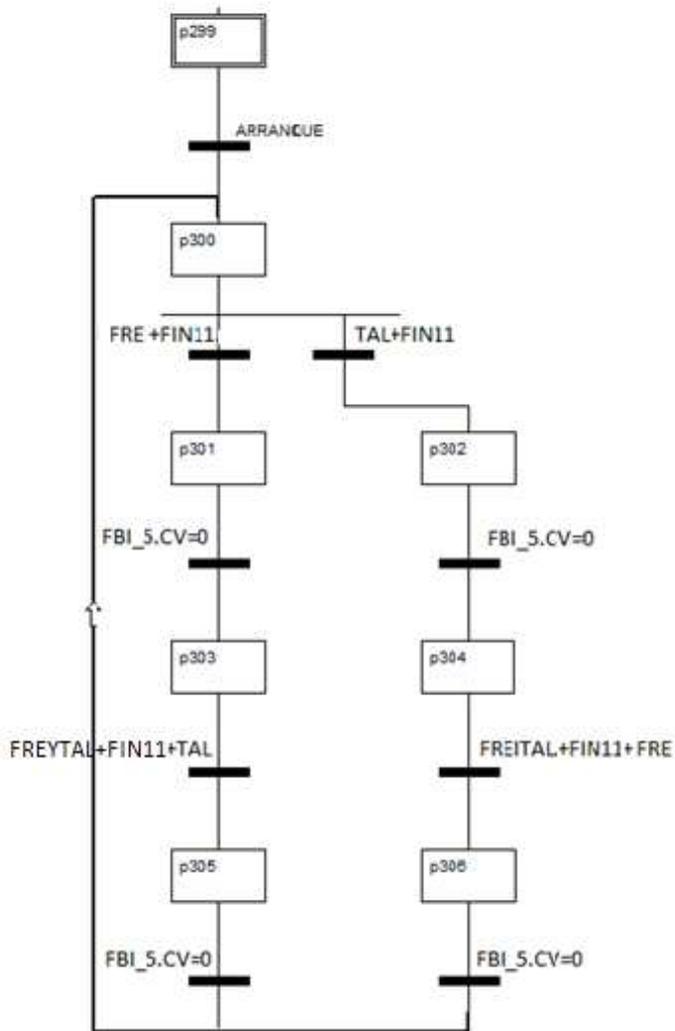
Este graficet se utiliza para marcar en qué modo de funcionamiento se encuentra el sistema o a cual se quiere pasar.

Auxiliar para retirada de piezas por parada o ajuste de maquinas:



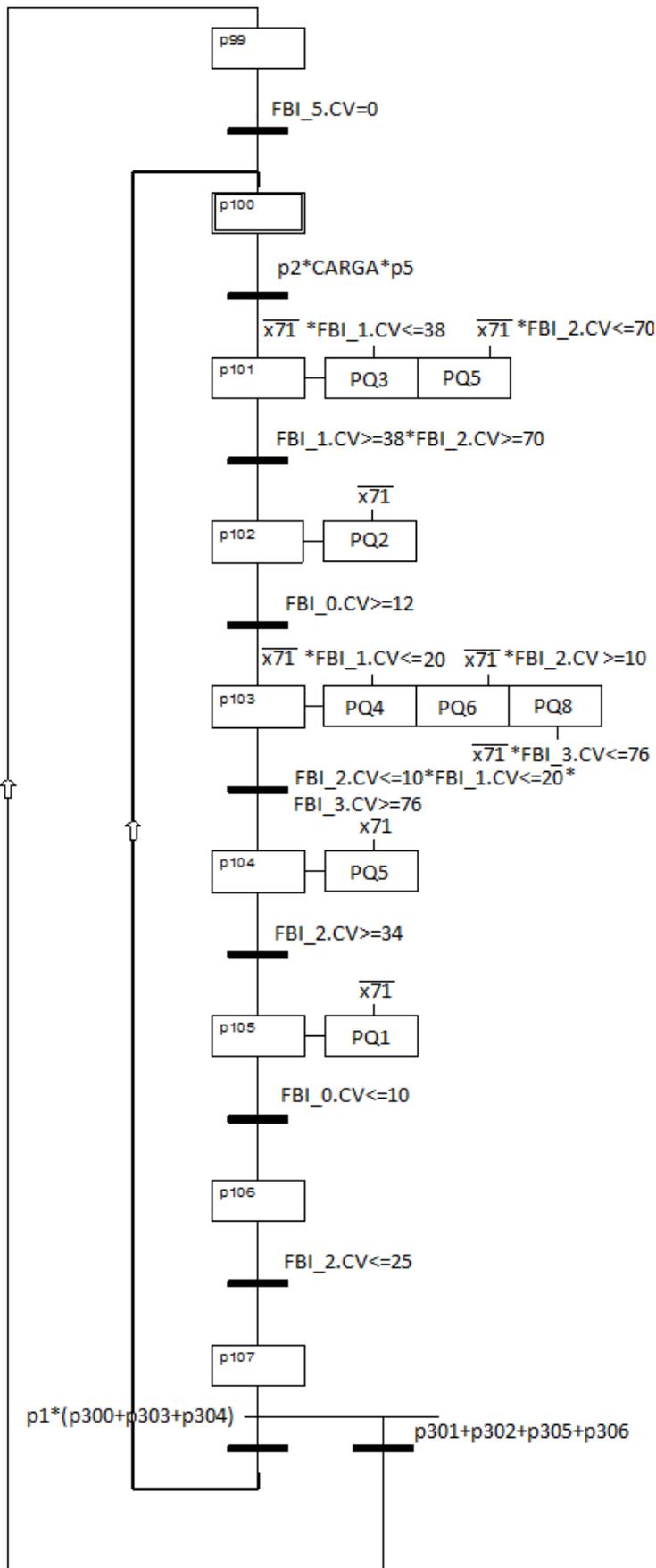
Este graficet se utiliza para que el brazo robótico espere el ajuste de las máquinas (a no ser que se esté en automático) antes de continuar cargando piezas.

Auxiliar de cambio de modo de funcionamiento del brazo robótico:



Sirve para cambiar el modo de funcionamiento pasando por la retirada de piezas de las cintas. Existen los tres modos principales (fresado, taladrado y fresado-taladrado) y otros 4 modos de retirada de piezas respecto al modo anterior, estos modos de retirada también se activan si se activa el modo parada del brazo robótico.

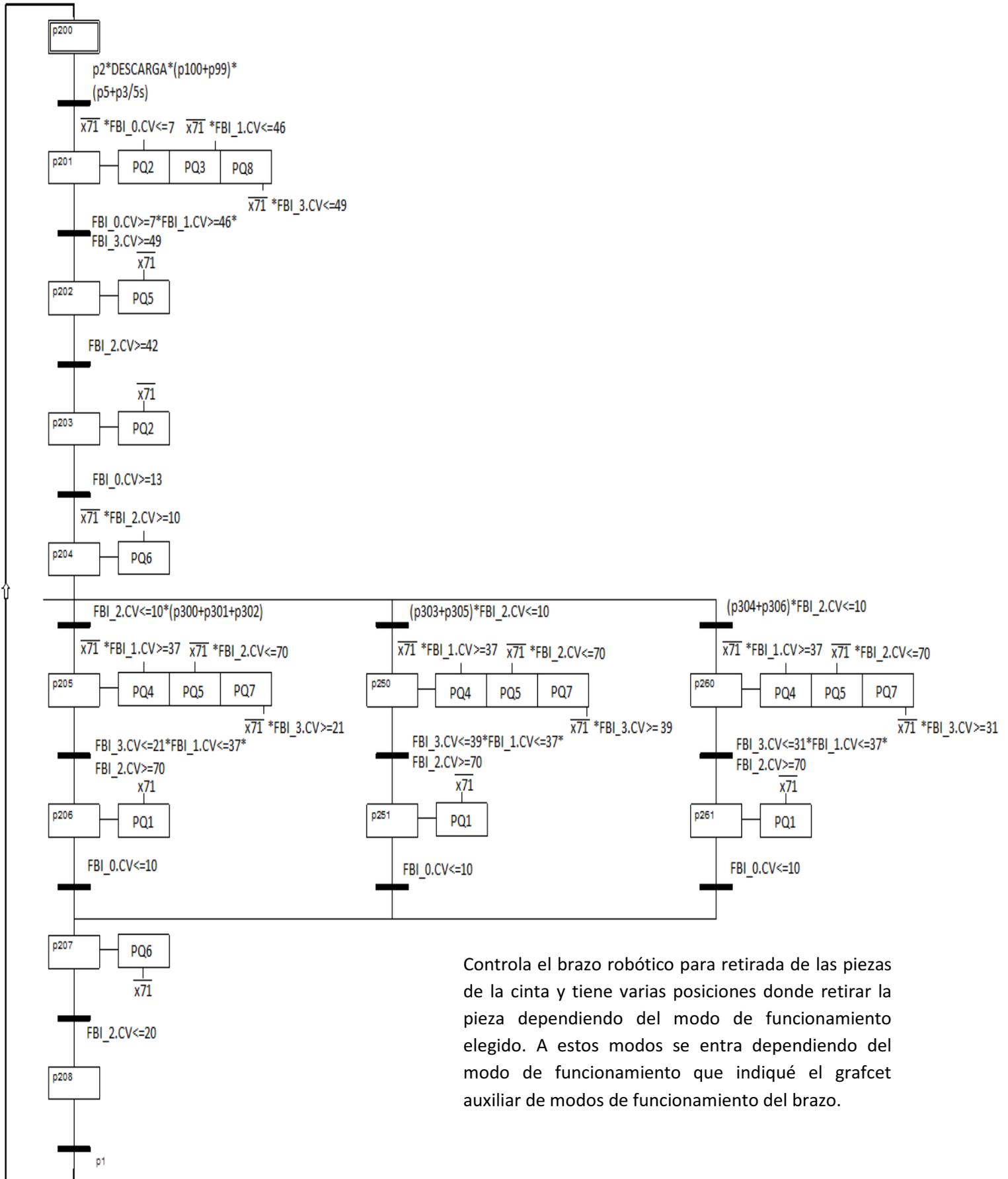
Funcionamiento en carga del brazo robótico:



Controla el brazo robótico cuando este tiene que cargar piezas en la cinta, para ello utiliza los actuadores y encoders del mismo.

Por otra parte, éste tiene un modo (p99) de espera si el brazo está solo retirando piezas debido a que se ha cambiado el modo de funcionamiento.

