



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

---

# Proyecto de automatización de una línea de producción de engranajes mediante autómatas S7-1200 y HMI KTP700 basic de Siemens

---

Ingeniería electrónica industrial y automática

Autor: Álvaro Giménez Paredes

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Cotutor: Adolfo Hilario Caballero

Curso 2018-2019



# Resumen

*Debido a la necesidad desde las empresas por ser más eficientes y productivas, la demanda de sistemas automatizados se ha visto incrementado en las últimas décadas. En este proyecto se abarca el desarrollo e implementación de una de dichas soluciones, en concreto, la automatización de una línea de producción de engranajes.*

*Para ello, ha sido necesario el uso de un controlador lógico programable (PLC) que es el encargado de almacenar los datos obtenidos por los sensores de la línea y que mediante el programa realizado, se encarga de activar los actuadores correspondientes con los datos recibidos.*

*Otra parte importante de los sistemas automatizados es conocer en todo momento el estado del sistema y poder controlarlo. Con tal fin se ha desarrollado también un sistema SCADA encargado de la supervisión, control y adquisición de datos que además cuenta con una interfaz de usuario (HMI), la cuál hace de intermediario entre el operario y el sistema.*

*Finalmente se consigue un sistema automatizado que resulta más eficiente para la empresa y más cómodo para el operario que ahora solamente ha de controlar y supervisar el sistema mediante la interfaz de usuario (HMI).*

# Abstract

Due to the need for companies to be more efficient and productive, the demand for automated systems has increased in recent decades. This project covers the development and implementation of one of these solutions, specifically, the automation of a gear production line.

For this, it has been necessary to use a programmable logic controller (PLC) that is in charge of storing the data obtained by the sensors of the line. The PLC through the program that the engineer made, activates the corresponding actuators with the received data.

Another important part of automated systems is to know at all moment the state of the system and control it. To this aim, a SCADA system has also been developed, in charge of monitoring, control and acquisition of data, which also has a user interface (HMI), which acts as an intermediary between the operator and the system.

Finally, it obtains an automated system that is more efficient for the company and more comfortable for the operator who now only has to control and supervise the system by the user interface (HMI).





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Documento N<sup>o</sup>1

## Memoria

Autor: Álvaro Giménez Paredes

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Cotutor: Adolfo Hilario Caballero



# Índice general

Índice general	III
1 Introducción	1
1.1 Objeto	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Motivación	3
1.4 Factores a considerar	3
1.4.1 Normativa	3
1.4.2 Condiciones del encargo	4
2 Planteamiento de soluciones alternativas y justificación de la solución adaptada	7
2.1 Tipo de lógica	7
2.2 Tipo de controladores	9
2.3 Tipo de SCADAs	11
2.4 Autómatas programables	12
2.5 HMI	14
3 Descripción técnica del equipo	15
3.1 Línea Indexada de mecanizado de FischerTechnik	15
3.1.1 Características físicas	15
3.1.2 Vistas	16
3.1.3 Sensores	17
3.1.4 Actuadores	17

3.2 PLC S7-1200 1214C AC/DC/RLY . . . . .	18
3.3 KTP700 basic Siemens . . . . .	20
3.4 TIA Portal V14 . . . . .	21
3.4.1 Requisitos del sistema . . . . .	21
3.4.2 Características. . . . .	21
4 Descripción detallada de la solución adoptada . . . . .	23
4.1 Esquema funcional del sistema . . . . .	23
4.2 Sistema de mecanizado . . . . .	24
4.2.1 Asignación de entradas y salidas (E/S) . . . . .	24
4.2.2 Funcionamiento . . . . .	25
4.3 Manual/Automático . . . . .	28
4.4 Funcionamiento normal . . . . .	29
4.4.1 GRAFCET Principal . . . . .	29
4.4.2 GRAFCET Cinta de entrada. . . . .	32
4.4.3 GRAFCET Fresadora . . . . .	34
4.4.4 GRAFCET taladradora . . . . .	35
4.4.5 GRAFCET Cinta salida. . . . .	37
4.4.6 GRAFCET Empujador 2 . . . . .	38
4.4.7 GRAFCET Contador . . . . .	39
4.4.8 GRAFCET Alarmas . . . . .	40
4.4.9 GRAFCET Seta . . . . .	41
4.5 Funcionamiento manual . . . . .	43
4.5.1 GRAFCET Salidas manuales. . . . .	43
4.6 Implementación del automatismo en el autómeta Siemens S7-1200 . . . . .	44
4.6.1 Paso de GRAFCET a ecuaciones . . . . .	44
4.6.2 Estructuración del proyecto en TIA Portal . . . . .	45
4.7 HMI. . . . .	50
4.7.1 Pantalla de registro. . . . .	50
4.7.2 Operario . . . . .	51
4.7.3 Mantenimiento . . . . .	54
4.7.4 Producción. . . . .	59

5 Puesta en marcha	65
5.1 Preparación de los sistemas físicos . . . . .	65
5.1.1 Autómata Siemens S7-1200 . . . . .	65
5.1.2 HMI . . . . .	66
5.1.3 Maqueta <i>FischerTechnik</i> . . . . .	67
5.2 Preparación y ejecución del sistema de control con <i>TIA Portal</i> . . . . .	67
6 Conclusiones	73
7 Bibliografía	75



# Capítulo 1

## Introducción

Desde tiempos remotos el ser humano ha desarrollado herramientas que les pudieran ser de ayuda para su supervivencia o para simplificar y mejorar su vida. En un principio se trataba de tallar piedras o palos que usaban como armas o para hacer fuego. Pero a lo largo del tiempo esas herramientas han sido mejoradas gracias a la aparición de nuevas técnicas y del uso de nuevos materiales.