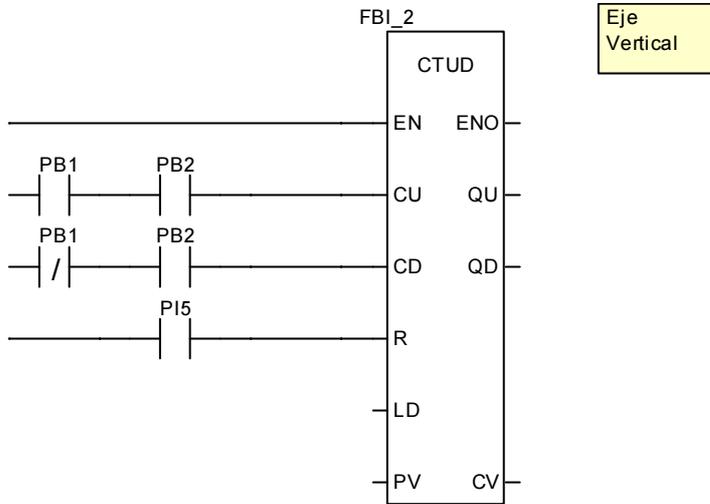
Funcionamiento en descarga del brazo robótico:



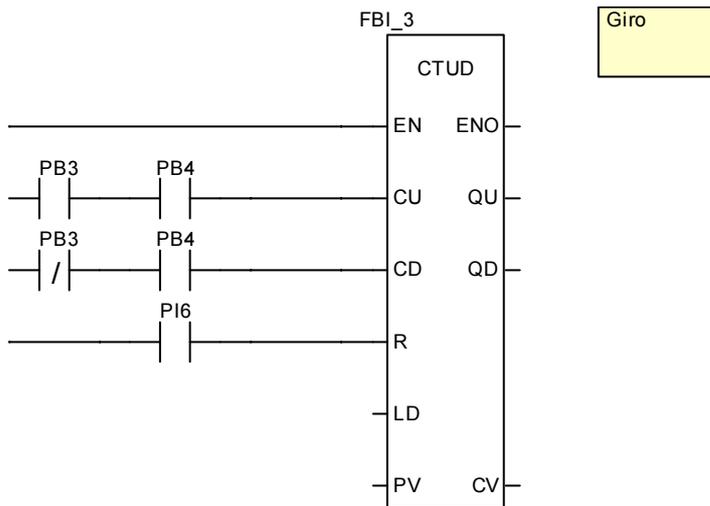
Controla el brazo robótico para retirada de las piezas de la cinta y tiene varias posiciones donde retirar la pieza dependiendo del modo de funcionamiento elegido. A estos modos se entra dependiendo del modo de funcionamiento que indiqué el graficet auxiliar de modos de funcionamiento del brazo.

7.1.2) Contadores:

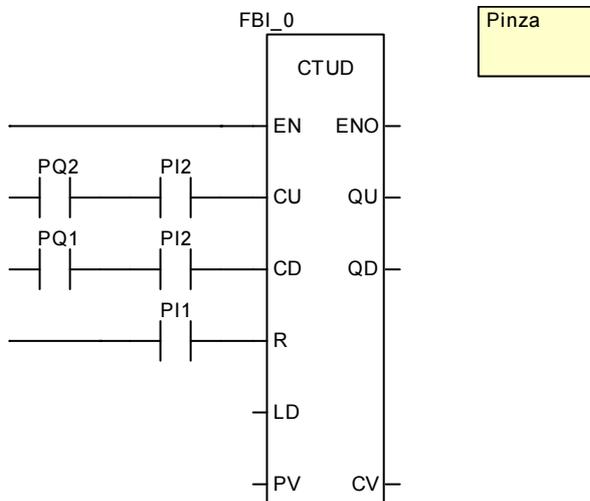
Pulsos eje vertical:



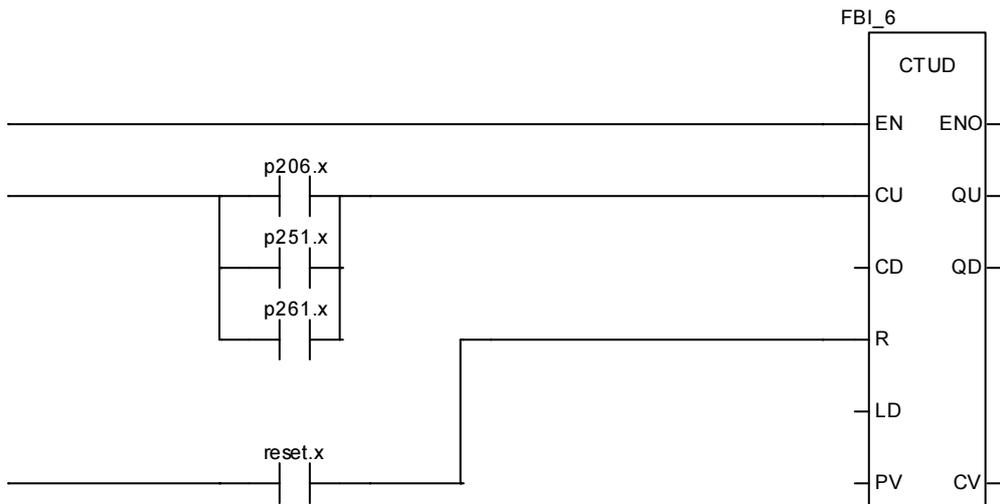
Pulsos giro:



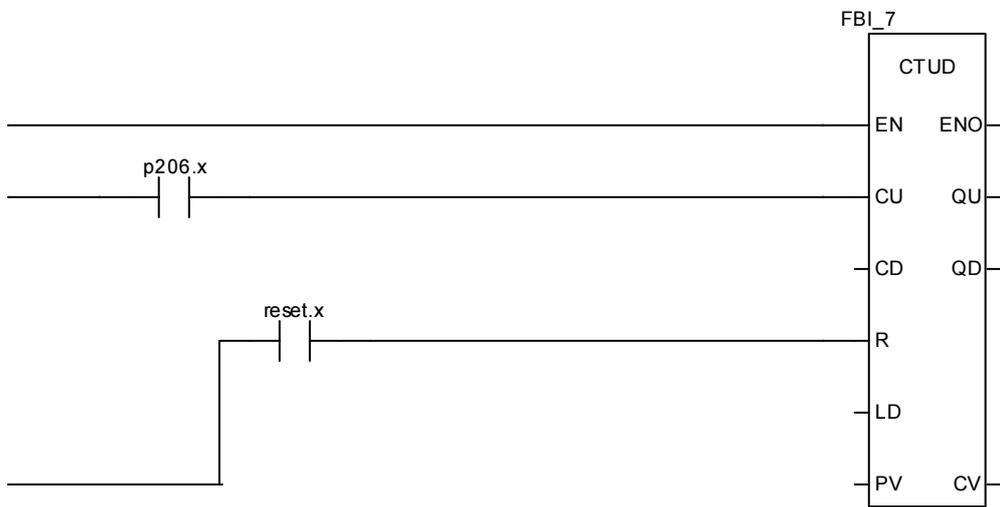
Pulsos pinza:



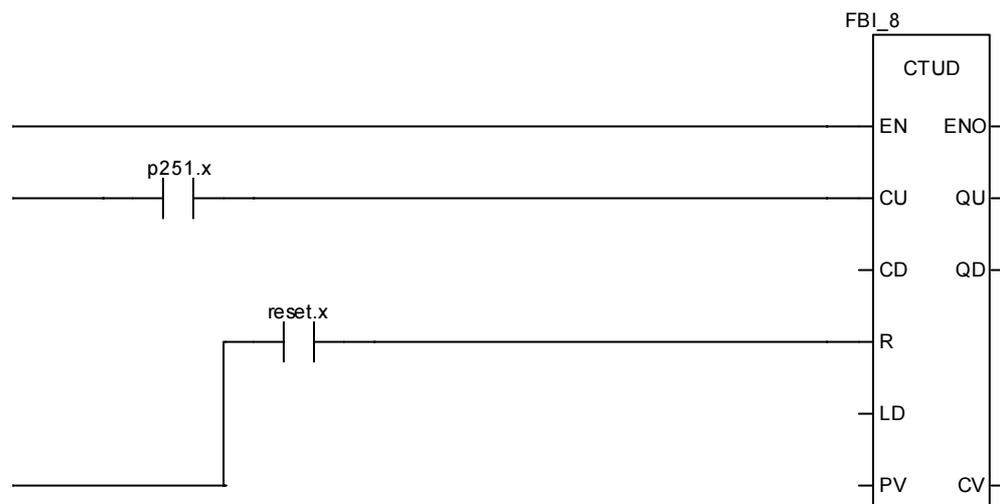
Piezas totales fabricadas:



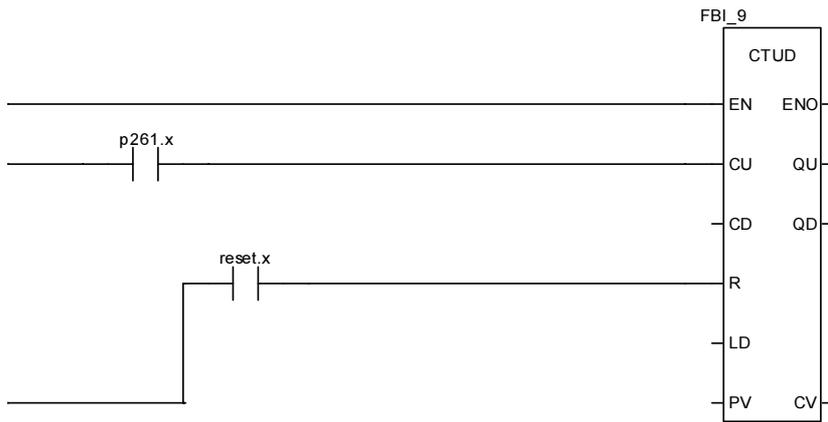
Piezas fabricadas por fresado y taladrado:



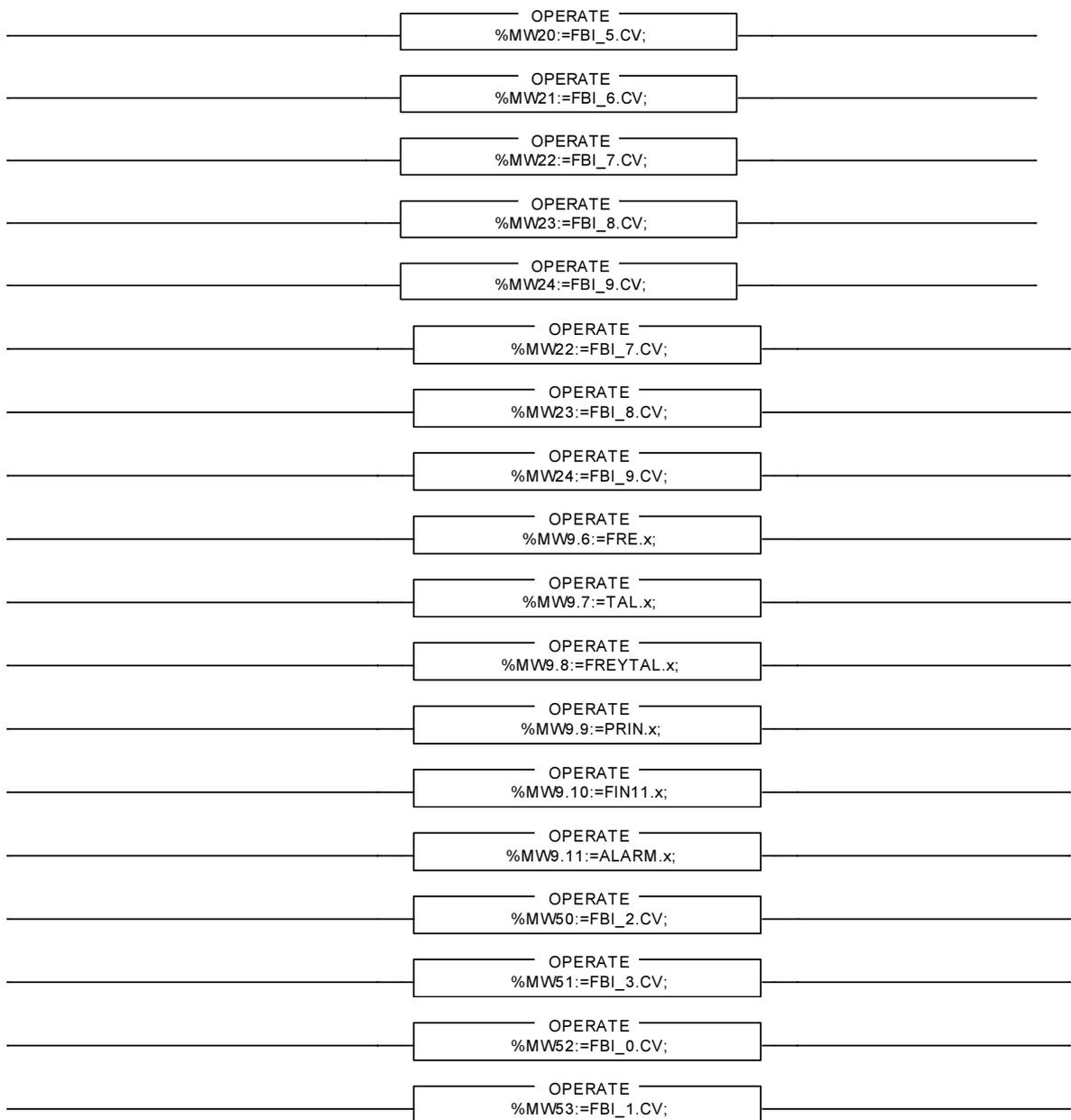
Piezas fabricadas por fresado:



Piezas fabricadas por taladrado:



7.1.3) Operates:



Finalmente las variables utilizadas son las I y Q de las cintas, las PI y PQ del brazo y unas utilizadas para el manejo del sistema:

-AJUSTE (MÁQUINAS AJUSTADAS): interruptor del LabVIEW %MW8.0.

-ARRANQUE (ARRANQUE): interruptor del LabVIEW %MW7.3.

-FIN (PARADA): interruptor del LabVIEW %MW7.4.

-Lector: rueda analógica del PLC %MW2.

-MAUTO: interruptor del LabVIEW %MW8.1.

-SETA: interruptor del PLC %MW0.8.

-SETA2: interruptor del LabVIEW %MW7.0.

-STA: interruptor del PLC %MW0.10.

-STA2: interruptor del LabVIEW %MW7.2.

-SFRE: interruptor del PLC %MW0.11.

-SFRE2: interruptor del LabVIEW %MW7.1.

-TENSIONPEDIDA: rueda analógica del PLC %MW1.

7.2) Calibrado del brazo robótico:

Para poder aplicar el diseño es necesario conocer cómo manejar la posición del brazo.

Para ello se ha de utilizar un programa en Unity Pro que mueva el brazo y exprese de forma numérica la posición del mismo (figura 24).

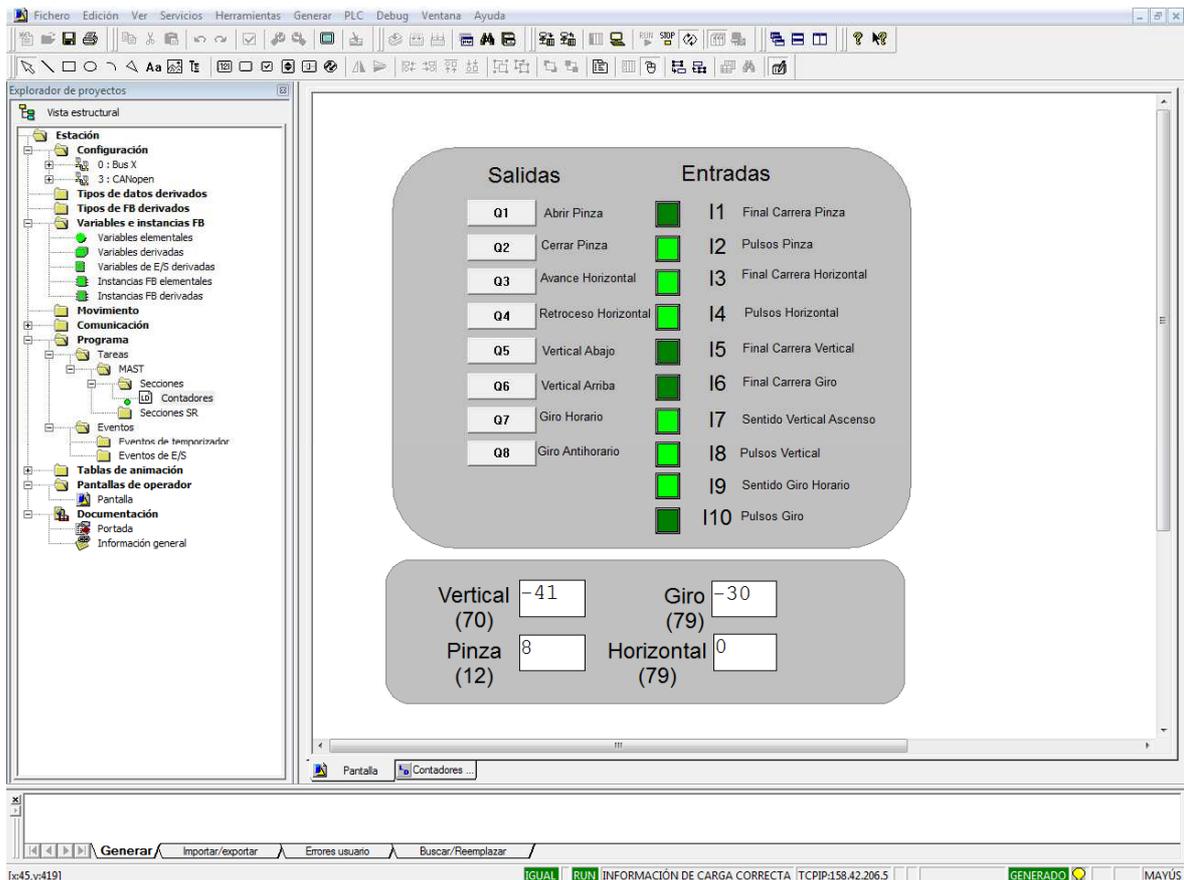


Figura 24. Programa de calibración del brazo robótico

Para el control del movimiento se ha de acceder a los actuadores del autómat. Sin embargo, para la expresión numérica es necesaria la creación de contadores que utilicen los encoders del brazo robótico; éstos contarán y descontarán según los tics del encoder y si está moviéndose en una dirección u otra (ya que el encoder solo cuenta pulsos, hay que diferenciar entre contar y descontar). En la figura 25 se puede observar un ejemplo.

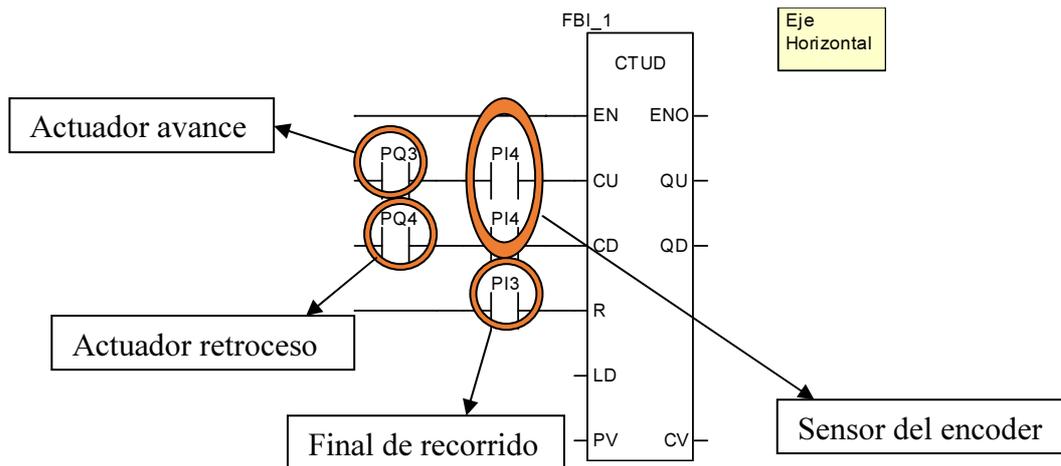


Figura 25. Ejemplo contador de pulsos

Estos datos se añadirán al diseño. De esta manera el brazo se situará donde sea necesario.

7.3) Implementación del diseño:

Se utiliza el programa Unity Pro para escribir el diseño realizado que controlara los autómatas (figura 26). En este caso se ha decidido utilizar un solo programa para contener todos los graficets utilizados, este se vinculara al autómata que esté conectado al brazo robótico ya que de esta manera es menos probable haya errores al recibir la señal de los encoders. Por otra parte se utilizara uno vacío para que el autómata que está conectado a las cintas funcione (la información del autómata de las cintas será enviada al autómata del brazo robótico y almacenada en sus espacios de memoria, como se envía se explicará en el apartado 7.4 de comunicaciones).

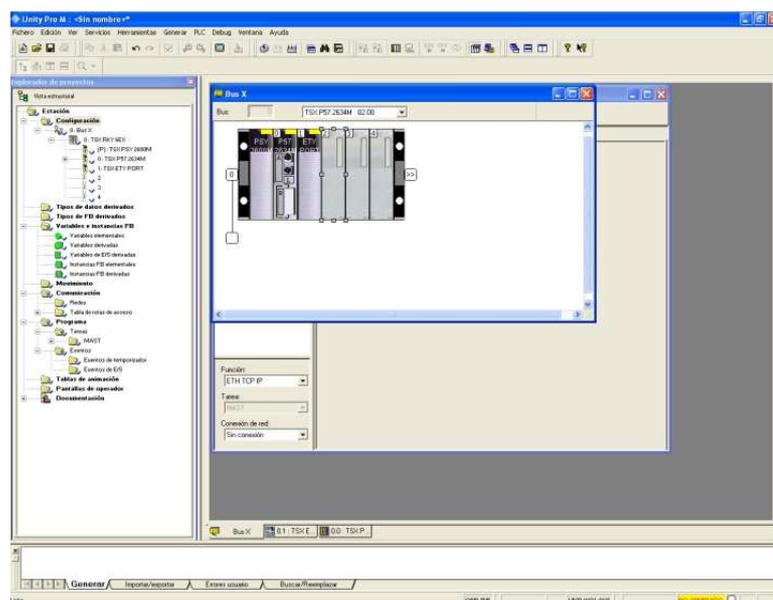


Figura 26. Programa base Unity Pro

Decidido el hecho de que todos los graficets irán en el mismo programa, para simplificar el sistema, se procederá a implementar el diseño.

En primer lugar, para implementar el diseño se ha utilizado el sistema de diagrama de bloques para crear las etapas de todos los graficets.

En segundo lugar, se ha dado nombre a todas las variables elementales que se utilizaran asignándoles espacios de memoria del autómatas (*figura 27*).