Uno de los puntos de inflexión para la tecnología fue la Revolución Industrial acaecida en Gran Bretaña en la segunda mitad del siglo XVII. Dicha revolución se basa en la introducción de equipos mecánicos movidos por agua y vapor (Figura 1.1). Este cambio supuso un gran aumento de la producción a la vez que disminuía el tiempo de producción y la mano de obra necesaria. [1]

Aproximadamente un siglo después llega la segunda revolución industrial que gracias a la división de tareas y el uso de la energía eléctrica consiguen producciones en masa.

A mediados del siglo XX llegaría la tercera revolución industrial la cuál gira entorno a la automatización de los procesos industriales gracias al uso de la electrónica y la informática.

Hoy en día la humanidad se encuentra ante otra gran revolución, la conocida como industria 4.0. Esta revolución consiste en la digitalización de los procesos productivos en la industria y la comunicación entre ellos. [4]

A pesar de estar produciéndose una nueva revolución industrial donde se introducen nuevas técnicas como la inteligencia artificial, la realidad aumentada... La automatización sigue teniendo un papel clave en la industria y en esta nueva revolución. De hecho se encuentra presente en casi todas las industrias, ya sea alimentaria, automovilística, textil... Esto es debido al valor que aporta a la industria

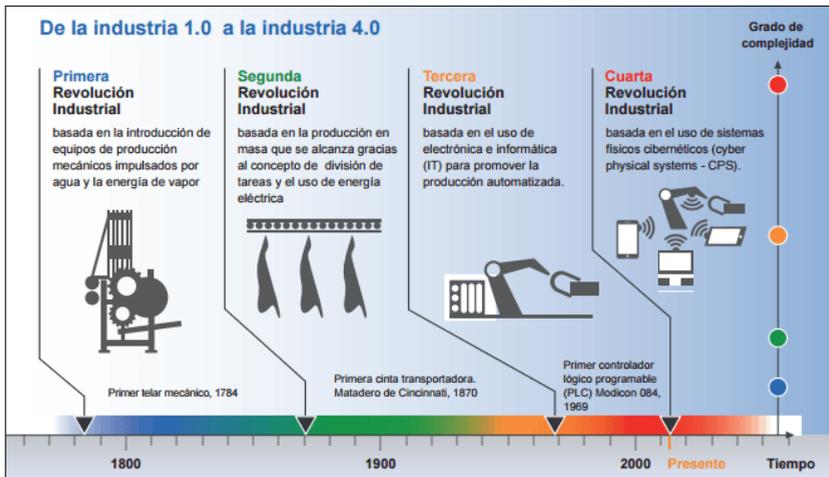


Figura 1.1: Revoluciones industriales de la historia. Fuente: "¿Qué es la industria 4.0?"[4]

aumentando la producción, reduciendo costes y mejorando la calidad simplificando el trabajo humano.

## 1.1 Objeto

Este proyecto consiste en la automatización de la producción de engranajes para multiplicadores usados en aerogeneradores. Para ello, es necesario el uso de un autómatas programable y un HMI donde los distintos usuarios de la empresa puedan interactuar con la línea.

El objetivo es conseguir que dicha línea funcione de forma autónoma. Es decir, que la función del operario sea controlar y supervisar la máquina sin intervenir directamente sobre el producto.

## 1.2 Antecedentes

La automatización surge ante la necesidad de mejorar los procesos de fabricación, ya sea por complejidad, productividad o peligrosidad. Y a pesar de la popularidad que ha alcanzado hoy en día su aparición se traslada a casi un siglo atrás de la mano de la empresa americana *Ford*, aunque hay quien considera que la verdadera aparición de la automatización industrial fue mucho antes con la aparición del primer telar automático. La aparición de este data de 1745 aunque no fue totalmente perfeccionado y popularizado hasta 1805. [5]

Por tanto, existen una gran cantidad de proyectos de automatización de todo tipo y ya no es de extrañar que la automatización de procesos en las fábricas se haya convertido en algo cotidiano en nuestros días y que cada vez las empresas obtén por tener fábricas más y más automatizadas.

## 1.3 Motivación

Debido al aumento de la eficiencia en la producción cada vez más empresas se animan a automatizar más procesos de sus fábricas. Esto genera una gran demanda de ingenieros cualificados para este tipo de proyectos convirtiendo a la automatización en un campo muy interesante de cara a un futuro laboral.

Otro punto importante desde mi punto de vista es la gran cantidad de proyectos distintos que te supone trabajar en el campo de la automatización, ya que puedes automatizar desde plantas alimenticias hasta plantas de fabricación de un avión, pasando por procesos químicos, mecanizados... Lo cuál ayuda a evitar la monotonía del trabajo, ya que cada proyecto te plantea un reto nuevo y te permite aprender cosas nuevas que desconocías.

## 1.4 Factores a considerar

### 1.4.1 Normativa

Con la finalidad de mejorar la calidad del producto y la seguridad de las personas se han creado una serie de normas para conseguirlo. Dependiendo del tipo de proyecto existen distintas normativas que se han de cumplir, para este caso son las siguientes:

- **IEC 61131-3.** Estandarización completa de los lenguajes de programación de los controladores lógicos programables.

- **UNE-EN 60848-2013.** Lenguaje de especificación GRAFCET para diagramas funcionales secuenciales.
- **UNE-EN 61000-6-2.** Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 6-2: Normas genéricas. Inmunidad en entornos industriales.
- **EN ISO 13849-1:2006.** Seguridad de las máquinas. Partes del sistema de mando relativas a seguridad. Parte 1: Principios generales de diseño.

### 1.4.2 Condiciones del encargo

Un proyecto puede constar de diversas condiciones para su encargo dependiendo del cliente y del proyecto a efectuar. Las condiciones principales a considerar son:

- **Las necesidades y exigencias del cliente.** Posiblemente se trate de la condición más importante del proyecto, pues al final el cometido es proporcionarle un servicio a una empresa en las mejores condiciones posibles. Para ello, es necesario tener muy claro que es lo que nos pide el cliente para así evitar fallos debido a una mala comunicación o un mal entendimiento entre las partes, así como demoras en el tiempo o sobrecostes por este motivo.
- **Las características técnicas del sistema a automatizar.** Estas características serán las que definirán el sistema que se debe montar. Por ello, cobra una gran importancia conocerlas perfectamente con el fin de poder elegir de forma adecuada los materiales a usar en el proyecto.
- **La complejidad del proyecto.** Esta a diferencia de las anteriores repercute más directamente sobre la empresa contratada para montar el proyecto. Pues así como las anteriores era de vital importancia la comunicación con el cliente, en este caso, se vuelve importante tomar las decisiones internas adecuadas. Como podría ser si compensa el tiempo y esfuerzo a dedicar, si la cantidad negociada es suficiente o tan siquiera si es posible construir lo que nos pide el cliente. En caso afirmativo también sería interesante estudiar la dificultad del proyecto con el fin de elegir a una persona con más o menos experiencia.

Una vez las condiciones del proyecto están claras, vamos a pasar a las prestaciones y funciones que debe cumplir el proyecto.

- **Conexión de las E/S con el autómata.**
- **Supervisión y control del sistema mediante SCADA, el cuál debe ofrecer:**
  - Modo de funcionamiento automático, es decir, para la producción normal del sistema.

- Modo automático donde poder probar las diferentes salidas del sistema por separado para verificar su correcto funcionamiento.
  - Alarmas que indiquen los posibles problemas que puedan darse en la línea durante la producción.
  - Una seta de emergencia con la posibilidad de rearmar el sistema y seguir con la producción en caso de ser un problema menor o de *resetear* el proceso en el caso que el problema sea más grave.
  - El uso de recetas para una producción cíclica y ordenada.
- **Implementación de una interfaz de usuario (HMI) para el control visual.**
  - **Correcto funcionamiento del sistema, satisfaciendo las especificaciones dadas por el cliente.**



## Capítulo 2

# Planteamiento de soluciones alternativas y justificación de la solución adaptada

Para la realización de cualquier proyecto es necesario el estudio de diversas soluciones con el fin de determinar las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas y así poder elegir la solución que más se ajuste a las especificaciones del proyecto, tanto técnica como económicamente.

Para ello, en este apartado se estudiarán las distintas posibilidades a nivel de hardware que se pueden utilizar. La parte del software será planteada más adelante, pues depende del hardware escogido y sobretodo de la forma de programar de cada persona, ya que existen multitud de códigos que pueden solucionar un mismo problema.

### 2.1 Tipo de lógica

Dependiendo del sistema que se quiere automatizar se cuenta con diversas formas de llevarlo a cabo. El proceso de automatización se puede realizar mediante elementos físicos, tales como relés, contactores, válvulas neumáticas, etc. (lógica cableada) o bien con un dispositivo programable como un PLC o un microcontrolador que sustituya a los elementos físicos (lógica programada).

- **Lógica cableada.** Diseño del automatismo mediante el uso de diversos elementos físicos (relés, contactores, guardamotors, magnetotérmicos...) conectados entre ellos por cables. Estos circuitos cableados cuentan con funciones

de mando y control, señalización, protección y potencia. Suelen ser usados en instalaciones pequeñas o en lugares donde la seguridad del entorno y del personal no puede depender de la lógica programada.

- **Lógica programada.** En este tipo de lógica se sustituyen los elementos físicos de la lógica cableada por un PLC, un microcontrolador o un relé programable que mediante el programa escrito por el ingeniero es capaz de llevar a cabo el control del sistema.

	Lógica programada	Lógica cableada
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran flexibilidad ante cambios al no tener que modificar elementos físicos.</li> <li>- Menor coste de mano de obra al implementarse.</li> <li>- Menos componentes a utilizar.</li> <li>- Mayor simplicidad a la hora del diseño.</li> <li>- Más económica en trabajos grandes.</li> <li>- Facilidad de mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simplicidad para pequeños proyectos.</li> <li>- Mayor robustez.</li> </ul>
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caros para proyectos pequeños.</li> <li>- Menor robustez</li> <li>- Personal cualificado para la programación de los controladores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocupan mucho espacio.</li> <li>- Poca flexibilidad ante cambios.</li> <li>- Mayor cantidad de componentes a utilizar.</li> </ul>

**Tabla 2.1:** Ventajas e inconvenientes de los tipos de lógica.

Una vez conocidas las ventajas e inconvenientes de ambas lógicas se ha de proceder a estudiar cuál es la lógica que mejor se adapta al proyecto que se está realizando. Para ello, primero se ha de conocer cuales son las exigencias de la industria actual y posteriormente para este proyecto en particular.

La industria moderna demanda sistemas de gran alcance con un número elevado de elementos conectados entre si. Los cuales intercambian una gran cantidad de información entre ellos, haciendo necesario una exhaustiva monitorización de la información y que el sistema sea robusto para evitar fallos en la comunicación.