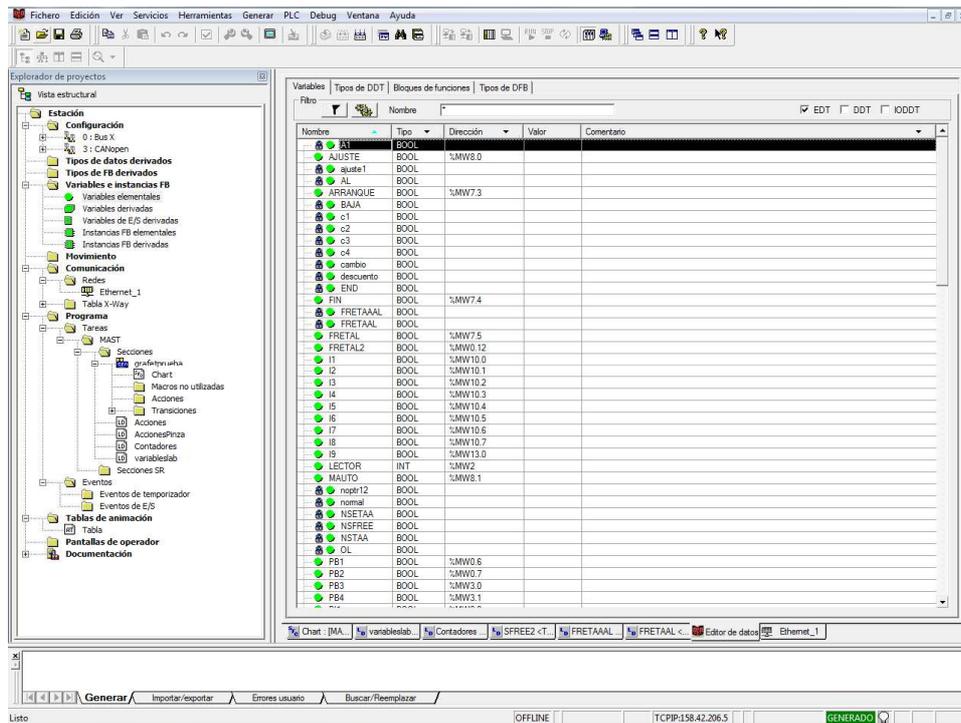


Figura 27. Variables elementales

En tercer lugar, se editan todas las transiciones y acciones con el sistema de diagrama de contactos, de esta manera son más simples y se pueden apreciar en conjunto.

En cuarto lugar, se crean los contadores y operates para que el sistema funcione correctamente respecto a las transiciones que se le han puesto. Los operates se utilizan para poder almacenar en los espacios de memoria información utilizable por el Scada (como se envía esta información se comentara en el apartado 7.4 de comunicaciones).

Finalmente, se compila el proyecto para comprobar que no haya errores. Después se conectan ambos programas (el vacío y el de los graficets) a ambos autómatas y se transfieren, para ello se tiene que añadir la dirección IP en la pestaña PLC de cada uno.

Y por último se ponen en marcha para comprobar que funcionan (este último paso se realiza con el resto de apartados completados, ya que se necesitan el Scada y las comunicaciones).

7.4) Comunicaciones:

7.4.1) Ethernet:

Para el envío de información de espacios de memoria de un autómatas al otro (para el caso de las cintas) se utiliza las comunicaciones internas del Unity Pro (figura 28).

The screenshot shows the Unity Pro software interface. On the left, the 'Explorador de proyectos' (Project Explorer) shows a tree structure with a folder named 'Redes' highlighted. A callout box labeled 'REDES' points to this folder. The main window displays the 'Configuración de E/S' (I/O Configuration) tab, which includes a table of explored peripherals. The table has the following columns: Dirección IP, ID de unidad, Timeout de perturbación (ms), Velocidad de repetición (ms), LEER Objeto maestro, LEER índice de esclavo, LEER longitud, Último valor (entrada), ESCRIBIR Objeto maestro, ESCRIBIR índice de esclavo, and ESCRIBIR longitud. The first row of data is highlighted with a black oval.

Dirección IP	ID de unidad	Timeout de perturbación (ms)	Velocidad de repetición (ms)	LEER Objeto maestro	LEER índice de esclavo	LEER longitud	Último valor (entrada)	ESCRIBIR Objeto maestro	ESCRIBIR índice de esclavo	ESCRIBIR longitud
158.42.206.2	255	1500	60	%MW10	0	4	Mantener último	%MW4	4	3
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Figura 28. Redes del Unity pro

En el apartado Redes se puede transferir por Ethernet los espacios de memoria del autómatas de las cintas al del brazo robótico, utilizando un sistema maestro esclavo. El autómatas del brazo robótico puede leer y escribir (maestro) en las variables del otro (esclavo) utilizando unas variables de memoria del mismo como intermediario (en este caso se puede observar cómo se utilizan 4 espacios de memoria, del %MW10 al %MW13 del autómatas del brazo robótico para leer los espacios del %MW0 al %MW3 del autómatas de las cintas y para escribir se utilizan 3 espacios de memoria indicados en la imagen igual que los de lectura).

7.4.2) Servidor OPC:

Para comunicar el Unity Pro con el Scada se necesitará un servidor OPC creado con el programa KEPServerEX 5 (figura 29), de esta manera se podrá tanto leer como escribir de las variables del PLC y que ello afecte al programa.

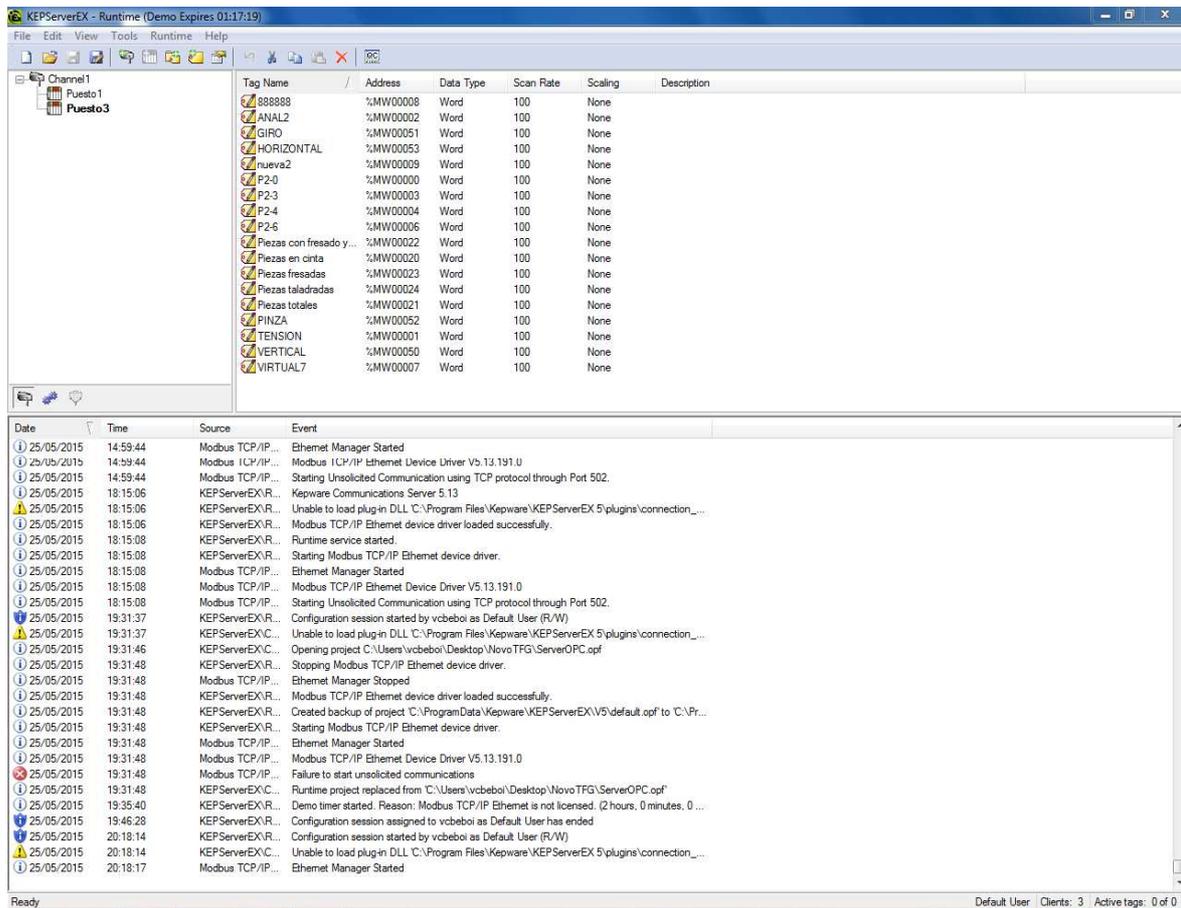


Figura 29. Servidor OPC del trabajo

Con este servidor se crea un canal desde donde se puede acceder a cada autómatas. En este caso se accede a los dos autómatas que se utilizan y dentro de cada uno se crean tantos device como espacios de memoria se quieren compartir por el server al resto de usuarios.

Finalmente este servidor se pone en marcha y se puede comprobar su funcionamiento con el Quickserver.

7.5.1.2) Frontal Panel:

Este es el panel que verá el usuario final, de esta manera se han añadido todas las opciones que han sido diseñadas en los graficets para que el funcionamiento sea el deseado.

Este se compone de un Tab control con dos pestañas. En la primera pestaña están las cintas con los controles, indicadores de la cinta e indicadores de adicionales (figura 31).

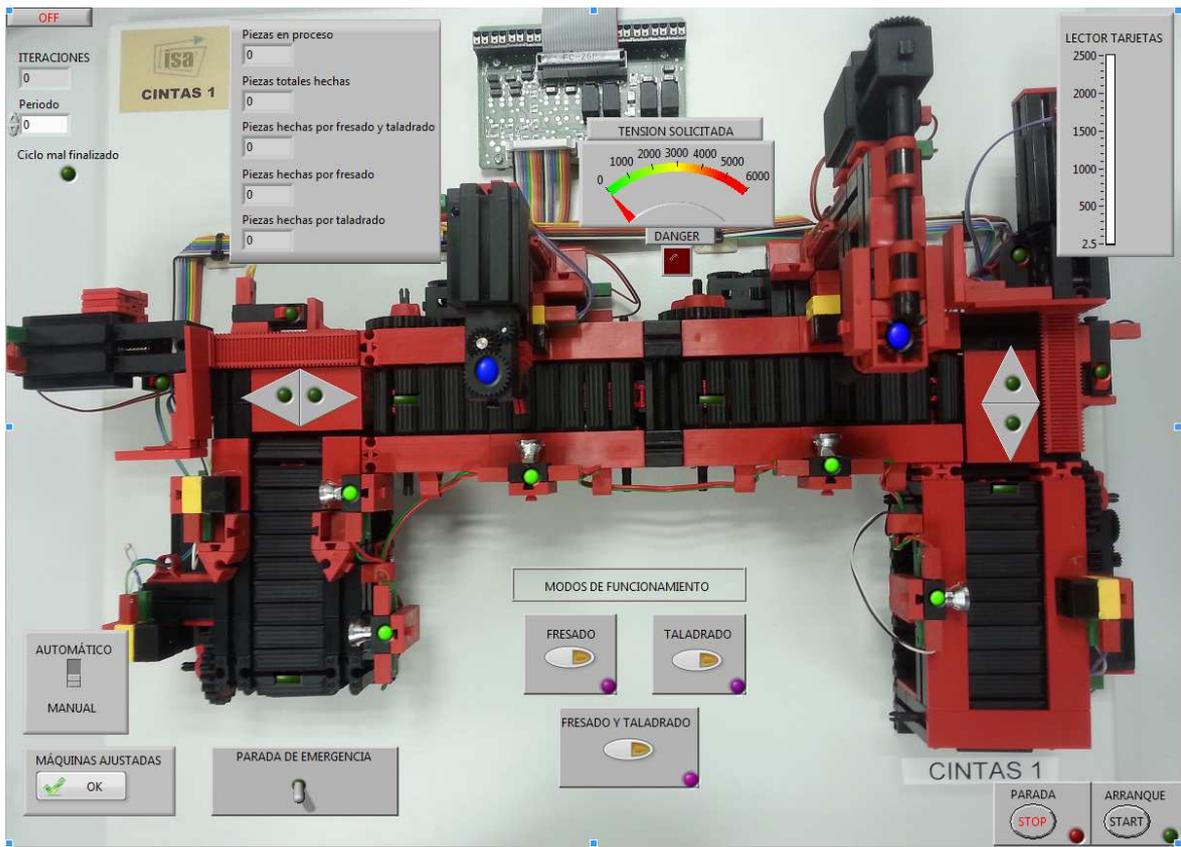


Figura 31. Primera pestaña del Front Panel del trabajo

En la segunda pestaña están los indicadores de movimiento y posición del brazo robótico (*figura 32*).