Además ha de ser flexible ante nuevos cambios o ampliaciones del sistema diseñado debido a la mejora continua tanto de la tecnología como de las exigencias de la empresa.

Por todo ello se ha decidido usar la lógica programada, ya que cumple la gran mayoría de los requisitos que esta pidiendo la industria, como son:

- Gran flexibilidad ante cambios.
- Gran variedad de conexiones y comunicaciones entre dispositivos.
- Fácil y completa monitorización del sistema.

## 2.2 Tipo de controladores

Una vez decidido el tipo de lógica que se va a usar en el proyecto, toca elegir el elemento de control que se va utilizar. Este elemento de control será el encargado de gestionar el sistema a través del procesamiento y transmisión de datos. Los más usados en la industria son los siguientes:

- **Tarjeta de adquisición de datos (DAQ).** Se trata de un dispositivo que actúa como interfaz entre la señal física y un sistema digital, normalmente un ordenador. Su función consiste en transformar la señal analógica medida por un sensor a un valor digital que pueda ser leído y almacenado en un ordenador para, posteriormente, poder trabajar con ellos con ayuda de algún *software*.

Para ello, la tarjeta de adquisición de datos consta de tres partes: un circuito de acondicionamiento de la señal, un convertidor analógico-digital (ADC) y el bus del ordenador.

- **Microcontrolador.** Se trata de un circuito integrado programable que realiza las tareas especificadas en el código que se le introduce. Esta pequeña placa consta de las tres principales unidades funcionales de un ordenador: unidad central de procesamiento (CPU), periférico de entradas/salidas y una memoria.
- **Controlador lógico programable (PLC).** Es un dispositivo electrónico diseñado específicamente para automatizar procesos, ya que a diferencia de los ordenadores de propósito general cuenta con numerosas entradas y salidas. Además es resistente a un gran rango de temperaturas, resistente a golpe y vibraciones e inmune ante el ruido eléctrico. Otra de sus características es que cuenta con la posibilidad de ampliar sus funciones a través de módulos externos.

	Tarjeta de adquisición de datos (DAQ)	Microcontrolador	Controlador lógico programable (PLC)
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran velocidad de procesamiento al trabajar desde un ordenador.</li> <li>- Gran tamaño de almacenamiento de datos al guardarse en un ordenador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocupa poco espacio</li> <li>- Fácil de transportar.</li> <li>- Cuenta con puertos de E/S.</li> <li>- Gran diversidad de modelos a elegir.</li> <li>- Coste bajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite la monitorización del sistema</li> <li>- No ocupan mucho espacio.</li> <li>- Fácil programación (basada en lógica cableada y estructuras secuenciales)</li> <li>- Adecuada para proyectos grandes debido a sus numerosos puertos de E/S.</li> <li>- Se pueden añadir módulos externos.</li> <li>- Robustos y resistentes.</li> </ul>
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere de un ordenador.</li> <li>- Al requerir de un ordenador ocupa un tamaño considerable.</li> <li>- Coste elevado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difícil programación</li> <li>- Necesita de otros componentes.</li> <li>- Poca memoria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suele tener un precio elevado.</li> <li>- Mano de obra especializada.</li> </ul>

**Tabla 2.2:** Ventajas e inconvenientes de los tipos de lógica.

Debido a las características del proyecto a realizar como son la necesidad de un gran número de puertos de entradas y salidas, una estructura secuencial que se repita de forma cíclica, la posibilidad de monitorizar el estado del sistema y que sea un dispositivo resistente, se usará un PLC para el control de la línea encargada de producir los engranajes. Como era de esperar pues al final están diseñados específicamente para desarrollar proyectos de automatización a nivel industrial.

## 2.3 Tipo de SCADAs

SCADA, acrónimo de *Supervisory Control And Data Acquisition*, es una aplicación de *software* que como su propio nombre indica se encarga de la supervisión, control y adquisición de datos de procesos industriales. Para ello, se hace necesario la comunicación con los elementos de campos, tanto sensores como actuadores, ya que a través de ellos se controla el proceso de forma automática con la ayuda, normalmente, de un PLC.

Además estos sistemas SCADA proporcionan información del proceso a los usuarios con la ayuda de indicadores visuales, tales como pulsadores, indicadores luminosos...

Como ya se ha comentado en su definición estos sistemas tienen tres funciones principales que son:

- **Adquisición de datos.** Recoge, procesa y almacena la información obtenida del proceso que posteriormente será necesaria para el control del mismo.
- **Control.** Modifica el proceso dependiendo de los datos recibidos pudiendo actuar sobre las salidas del PLC, es decir, sobre los actuadores del sistema.
- **Supervisión.** Permite monitorizar las variables del sistema, así como las alarmas, avisos...

Estos sistemas cuentan con diversos componentes como son los elementos de campo, el dispositivo de representación y la infraestructura de comunicaciones entre ellos. La parte que nos interesa aquí es el dispositivo de representación del SCADA que cuenta con las siguientes posibilidades:

- **Ordenador.** Dentro de esta opción se cuenta con un gran número de programas capaces de desarrollar un sistema SCADA que se representará en la pantalla de un ordenador. Algunos ejemplos de programas serían LabView, Multisim Proteus... En este caso, se necesitaría de un servidor OPC que comunicará el programa con el PLC.
- **HMI.** Son dispositivos que cuentan con una pantalla integrada donde poder interactuar con el proceso. Suelen ser fabricadas por las mismas empresas que hacen PLCs y para evitar problemas de comunicación es recomendable que sean de la misma marca. Además su comunicación sería mucho más sencilla.