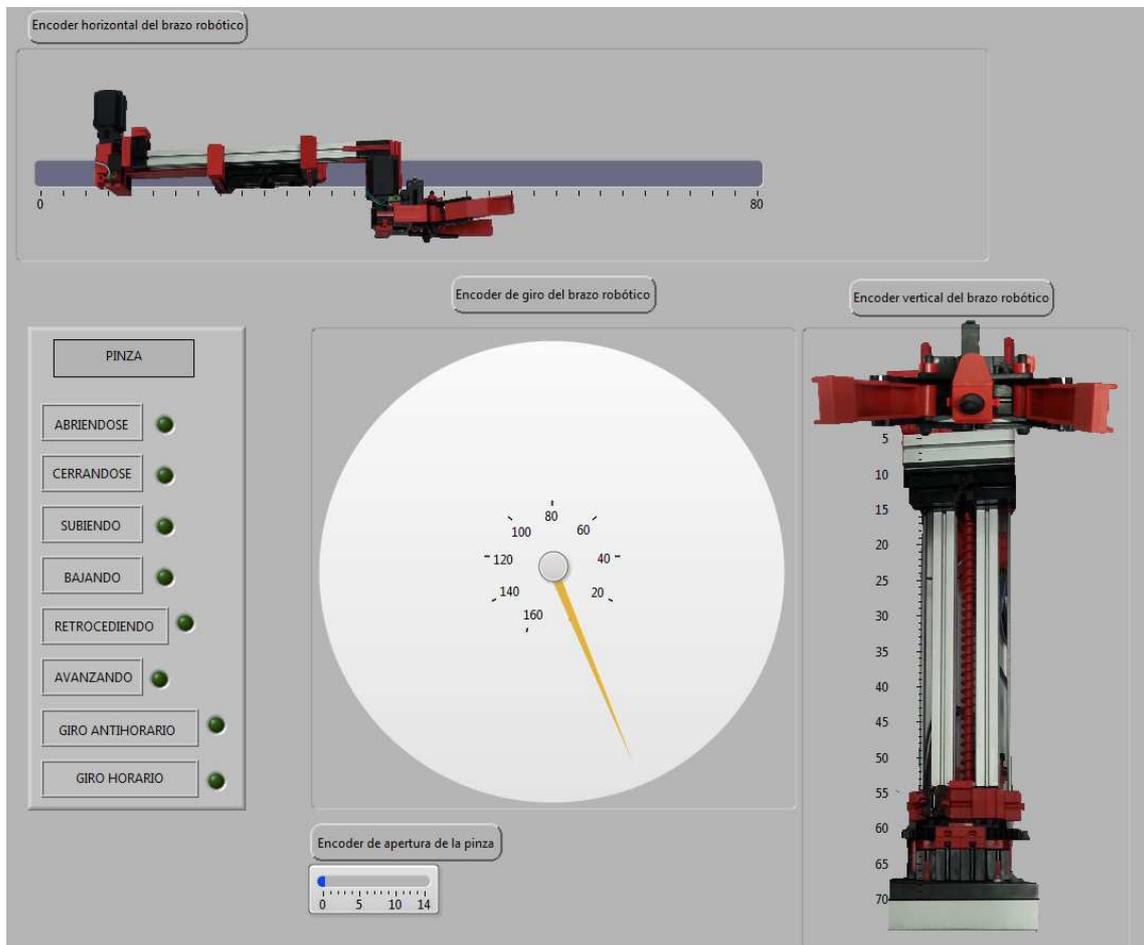


Figura 32. Primera pestaña del Front Panel del trabajo

Estos indicadores gráficos han sido creados con la herramienta de edición de controles de LabVIEW. Esta herramienta y como se ha hecho uso de ella será explicado en la *figura 33*.

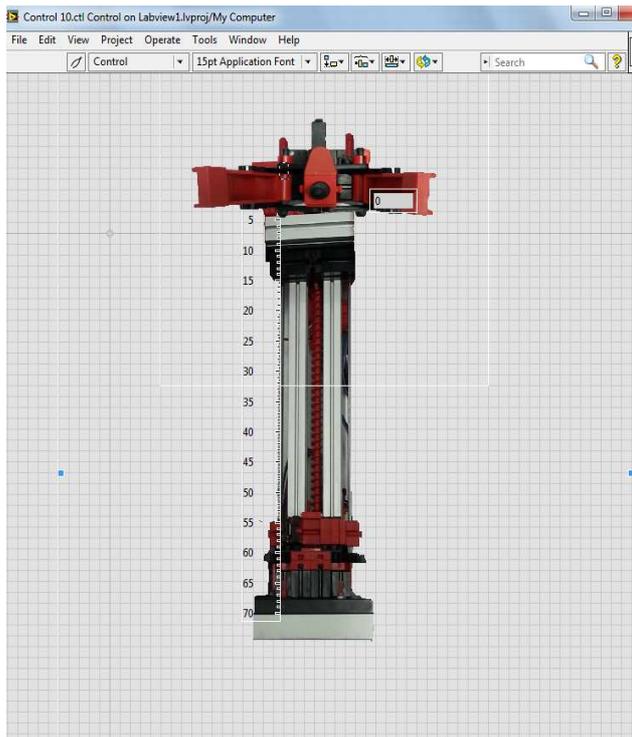


Figura 33. Herramienta de edición de controles de LabVIEW

Estos controles creados aparecen en el proyecto como librería adicional (control 4, 9 y 10). Para crearlos se utiliza un control predeterminado (en este ejemplo un slider) y se sustituyen sus partes por imágenes que sean ítems con los alrededores invisibles. Para acceder a esta herramienta se tiene que usar la opción de propiedades de un control *advanced* → *customize*.

Para conseguir esas imágenes se han utilizado fotos de las máquinas y el programa de edición de imágenes GIMP. Para realizarlo se ha recortado la parte importante y convertido los alrededores en zona especial para poder suprimirla antes de guardar la imagen.

Ahora se describe cada elemento del Frontal Panel:

A) Controladores:

Periodo:

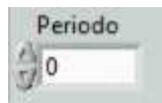


Figura 34. Controlador del periodo del time loop

Con él se puede controlar el periodo en el que se repite el time loop del Scada (figura 34). Es recomendable que sea mayor de 10 ya que si no el programa da errores. Pero no es necesario que sea muy pequeño debido a que el tiempo en el que el servidor comprueba es de 200, así que aunque el periodo del time loop sea muy pequeño el cuello de botella será el servidor.

Pulsadores Arranque/Parada:



Figura 35. Pulsadores controladores del arranque y la parada con sus respectivos leds

El botón de arranque arranca el sistema mientras que el botón de parada lo detiene (*figura 35*).

Interruptor Manual/Automático:

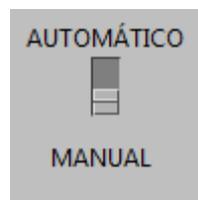


Figura 36. Controlador tipo switch para los modos automático y manual

Se puede elegir uno de los dos modos mediante un switch (*figura 36*). Estos se explicarán en el apartado **7.6**.

Pulsador ajuste de maquina:

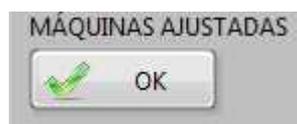


Figura 37. Pulsador controlador de la indicación de ajuste de máquinas

Pulsador para reanudar el sistema tras la retirada de piezas por cambio de funcionamiento (*figura 37*). Solo se utiliza si se está en modo manual.

Pulsadores Taladrado/Fresado/Fresado y Taladrado:



Figura 38. Pulsadores controladores del modo de funcionamiento

Se puede elegir el modo de funcionamiento (explicados en el apartado 7.6) pulsando el deseado (figura 38).

Interruptor de emergencia:

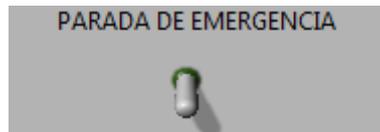


Figura 39. Controlador tipo interruptor para emergencias

Para suspender el sistema se debe de activar el interruptor (figura 39), se cancela volviendo a colocarlo en su posición original.

B) Indicadores:

Lector:

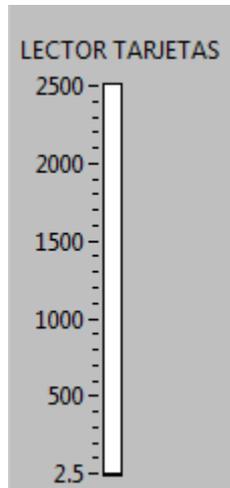


Figura 40. Visualizador de la lectura de tarjeta

En la *figura 40* se indica el número con el que accede el lector de tarjetas:

Si este está entre 0-1000 le da prioridad a las órdenes por pulsadores (taladrado, fresado y fresado-taladrado) e interruptor.

Entre 1000-1500 es la opción de fresado y taladrado.

Entre 1500-2000 es la opción de fresado.

Mayor que 2000 es la opción de taladrado.

Este se debería controlar con un lector de tarjetas que de un valor, pero en el presente caso se simula con una rueda analógica.

Voltímetro:

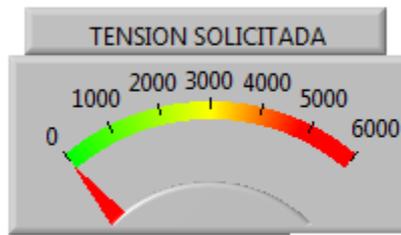


Figura 41. Representación gráfica del voltímetro

En el voltímetro (figura 41) se indica el nivel de tensión de todo el sistema, si este sobrepasara los 5000 se congelaría el sistema hasta que bajara. Este se debería controlar con un voltímetro real, pero en el presente caso se simula con una rueda analógica.