	PC + <i>Software</i>	HMI
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran velocidad de procesamiento al trabajar desde un ordenador.</li> <li>- Gran tamaño de almacenamiento de datos al guardarse en un ordenador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocupa poco espacio</li> <li>- Fácil de transportar.</li> <li>- Gran diversidad de modelos a elegir.</li> <li>- Resistente</li> <li>- Fácil comunicación, si PLC y HMI son de la misma marca.</li> </ul>
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere de un ordenador.</li> <li>- Al requerir de un ordenador ocupa un tamaño considerable.</li> <li>- Necesita de un servidor OPC para comunicarse con el PLC.</li> <li>- Mayor dificultad para compartir variables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Más limitado que el PC.</li> <li>- Poca memoria.</li> </ul>

**Tabla 2.3:** Ventajas e inconvenientes de los tipos de representación de SCADA.

Para el proyecto se ha optado por usar un HMI por las facilidades de uso que nos da, sobretodo a la hora de comunicarlo con el PLC.

## 2.4 Autómatas programables

A día de hoy, debido a la gran demanda de la industria por automatizar sus procesos de producción, han surgido un gran número de empresas que desarrollan autómatas programables.

Además cada una de ellas cuenta con una amplia gama de modelos de PLCs con diferentes características y prestaciones y de un *software* propio que hace más fácil la programación de estos. Todo esto supone una gran ventaja a la hora de decidir el autómata que más se ajuste a las condiciones del encargo, con el fin de encontrar el que mejor se adapte y controlando el coste del sistema. Pero debido a esto la tarea de elegir el autómata puede hacerse larga y compleja.

Para desarrollar el proyecto se ha estudiado un modelo de tres de las grandes empresas como son Schneider, Siemens y Omron. En concreto se va a estudiar el modelo de cada una de ellas con el que se cuenta ahora mismo.

	Omron	Schneider	Siemens
Modelo del autómata	CJ2M	Modicon M241	SIMATIC S7-1200
<i>Software</i> del autómata	CX-Programmer	SoMachine	TIA-Portal V14

**Tabla 2.4:** Autómatas y *software* disponibles.

A continuación, se dispondrá de una comparativa de los tres terminales con sus características principales para una posterior elección:

CJ2M	Modicon M241	SIMATIC S7-1200
 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Módulo ID211 con 16 entradas digitales.</li> <li>- Módulo OC211 con 16 salidas de relé.</li> <li>- 1 puerto programación USB y 1 puerto <i>Ethernet</i>.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 16 entradas normales y 8 entradas rápidas (digitales)</li> <li>- 12 salidas de relé y 4 salidas rápidas (digitales)</li> <li>- 2 puertos de línea serie, 1 puerto de programación USB y un puerto <i>Ethernet</i>.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 14 entradas digitales</li> <li>- 10 salidas normales y 2 salidas rápidas (digitales)</li> <li>- 1 puerto de comunicación <i>Ethernet</i>.</li> </ul>

**Tabla 2.5:** Características principales de los tres autómatas.

A priori cualquiera de ellos sería válido para nuestro propósito, ya que cuenta con suficientes entradas y salidas para controlar el sistema de mecanizado. Además todos ellos cuenta con un puerto *Ethernet*.

Puesto que cualquiera serviría para realizar el proyecto, se ha decidido trabajar con el Siemenes pues estoy más familiarizado con este PLC y a trabajar con el *TIA-Portal*.

## 2.5 HMI

HMI, acrónimo de *Human Machine Interface*, es un dispositivo que hace de interfaz entre el operario y la máquina. Estos dispositivos consisten en paneles que muestran diferentes indicadores y comandos donde poder interactuar con el proceso.

Como ya se ha decidido anteriormente para el proyecto se utilizará un dispositivo HMI. Para tomar la decisión, se estudiará un HMI de cada una de las marcas de los PLCs.

NB7W-TW01B	HMIST6400	KTP700
 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño de la pantalla: 7".</li> <li>- Comunicación serie, USB y <i>Ethernet</i>.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño de la pantalla: 7".</li> <li>- 2 puertos <i>Ethernet</i> y 1 puerto USB micro B.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño de la pantalla: 7".</li> <li>- 1 puerto <i>Ethernet</i> y 1 puerto USB con capacidad de hasta 16 GB.</li> </ul>

**Tabla 2.6:** Características principales de los tres HMI.

Al igual que en el caso de los PLCs cualquiera de ellos nos serviría para llevar a cabo el proyecto. Pero se ha decidido utilizar el HMI de Siemenes, ya que al ser de la misma marca que el PLC simplifica mucho la comunicación entre ellos al venir completamente integrada en *TIA-Portal*, siendo así muy sencillo compartir variables.

## Capítulo 3

# Descripción técnica del equipo

En este apartado se detallarán las características técnicas de los diferentes elementos seleccionados en el apartado anterior que serán los utilizados en el proyecto.

### 3.1 Línea Indexada de mecanizado de FischerTechnik

Debido a que no se cuenta con la planta real del proyecto, las pruebas serán realizadas sobre la maqueta de una línea indexada de mecanizado de la marca FischerTechnik, la cual cuenta con diversos sensores y actuadores con los que interactuará con el PLC.

#### 3.1.1 Características físicas

- Dimensiones: 450 x 410 x 190 mm.
- 9 entradas digitales. De las cuales 4 son finales de carrera y las otras 5 son fototransistores.
- 10 salidas 24V (6 motores de un sentido de rotación *counter-clockwise*, *clockwise rotation*). De los 6 motores de sentido de rotación único: 4 corresponden a los motores que mueven las cintas y los otros 2 son los pertenecientes a la fresadora y a la taladradora. Mientras que las cuatro salidas restantes corresponden a los dos empujadores que disponen de dos motores que pueden girar en ambos sentidos.
- 2 Cables de 18 pines cada uno y codificado con colores con conector de 18 pines, sólo para 24V (PLC).

### 3.1.2 Vistas

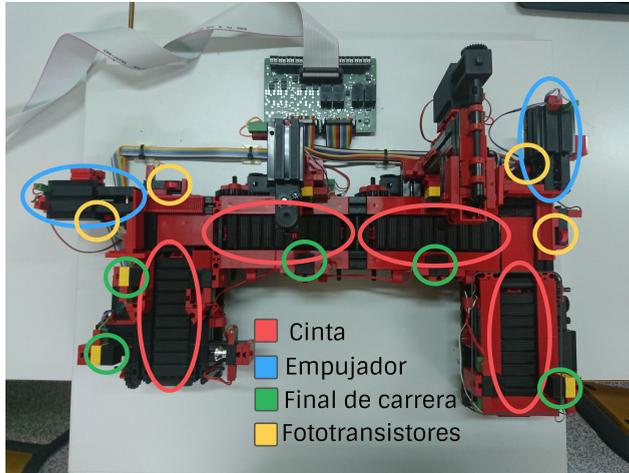


Figura 3.1: Vista de la planta de la línea

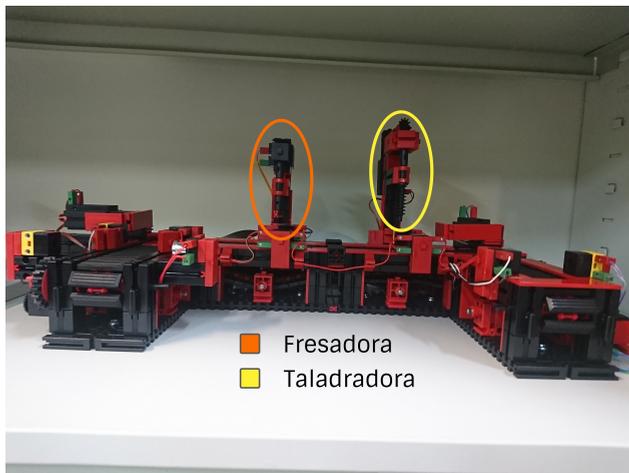


Figura 3.2: Vista del alzado de la línea

### 3.1.3 Sensores

Los sensores son los dispositivos encargados de dotar de la información del sistema al PLC para que este pueda llevar a cabo las acciones pertinentes programadas en su código.

- **Fototransistores.** Se trata de un sensor electrónico que se activa cuando recibe luz. Para ello, necesita de un emisor que puede ser la luz del sol o de una bombilla. Dependiendo de la disposición de estos dos elementos existen diferentes configuraciones, en este caso, se dispone de una pequeña bombilla como emisor y el fototransistor como receptor.
- **Finales de carrera.** Es un sensor de contacto, es decir, se activa al ser presionado o entrar en contacto con algún otro elemento. Existen finales de carrera de distintos tipos según sea el principio en el que se basa, es decir, los hay neumáticos, mecánicos y eléctricos. En la maqueta se dispone de los de tipo eléctrico los cuales al ser activados cierran el circuito permitiendo así el paso de la corriente a través de ellos.

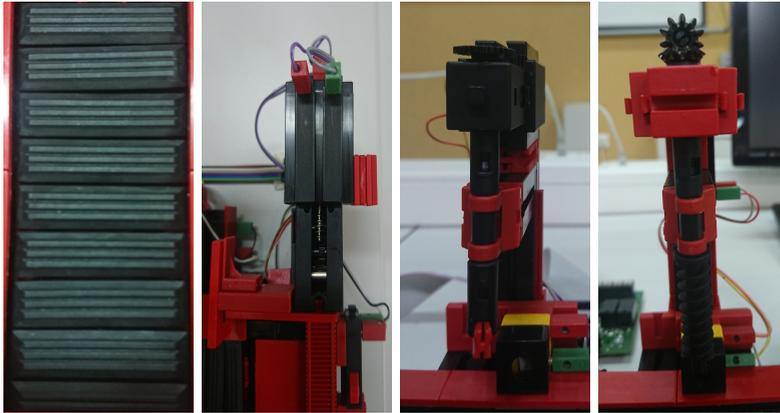
### 3.1.4 Actuadores

Los actuadores son elementos que tiene el sistema con el fin de poder interactuar con él. En este caso, el programa escrito en el PLC es el encargado de activar y desactivar los diferentes actuadores a través de las salidas.

- **Motores de corriente continua.** Es un elemento que convierte la energía eléctrica en mecánica, es decir, en movimiento gracias a la acción de un campo magnético. Para ello, consta de dos partes, el estator y el rotor.

Los motores a su vez actúan sobre los siguientes elementos:

- **Cintas.** Son las encargadas de transportar el producto a través de lo largo de toda la línea.
- **Empujadores.** Debido a la forma del sistema, se ha solventado el problema de las esquinas usando empujadores con el fin de pasar el producto de una cinta a la siguiente.
- **Elementos de mecanizado.** Esta formada por la fresadora y la taladradora que son las máquinas encargadas de realizar los cambios necesarios sobre el producto. En este caso, dar forma a los engranajes.