Led de emergencia:



Figura 42. Led de emergencia por sobretensión

Cuando el voltímetro supera los 5000 este se enciende para indicar la emergencia (figura 42).

Leds de situación:

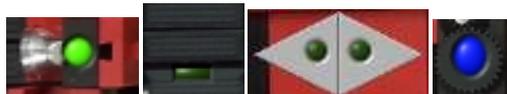
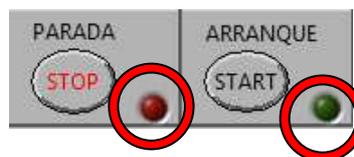


Figura 43. Leds de situación del sistema

Hay varios leds que indican los sensores activos, el movimiento de las cintas, los empujadores, si los procesos están en funcionamiento y si hay un mal final del time loop (figura 43). También hay varios que indican en qué modo de funcionamiento se encuentra el sistema.

Ejemplo:



Contadores:

Los contadores de la *figura 44* indican el número de piezas realizadas de cada tipo y cuantas piezas hay en el circuito.

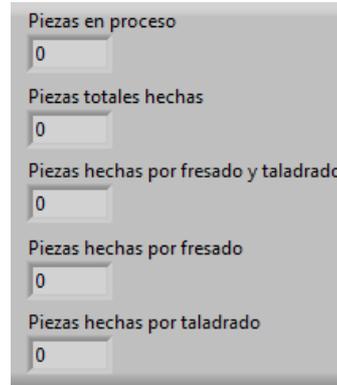


Figura 44. Contadores de piezas en proceso o ya fabricadas

Iteraciones:

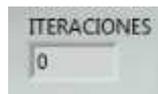


Figura 45. Indicador de las iteraciones realizadas por el time loop partido 100

En él se muestran el número de veces que se ha repetido el time loop partido 100 (para que no sea un número demasiado grande) (*figura 45*).

Actuadores del brazo robótico:

En estos leds se muestra que actividad del brazo robótico se está haciendo en cada momento (*figura 46*).



Figura 46. Indicador de las acciones del brazo robótico

Movimiento horizontal del brazo robótico:



Figura 47. Indicador tipo slide del movimiento horizontal del brazo robótico

El indicador analógico de la *figura 47* indica en qué posición está el brazo robótico horizontalmente, el centro del mismo es el punto de referencia.

Movimiento vertical del brazo robótico:

El indicador analógico de la *figura 48* indica en qué posición está el brazo robótico verticalmente.

La barra por donde se mueve el slide ha sido cambiada por la columna del brazo robótico y el slide que indica en qué posición se encuentra es la pinza.

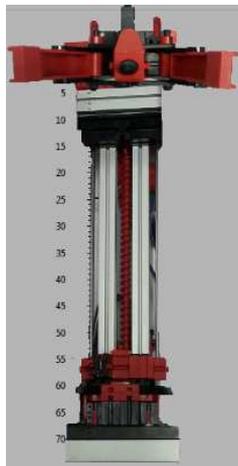


Figura 48. Indicador tipo slide del movimiento vertical del brazo robótico

Grado de giro del brazo robótico:

El indicador analógico de la *figura 49* indica en qué posición está el brazo robótico respecto al centro.



Figura 49. Indicador del grado de giro del brazo robótico

Grado de apertura de la pinza:

El indicador analógico de la *figura 50* indica cuan cerrada esta la pinza, cuanto mayor es el número más cerrada esta.



Figura 50. Indicador del grado de apertura de la pinza

7.5.2) Controladores (4,9 y 10):

Estos se crean mediante la herramienta de edición de controles del LabVIEW, se ha representado un ejemplo en el apartado **7.5.1.2** anterior.

7.5.3) Library 1:

En este apartado se crean las variables del Servidor OPC, se traspasan del mismo a esta librería mediante la opción “create bound variables” y de esta manera pueden ser utilizadas en el Block Diagram para leer y escribir en ellas. También hay que desplegarlas con la opción “deploy all” de manera que se puedan utilizar.

7.6) Desarrollo del funcionamiento obtenido (ejemplo de funcionamiento):

7.6.1) Funcionamiento base:

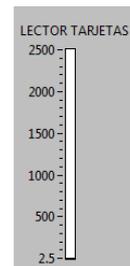
Primero, se ha de iniciar el sistema. Para ello se debe seguir el manual de usuario (documento del trabajo) para conectar los autómatas y encender los programas necesarios para el funcionamiento de todo.

Segundo, se ha de elegir el modo de funcionamiento del sistema (taladrado, fresado o taladrado y fresado) y si funciona en manual o automático. Para la elección del modo manual o automático hay que usar el switch correspondiente.



Mientras que para la elección del modo de funcionamiento se pueden utilizar varias opciones:

- Mediante el lector (que está relacionado con una rueda analógica del PLC), si el valor está por encima de 1000.



- Mediante los pulsadores del Scada (siempre y cuando el valor del lector este por debajo de 1000).



- Mediante los Interruptores del PLC (con el lector por debajo de 1000), uno tiene que estar activado y el resto desactivados.



Tercero, para que el sistema comience ha de haber pasado un tiempo de preparado del sistema (desde el inicio del sistema) y se ha de pulsar el botón de arranque.



Una vez arrancado el sistema, el brazo robótico ha de comenzar a cargar piezas en la primera cinta desde la zona de carga, el brazo solo colocara las piezas en caso de que no haya ninguna en la primera cinta si no se esperara a que esta quede libre.

El brazo robótico volverá a su posición inicial después de cada acción (carga o descarga), para evitar mal funcionamiento del encoder. Si no se hiciera de esta manera el encoder daría errores ya que no puede contar medias vueltas.

Una vez en la cinta la pieza ha de recorrer las cuatro cintas existentes. La pieza solo podrá pasar a la cinta posterior si la misma está libre, de esta manera las 4 cintas funcionan individualmente y puede haber hasta 4 piezas en el circuito que irán sustituyéndose por otras nuevas.

Dependiendo de la opción elegida al principio por el operario, se ha de realizar un taladrado, un fresado o ambas cosas en las cintas 3 y 4.

Finalmente, en la cinta 4 el brazo robótico ha de retirar la pieza y situarla en una de las tres zonas específicas:

-piezas con solo taladrado.

-piezas con solo fresado.

-piezas con taladrado y fresado.

Alternando esta retirada con la carga de piezas nuevas para evitar tiempos muertos (si no hay piezas para retirar solo cargará).

7.6.2) Cambio de modo de funcionamiento:

El cambio de modo de funcionamiento se realizará cuando haya un cambio de lote o cuando se desee apagar el sistema (parada). Estos modos (excepto el de parada) finalizarán de una manera u otra dependiendo de si el sistema está en manual o en automático.

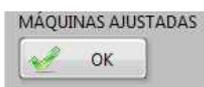
El cambio de funcionamiento se debe de hacer durante la carga de las piezas, de manera que esa pieza cargada sea la última del anterior modo de funcionamiento (si se realizara en descarga el sistema cargaría una pieza más, debido a que el ciclo del brazo acaba con una carga). Esto se lleva a cabo de esta manera para que cuando el brazo robótico cargue una pieza, la siguiente pieza baje por la rampa de cilindros y se observe que tipo de lote es el siguiente, el operario o un lector puedan cambiar el modo.

Cuando se cambia el modo de funcionamiento (sin contar el modo manual o automático) el brazo robótico retirará todas las piezas del anterior modo de funcionamiento a su correspondiente posición. Esto es debido a que los lotes que reciben distintos tratamientos también son de distintos tamaños y la máquina tiene que ser reajustada.

7.6.2.1) Submodos:

A) Manual:

Si está el modo manual activado, tras la retirada de piezas por un cambio de funcionamiento (sin contar la parada del sistema), el operario tendrá que reajustar las máquinas al nuevo tamaño y pulsar el botón de máquinas ajustadas para poder comenzar con la carga del nuevo lote.



B) Automático:

Si esta el modo manual activado, tras la retirada de piezas por un cambio de funcionamiento (sin contar la parada del sistema), el sistema supondrá que las maquinas han sido reajustadas automáticamente y comenzará con la carga del nuevo lote inmediatamente.

7.6.2.2) Modos:

A) Taladrado:



Si se activa el modo de taladrado, se procederá a la retirada de las piezas del anterior modo de funcionamiento (que reciben el tratamiento del anterior modo) y posteriormente tras el ajuste de las maquinas se comenzara con la carga de piezas para recibir únicamente el proceso de taladrado en las cintas. Si no hubiera piezas dentro del circuito el cambio sería inmediato (sin retirada de piezas ni ajuste de las maquinas, ya que ya deberían haber sido ajustadas mientras está vacío el circuito).

Para activar este modo se pueden utilizar tres opciones:

Si el lector está por debajo de 1000 (se simula con la rueda analógica):

-Pulsar el botón correspondiente.



-Utilizar el interruptor del PLC correspondiente, estando el resto desactivado y que no se usen los pulsadores.



Si el lector está por debajo de 1000 (se simula con la rueda analógica):

-La posición por encima del 2000 es el taladrado.

B) Fresado:



Si se activa el modo de fresado, se procederá a la retirada de las piezas del anterior modo de funcionamiento (que reciben el tratamiento del anterior modo) y posteriormente tras el ajuste de las maquinas se comenzara con la carga de piezas para recibir únicamente el proceso de fresado en las cintas. Si no hubiera piezas dentro del circuito el cambio sería inmediato (sin retirada de piezas ni ajuste de las maquinas, ya que ya deberían haber sido ajustadas mientras está vacío el circuito).

Para activar este modo se pueden utilizar tres opciones:

Si el lector está por debajo de 1000 (se simula con la rueda analógica):

-Pulsar el botón correspondiente.



-Utilizar el interruptor del PLC correspondiente, estando el resto desactivado y que no se usen los pulsadores.



Si el lector está por debajo de 1000 (se simula con la rueda analógica):

-La posición por entre 1500-2000 es el fresado.

C) Fresado y taladrado:

Si se activa el modo de fresado y taladrado, se procederá a la retirada de las piezas del anterior modo de funcionamiento (que reciben el tratamiento del anterior modo) y posteriormente tras el ajuste de las maquinas se comenzara con la carga de piezas para recibir los procesos de fresado y taladrado en las cintas. Si no hubiera piezas dentro del circuito el cambio sería inmediato (sin retirada de piezas ni ajuste de las maquinas, ya que ya deberían haber sido ajustadas mientras está vacío el circuito).

Este modo es el que esta puesto por defecto al iniciar el sistema, pero se puede cambiar antes del arranque.

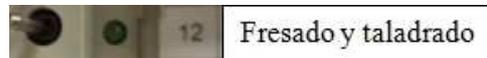
Para activar este modo se pueden utilizar tres opciones:

Si el lector está por debajo de 1000 (se simula con la rueda analógica):

-Pulsar el botón correspondiente.



-Usar el interruptor de fresado y taladrado con el resto desactivado y que no se usen los pulsadores.



Si el lector está por debajo de 1000 (se simula con la rueda analógica):

-La posición por entre 1000-1500 es el fresado y taladrado.

D) Parada:



Si se activa el modo de parada, el sistema comenzara a retirar todas las piezas del circuito. Una vez haya acabado, este esperará a que se vuelva a arrancar el sistema de nuevo para continuar, pulsando el botón de arranque.