(a) Cinta (b) Empujador (c) Fresadora (d) Taladradora

**Figura 3.3:** Actuadores de la línea

### 3.2 PLC S7-1200 1214C AC/DC/RLY



**Figura 3.4:** PLC S7-1200 1214C AC/DC/RLY

Este pequeño controlador de la marca Siemens es una buena solución para una gran diversidad de proyectos debido a su diseño compacto, su configuración flexible y su potente conjunto de instrucciones.

Dentro de la familia S7-1200 existen varios modelos teniendo en cuenta su CPU y la configuración de esta. En este caso se cuenta con un Siemens S7-1200 con una CPU 1214C y una configuración AC/DC/RLY. Lo que significa que tiene una alimentación AC, es decir, se conecta a 220V, mientras que su salida es de tipo DC, en concreto de 24V y esta controlada por relés que son los que activan y desactivan las entradas y salidas.

Además cuenta con las siguientes características:

- Dimensiones: 110 x 100 x 75.
- 2 entradas analógicas con un rango de 0 a 10V y una resolución de 10 bits.
- 14 entradas digitales.
- 10 salidas digitales.
- Dispone de tres áreas de memoria: memoria de carga, memoria retentiva y memoria de trabajo.
  - Memoria de carga. Área de almacenamiento no volátil para el programa, los datos y la configuración. Tiene un tamaño de 2MB.
  - Memoria retentiva. Área de almacenamiento no volátil que guarda los datos almacenados en ella al quitar la tensión de alimentación o al pasar de RUN a STOP. Tiene un tamaño de 2KB.
  - Memoria de trabajo. Área de almacenamiento volátil que guarda algunos elementos del proyecto utilizado en la CPU mientras se ejecuta el programa. Tiene un tamaño de 50KB.
- Permite usar una tarjeta de memoria externa.
- Ciclo de trabajo de 100ms.
- Módulos externos para aumentar las funcionalidades del PLC.
- Puede comunicarse a través de PROFIBUS, PROFINET y MODBUS entre otros.
- Servidor Web.

### 3.3 KTP700 basic Siemens



**Figura 3.5:** HMI KTP700 basic de 7"

El HMI es una pantalla que hace de interfaz entre el proceso y el operario. Dentro de la gama KTP700 basic se dispone de dos modelos distintos dependiendo de su tipo de comunicación, según si se comunica con PROFINET o por PROFIBUS. En este caso se usará el modelo que cuenta con PROFINET que se trata del KTP700 basic 6AV2123-2GB03-0AX0.

Además cuenta con las siguientes características:

- Tamaño de la pantalla: 7".
- Dimensiones: 154.1 x 85.9.
- Número de colores: 65536.
- Resolución: 800 x 480 Pixels.
- Alimentación DC: 24V.
- 1 puerto Ethernet y un puerto USB con capacidad de hasta 16 GB.
- Número máximo de variables por dispositivo: 800.
- Número máximo de variables por pantalla: 100.

- Número máximo de recetas: 50.
- Número máximo de usuarios: 50.

## 3.4 TIA Portal V14

### 3.4.1 Requisitos del sistema

Descripción	Especificaciones mínimas	Especificaciones recomendadas
Procesador	Intel Core I3, 2.30GHz.	Intel Core I5, 3.4GHz.
RAM	4G.	16GB o más (32G para proyectos grandes).
Disco duro	S-ATA con 20GB libres.	SSD con 50GB libres.
Red	A partir de 100 Mbits.	1GBit (para multiusuario).
Resolución pantalla	1024 x 768.	Pantalla <i>Full HD</i> de 15.6"(1920 x 1080).

**Tabla 3.1:** Requisitos de *Hardware* para soportar TIA Portal

Descripción	Versiones del sistema operativo
Sistema operativo	Windows 7 (64 bits) Windows 8 (64 bits) Windows 10 (64 bits) Windows Server (64 bits)

**Tabla 3.2:** Requisitos del sistema operativo para soportar TIA Portal

### 3.4.2 Características

Entre las características principales destacan:

- Incorpora un simulador (PLCSim) del PLC para poder probar los proyectos.
- Ofrece una funcionalidad multiusuario
- Incorpora un SCADA (WinCC) con el cuál se puede crear las diferentes pantallas del HMI.
- Dispone de diversos lenguajes de programación:

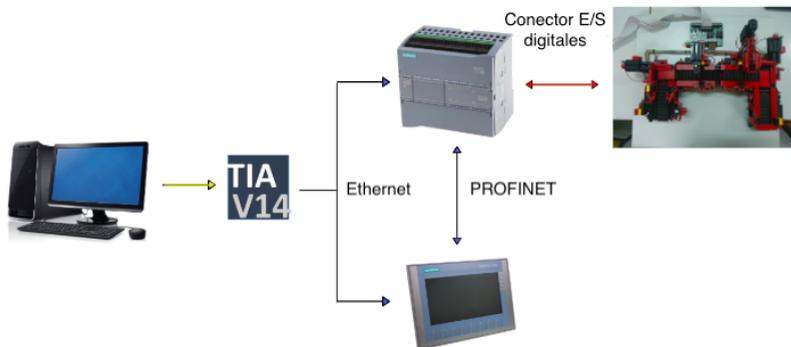
- Diagrama de funciones (*Function Block Diagram*, FBD)
- Diagrama de contactos (*Ladder*, LD)
- Texto estructurado (*Structured Text*, SCL)
- Dispone de diversos buses de comunicación:
  - *Ethernet*
  - PROFINET
  - PROFIBUS

# Capítulo 4

## Descripción detallada de la solución adoptada

En este apartado se llevará a cabo la explicación sobre el funcionamiento del proyecto y como se ha resuelto, incluyendo partes de la programación con el fin de ayudar a la comprensión del funcionamiento.