7.6.2.3) Modos de emergencia:

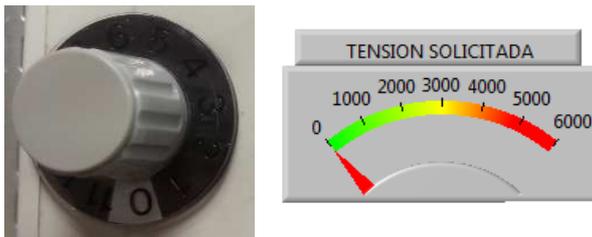
A) Interruptor de emergencia:



Si se activa el Interruptor de emergencia, se detiene todo el proceso inmediatamente y se queda congelado. Una vez desactivado, el proceso continúa desde el momento en el que se realizó la parada.

En caso de que el interruptor de emergencia detenga un proceso de taladrado o fresado, al reanudar la operación, dicho proceso volverá a empezar para evitar el desperdicio de la pieza. Al ser un proceso de arranque de material, no afecta el repetir zonas ya tratadas.

B) Sobretensión:



Si el sistema tiene un fallo y demanda más de 5000 V, el sistema se congelará, al igual que con el interruptor de emergencia, y esperará a que la sobretensión disminuya para reanudar desde el momento en el que sucedió el problema. También se encenderá el led de peligro.

La tensión se simulara con una rueda analógica del PLC, pudiendo sustituirse por un voltímetro real.

7.6.3) Indicadores:

En todo momento el operario podrá observar en qué modo de funcionamiento se encuentra debido a los leds situados en los pulsadores.

También será capaz de observar tanto lo que sucede en las cintas como en el brazo robótico con los indicadores explicados en el apartado **7.5**.

El operario también podrá conocer tanto las piezas en proceso como las piezas realizadas de cada tipo de funcionamiento.

Por último el operario también podrá conocer los niveles de tensión del sistema, la lectura de la tarjeta y si se ha producido una sobretensión.

7.6.4) Funcionamiento de los elementos por separado:

7.6.4.1) Brazo robótico:

A) Carga de piezas:

El brazo robótico irá colocando piezas en la cinta inicial siempre que no haya ninguna en el final del recorrido y ninguna ocupando la primera cinta. También cargará una pieza después de haber retirado otra (aunque haya una pieza al final del circuito) siempre y cuando no se haya realizado un cambio de funcionamiento, en cuyo caso solo retira piezas.

B) Retirada de piezas:

El sistema está diseñado para que, en un modo de funcionamiento determinado, una vez retirada una pieza (debido a que una pieza ha llegado al final del circuito) y colocada en el lugar correspondiente a ese modo de funcionamiento, se coloque una pieza en la cinta inicial antes de llevar a cabo la siguiente retirada (para evitar tiempos muertos en el sistema).

En el caso en el que se produzca un cambio de funcionamiento, la pinza colocará la última pieza que estaba cargando o, si se encontraba descargando, cargará una última pieza del anterior modo de funcionamiento y tras ello se dedicará a retirar todas las piezas que haya en ese momento en las cintas y dejarlas en el lugar de destino del modo de funcionamiento anterior (estas piezas habrán recibido el tratamiento del funcionamiento anterior). Una vez retiradas todas las piezas, empezará a colocar normalmente.

7.6.4.2) Cintas:

Cada cinta tiene dos estados: en uso y libre. Una cinta comprobará el estado de la siguiente y, en el caso de que ésta esté libre, comenzará su movimiento.

A) Cinta 1:

La primera cinta tiene dos sensores: inicio y final de carrera. Esta cinta podrá funcionar aunque la siguiente esté en uso, siempre y cuando ninguna pieza pase del final de carrera. En dicha posición esperará la pieza hasta que se libere la segunda cinta.

Esta primera cinta comenzará su movimiento una vez detectada una pieza en su inicio de carrera.

B) Cinta 2:

En esta cinta se realiza un fresado. La cinta se activa para que entre una pieza y se detiene en el sensor de fresado. Aquí la pieza sufrirá un fresado si el modo de funcionamiento así lo requiere y esperará la comprobación de la siguiente cinta.

C) Cinta 3:

En esta cinta se realiza un taladrado. La cinta se activa a la vez que la cinta 2 está sacando una pieza para ayudarla a entrar y se detiene en el sensor de taladrado. Aquí la pieza recibirá un taladrado si el modo de funcionamiento así lo requiere y esperará la comprobación de la siguiente cinta.

D) Cinta 4:

La cinta se activa para que entre una pieza y se detiene en un sensor al final de carrera. Aquí la pieza esperará su retirada por el brazo robótico. Una vez la pieza haya sido retirada ya estará disponible para aceptar otra y conducirla al final de carrera.

E) Empujadores:

Hay dos empujadores para pasar piezas de la cinta 1 a la 2 y de la 3 a la 4 respectivamente. Éstos actúan un tiempo después de que la pieza haya activado el sensor correspondiente para darle tiempo a situarse. Una vez hayan empujado la pieza, vuelven a su posición original. Estos al principio del programa, si se hubieran quedado adelantados al final de otro programa, se resetearían a la posición trasera.

7.6.5) Notas adicionales:

*CARGA: es cuando hay una pieza en el circuito (el brazo robótico empieza a subir con una pieza).

*Cambiar el modo de funcionamiento en retirada de piezas solo cambiará el modo de funcionamiento al que se va a llegar (se quedará con el último elegido antes de cargar la primera pieza).

*Se pueden hacer lotes de cualquier número de piezas, solo depende de donde se cambien el modo de funcionamiento, técnicamente debería cambiarse cuando la pinza empieza a cargar una pieza (ya que llega la siguiente pieza con el código de cambio de funcionamiento).

*Si hubiera una pieza en la cinta 1 cuando llega el brazo ésta esperará justo encima de la zona de colocación de la cinta 1.

8) CONCLUSIONES:

Con el diseño y la implementación de los graficets se ha desarrollado un sistema capaz de controlar las máquinas tal y como se requería. Además con el manejo de las comunicaciones y el Scada se ha creado una interfaz de control y monitorización clara y concisa.

De esta manera se han conseguido cumplir todos los objetivos y especificaciones marcados para el trabajo.

Por otra parte el proceso de creación de este sistema ha supuesto un incremento de los conocimientos aprendidos en asignaturas anteriores de automatización y control.

El diseño del mismo ha supuesto un desafío en la creación de graficets y gracias a ello se han aprendido muchas cosas sobre la combinación de los mismos, como la individualización de cada uno, las transiciones combinadas con comparadores y temporizadores y otras cosas relativas a pequeños detalles del diseño vistos día a día.

La implementación de los mismos y la creación de las comunicaciones han supuesto un estudio en profundidad de los programas aprendidos para el manejo de autómatas y se ha sobrepasado el conocimiento aprendido anteriormente sobre ellos.

Finalmente la creación de un Scada juntando todos los apartados anteriores (comunicaciones, implementación y diseño) ha ayudado a la mejor comprensión de la creación de interfaces para usuarios y la automatización de sistemas industriales.

9) BIBLIOGRAFÍA:

- Emilio García Moreno (1999). *GRAF CET y GEMMA. Herramientas de modelado para sistemas de eventos discretos*. Valencia: SPUPV.
- Paul Brard, J.C. Bossy, P. Faugère, C. Merlaud. *Grafcet. Práctica y aplicaciones*. UPC.
- Ramón Piedrafita Moreno (1997). *Ingeniería de la automatización industrial*. Ra-ma.
- María Carmen González Cruz, Miguel Ángel Sánchez Romero, Eliseo Gómez-Senent Martínez (2014). *PROYECTOS Introducción al proyecto y documentos del proyecto*. Valencia: SPUPV.
- Manual del programa LabVIEW:
<http://www.ni.com/pdf/manuals/320999e.pdf>
- Como conectar LabVIEW a cualquier PLC:
<http://www.ni.com/white-paper/7906/es/>
- Manual del programa KEPServerEX 5 :
<http://www.kepware.com/support/manuals/kepserverex-manual.pdf>
- Manual de conexiones Modbus por Ethernet mediante el programa KEPServerEX 5:
<http://www.kepware.com/support/manuals/modbus-tcp-ip-ethernet-manual.pdf>
- J.M. Herrero (2013-2014). Apuntes de la asignatura Laboratorio de automatización y control. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad Politécnica de Valencia. *Identificación y control con LabVIEW*.
- Raúl Simarro Fernández (2014-2015). Apuntes de la asignatura Laboratorio de automatización y control. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad Politécnica de Valencia. *Seminario de automatización de procesos Y Procesos Fischer Technik (Entradas-Salidas)*.

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA PROTOTIPO DE FRESADO, TALADRADO Y CLASIFICADO

Documento nº 2: Manual de usuario

Víctor Beleña Boix

Curso Académico: 2014-15

Índice de contenido:

1) INTRODUCCIÓN	1
2) REQUERIMIENTOS	1
2.1) Hardware.....	1
2.2) Software.....	1
3) PUESTA EN MARCHA	2
3.1) Conexiones.....	2
3.2) Ejecución de las aplicaciones	2
4) UTILIZACIÓN DEL SISTEMA.....	2

1) INTRODUCCIÓN:

Este manual tiene como objetivo formar al usuario para que sea capaz de utilizar el sistema automático diseñado sin necesidad de conocimientos avanzados de programación o utilización de programas como LabVIEW.

2) REQUERIMIENTOS:

2.1) Hardware:

Los elementos de Hardware requeridos son:

- Un ordenador capaz de soportar los softwares requeridos posteriormente en el apartado 2.2.
- Unas maquinas (cintas y brazo robótico) con entradas y salidas iguales a las de las maquetas de Fischer Technik.
- Dos autómatas TSX Premium modicon, con módulos de entradas digitales y analógicas iguales a los utilizados para el desarrollo del proyecto.

2.2) Software:

Los elementos de software requeridos son:

- Unity Pro.
- LabVIEW versión 13 o superior.
- KEPServerEX 5.
- Windows 7.

3) PUESTA EN MARCHA:

Para poder usar el sistema se deberán seguir los siguientes pasos:

3.1) Conexiones:

Es necesario conectar ambas máquinas a los dos autómatas mediante el cable de bus correspondiente. El autómata al que se le vaya a cargar el programa con los graficets será el conectado al brazo robótico, mientras que el que solo carga un programa vacío será el conectado a las cintas.

Posteriormente hay que encender los autómatas.

3.2) Ejecución de las aplicaciones:

En primer lugar se abre el programa KEPServerEX 5 y desde el mismo se abre el archivo "ServerOPC.opf" y se deja el servidor en marcha.

En segundo lugar se abre el proyecto de LabVIEW "Labview1.lvproj", desde el mismo se abre la pestaña Boolean y se deja abierta.

En tercer lugar se abren con el Unity Pro los programas "we.stu" y "novo.stu". Una vez abiertos se conectan a los autómatas con el botón conectar, se transfieren mediante la opción transferir y finalmente se ponen en run (marcha).

4) UTILIZACIÓN DEL SISTEMA:

Una vez realizadas todas las conexiones y ejecutadas todas las aplicaciones se puede proceder al manejo del mismo.

Se escribirá un periodo razonable, 10, en la interfaz de usuario (Boolean) y se pulsará el botón de run (una flecha).

Posteriormente, para el manejo del sistema con la interfaz, el apartado "**7.6) Desarrollo del funcionamiento obtenido (ejemplo de funcionamiento)**" del documento de la memoria constituye un ejemplo de funcionamiento.

En este se explica cómo arrancar el sistema desde la pantalla del Scada (Boolean) y como controlar todos los cambios de funcionamiento y monitorizar todos los elementos.

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA PROTOTIPO DE FRESADO, TALADRADO Y CLASIFICADO

Documento nº 3: Presupuesto

Víctor Beleña Boix

Curso Académico: 2014-15

Índice de contenido:

1) INTRODUCCIÓN	1
2) PRESUSPUESTO	1
2.1) Precio de los materiales	1
2.1.1) Equipo hardware	1
2.1.2) Equipo software	2
2.2) Precio de los jornales.....	2
2.2.1) Personal directamente empleado.....	2
2.2.2) Personal indirectamente empleado	3
2.3) Precios descompuestos y precios unitarios.....	4
2.3.1) Precios descompuestos.....	4
2.3.2) Precios unitarios.....	6
3) PRESUSPUESTO EJECUCIÓN DE MATERIAL	7

Índice de tablas:

Tabla 1. Costes del hardware y su precio amortizado	1
Tabla 2. Costes del software y su precio amortizado	2
Tabla 3. Coste por hora desarrollado de un Ingeniero Industrial	3
Tabla 4. Coste por hora desarrollado de un director de proyecto.....	3
Tabla 5. Coste por hora desarrollado de un técnico de laboratorio	4
Tabla 6. Precio descompuesto del diseño de los graficets.....	4
Tabla 7. Precio descompuesto de la implementación del diseño	5
Tabla 8. Precio descompuesto de la calibración del brazo robótico.....	5
Tabla 9. Precio descompuesto del desarrollo de las comunicaciones	5
Tabla 10. Precio descompuesto de la creación de la interfaz Scada	6
Tabla 11. Precio descompuesto del mantenimiento	6
Tabla 12. Precio unitarios.....	6
Tabla 13. Coste final.....	7

1) INTRODUCCIÓN:

En este documento se detalla el presupuesto para la realización del proyecto. En él se valorarán varios puntos para que el coste del proyecto quede totalmente definido.

Estos puntos son:

- Equipo hardware (autómatas).
- Equipo software.
- Personal.

Por otra parte estos precios se valorarán teniendo en cuenta las amortizaciones, los precios unitarios y las unidades tal y como se ha aprendido a desarrollar en la asignatura de “Proyectos”.

Ya que es un trabajo de fin de grado no se tendrá en cuenta el IVA para el precio final.

2) PRESUSPUESTO:

En este apartado calculamos los costes de cada parte del proyecto obteniendo los precios descompuestos.

2.1) Precio de los materiales:

2.1.1) Equipo hardware:

Para el desarrollo del proyecto se ha utilizado un ordenador, dos autómatas TSX Premium y dos maquetas, una de un brazo robótico y otra de cintas (el equipo real lo aportaría la empresa, de esta manera no entra dentro del presupuesto).

En la *tabla 1* se muestra el coste amortizado de cada equipo:

Equipo Hardware	Precio total (€)	Precio a amortizar (€/h)
Ordenador	538,95	0,102
Autómata TSX Premium 1	2000	0,379
Autómata TSX Premium 2	2000	0,379
Maqueta cintas	750	0,142
Maqueta brazo robótico	654	0,124

Tabla 1. Costes del hardware y su precio amortizado

Se ha tenido en cuenta que los equipos duran 3 años por lo que para obtener el precio por hora (amortización) se ha de dividir el coste por el número de horas laborables en esos 3 años (5280).

2.1.2) Equipo software:

En este apartado se obtiene el coste de todos los programas utilizados amortizados (las licencias).

En la *tabla 2* se muestra el coste amortizado de cada licencia:

Equipo Software	Precio total (€)	Precio a amortizar (€/h)
LabVIEW	3310	0,627
Unity Pro	820	0,155
KEPServerEX5	1000	0,189
Windows 7	104	0,030
Microsoft Office	90	0,026

Tabla 2. Costes del software y su precio amortizado

La licencia de LabVIEW, KEPServerEX 5 y Unity Pro se renuevan cada 3 años por lo tanto para obtener el coste de amortización se divide por 5280. Window 7 y Microsoft office asumimos que se renuevan cada 2 años (3520).

2.2) Precio de los jornales:

2.2.1) Personal directamente empleado:

En este apartado se encuentran las personas encargadas directamente del proyecto. Estas son el Ingeniero Industrial encargado del desarrollo y ejecución del proyecto y el director del proyecto encargado de tareas de consultoría.

El gasto por hora del Ingeniero Industrial se encuentra reflejado en la *tabla 3* (por unidades):

Conceptos	Total (€)
Salario Base (220 días al año)	20000
Pluses (transporte y herramientas)	500
Seguridad social	5600
Extras (vacaciones)	4000
Otros (horas extras dietas)	1200
Total a facturar por año	31300
Total a facturar por jornada (8 horas)	142,273
Total a facturar por hora	17,784

Tabla 3. Coste por hora desarrollado de un Ingeniero Industrial

El gasto por hora del director del proyecto se encuentra reflejado en la *tabla 2* (por unidades):

Conceptos	Total (€)
Salario Base (220 días al año)	23000
Pluses (transporte y herramientas)	500
Seguridad social	7000
Extras (vacaciones)	4000
Otros (horas extras dietas)	1200
Total a facturar por año	35700
Total a facturar por jornada (8 horas)	162,273
Total a facturar por hora	20,284

Tabla 4. Coste por hora desarrollado de un director de proyecto

2.2.2) Personal indirectamente empleado:

El personal indirectamente empleado es aquel que se encarga del mantenimiento del laboratorio así como el de los autómatas y las maquetas. Estos son dos técnicos de laboratorio que se encargan del software y el hardware del mismo.

El gasto por hora de cada técnico se encuentra reflejado en la tabla 3 (por unidades):

Conceptos	Total (€)
Salario Base (220 días al año)	14000
Pluses (transporte y herramientas)	800
Seguridad social	3750
Extras (vacaciones)	2750
Otros (horas extras dietas)	800
Total a facturar por año	22100
Total a facturar por jornada (8 horas)	100,455
Total a facturar por hora	12,557

Tabla 5. Coste por hora desarrollado de un técnico de laboratorio

2.3) Precios descompuestos y precios unitarios:

En este apartado se muestran los precios descompuestos de cada fase del desarrollo del proyecto y los precios unitarios de cada fase.

2.3.1) Precios descompuestos:

Diseño de los Graficets				
Concepto	Precio unitario (€)	Cantidad	Unidades	Total (€)
Ingeniero Industrial	17,784	200	horas	3556,82
Director del proyecto	20,284	2	horas	40,57
				3597,39

Tabla 6. Precio descompuesto del diseño de los graphicets

Implementación del diseño				
Concepto	Precio unitario (€)	Cantidad	Unidades	Total (€)
Ingeniero Industrial	17,784	75	horas	1333,81
Ordenador	0,102	50	horas	5,10
Autómata TSX Premium 1	0,379	30	horas	11,36
Autómata TSX Premium 2	0,379	30	horas	11,36
Maqueta cintas	0,142	30	horas	4,26
Maqueta brazo robótico	0,124	20	horas	2,48
Unity Pro	0,155	50	horas	7,77
Windows 7	0,030	50	horas	1,48
Microsoft Office	0,026	20	horas	0,51
				1378,13

Tabla 7. Precio descompuesto de la implementación del diseño

Calibración brazo robótico				
Concepto	Precio unitario (€)	Cantidad	Unidades	Total (€)
Ingeniero Industrial	17,784	7	horas	124,49
Técnico de laboratorio 1	12,557	2	horas	25,11
Ordenador	0,102	7	horas	0,71
Maqueta brazo robótico	0,124	7	horas	0,87
Unity Pro	0,155	7	horas	1,09
Windows 7	0,030	7	horas	0,21
Microsoft Office	0,026	1	horas	0,03
				152,50

Tabla 8. Precio descompuesto de la calibración del brazo robótico

Desarrollo de las comunicaciones				
Concepto	Precio unitario (€)	Cantidad	Unidades	Total (€)
Ingeniero Industrial	17,784	10	horas	177,84
Ordenador	0,102	10	horas	1,02
Autómata TSX Premium 1	0,379	5	horas	1,89
Autómata TSX Premium 2	0,379	5	horas	1,89
Maqueta cintas	0,142	1	horas	0,14
Maqueta brazo robótico	0,124	1	horas	0,12
Unity Pro	0,155	5	horas	0,78
LabVIEW	0,627	1	horas	0,63
KEPServerEX 5	0,189	5	horas	0,95
Windows 7	0,030	10	horas	0,30
Microsoft Office	0,026	5	horas	0,13
				185,69

Tabla 9. Precio descompuesto del desarrollo de las comunicaciones

Creación de una interfaz de usuario con Scada				
Concepto	Precio unitario (€)	Cantidad	Unidades	Total (€)
Ingeniero Industrial	17,784	60	horas	1067,05
Ordenador	0,102	60	horas	6,12
Autómata TSX Premium 1	0,379	10	horas	3,79
Autómata TSX Premium 2	0,379	10	horas	3,79
Maqueta cintas	0,142	10	horas	1,42
Maqueta brazo robótico	0,124	10	horas	1,24
Unity Pro	0,155	20	horas	3,11
LabVIEW	0,627	60	horas	37,61
KEPServerEX 5	0,189	60	horas	11,36
Windows 7	0,030	60	horas	1,77
Microsoft Office	0,026	10	horas	0,26
				1137,52

Tabla 10. Precio descompuesto de la creación de la interfaz Scada

Mantenimiento de las maquetas y del laboratorio				
Concepto	Precio unitario (€)	Cantidad	Unidades	Total (€)
Técnico de laboratorio 1	12,557	6	horas	75,34
Técnico de laboratorio 2	12,557	1	horas	12,56
				87,90

Tabla 11. Precio descompuesto del mantenimiento

2.3.2) Precios unitarios:

Descripción	Precios (€)
Diseño de los Graficets	3597,39
Implementación del diseño	1378,13
Calibración brazo robótico	152,50
Desarrollo de las comunicaciones	185,69
Creación de una interfaz de usuario con Scada	1137,52
Mantenimiento de las maquetas y del laboratorio	87,90

Tabla 12. Precio unitarios

3) PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE MATERIAL:

El presupuesto final se calcula sumando los precios unitarios de cada fase del proyecto (habría que aplicar el IVA, gastos generales y beneficio industrial pero al ser un TFG en este caso no lo aplicamos).

Nº	Descripción	Precios (€)
1	Diseño de los Graficets	3597,39
2	Implementación del diseño	1378,13
3	Calibración brazo robótico	152,50
4	Desarrollo de las comunicaciones	185,69
5	Creación de una interfaz de usuario con Scada	1137,52
6	Mantenimiento de las maquetas y del laboratorio	87,90
TOTAL		6539,12

Tabla 13. Coste final

El presupuesto de ejecución de material asciende a seis mil quinientos treinta y nueve euros con doce céntimos.