### 4.1 Esquema funcional del sistema



**Figura 4.1:** Esquema funcional del sistema

El esquema funcional del sistema es bastante simple, pues solamente se cuenta con un PLC que se comunica tanto con la línea de mecanizado como con el HMI. Mientras que la comunicación entre la línea y el PLC se hace a través de conexiones con las entradas y salidas digitales mediante cableado, el HMI y el PLC están conectados entre sí por *Ethernet* con comunicaciones por PROFINET.

Aunque no forma parte del sistema como tal, pues no se utiliza una vez hecha la puesta en marcha, también es necesario el uso de un ordenador desde el cual poder ejecutar TIA Portal. Desde él se escribirá el programa que posteriormente se usará en el PLC. Además, TIA Portal incluye WinCC, el cual es el programa de Siemens que permite diseñar y programar el HMI.

## 4.2 Sistema de mecanizado

### 4.2.1 Asignación de entradas y salidas (E/S)

Lo primero a realizar es la conexión entre las diferentes salidas y entradas del PLC con los sensores y actuadores de la línea. Para ello, lo primero es identificar y nombrar los sensores y actuadores como se muestra a continuación:

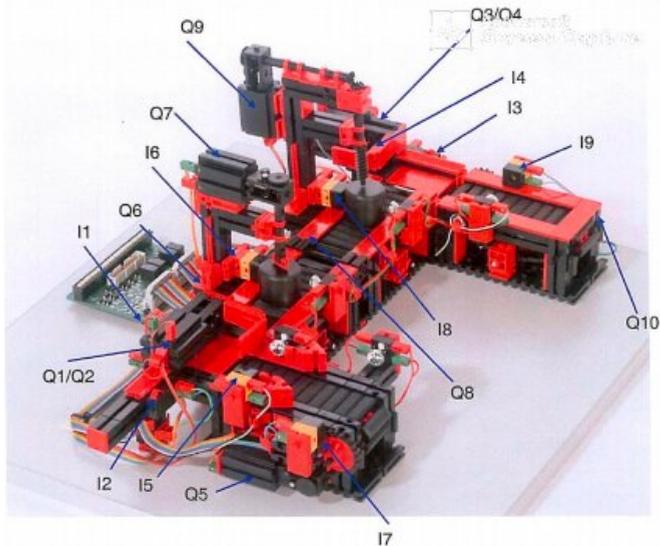


Figura 4.2: Asignación de E/S de la línea

Una vez esta claro los nombres de los diferentes elementos de la línea se procede a enlazarlos con los distintos puertos de E/S del PLC como se ve en la tabla siguiente:

Entrada	Descripción	Posición de memoria
I1	Final de carrera frontal del empujador 1	%I0.0
I2	Final de carrera trasero del empujador 1	%I0.1
I3	Final de carrera frontal del empujador 2	%I0.2
I4	Final de carrera trasero del empujador 2	%I0.3
I5	Fototransistor del empujador 1	%I0.4
I6	Fototransistor de la fresadora	%I0.5
I7	Fototransistor de la cinta transportadora de alimentación	%I0.6
I8	Fototransistor de la taladradora	%I0.7
I9	Fototransistor de la cinta transportadora de salida	%I1.0

**Tabla 4.1:** Asignación de las entradas del PLC con los sensores de la línea.

Salida	Descripción	Posición de memoria
Q1	Motor empujador 1 hacia adelante	%Q0.0
Q2	Motor empujador 1 hacia atrás	%Q0.1
Q3	Motor empujador 2 hacia adelante	%Q0.2
Q4	Motor empujador 2 hacia atrás	%Q0.3
Q5	Motor cinta transportadora de alimentación	%Q0.4
Q6	Motor cinta transportadora fresadora	%Q0.5
Q7	Motor fresadora	%Q0.6
Q8	Motor cinta transportadora taladradora	%Q0.7
Q9	Motor taladradora	%Q1.0
Q10	Motor cinta transportadora de salida	%Q1.1

**Tabla 4.2:** Asignación de las salidas del PLC con los actuadores de la línea.

### 4.2.2 Funcionamiento

La función de la línea es producir engranajes para multiplicadoras y reductoras y para ello, se necesitan de engranajes de diferentes tamaños y número de dientes. Al no contar con el sistema real no se puede cambiar las herramientas de la fresadora y la taladradora. Para solventar este problema por ahora se considerará que dependiendo del tiempo que funcione cada una de ellas, se producirá un engranaje u otro.

Engranaje	Tiempo	
	Fresadora	Taladradora
20 dientes	1.5s	1.5s
40 dientes	3s	3s
60 dientes	4.5s	4.5s
80 dientes	6s	6s

**Tabla 4.3:** Tiempo en cada máquina de mecanizado dependiendo del engranaje.

Al tratarse de una producción a gran escala se usaran recetas para planificar grandes ciclos de producción de cada una de las piezas. Por tanto, para poder empezar la producción se debe seleccionar el tipo de engranaje y la cantidad que se desea producir. Una vez se termina con un ciclo de producción el operario deberá configurar el siguiente.

Cuando el operario haya seleccionado el ciclo de producción correspondiente, el proceso de mecanizado ya puede comenzar. La primera vez que se ejecuta el sistema comprobará si todos los elementos se encuentran en el estado inicial. En caso contrario actuará sobre ellos llevándolos a su estado inicial para poder empezar el ciclo.

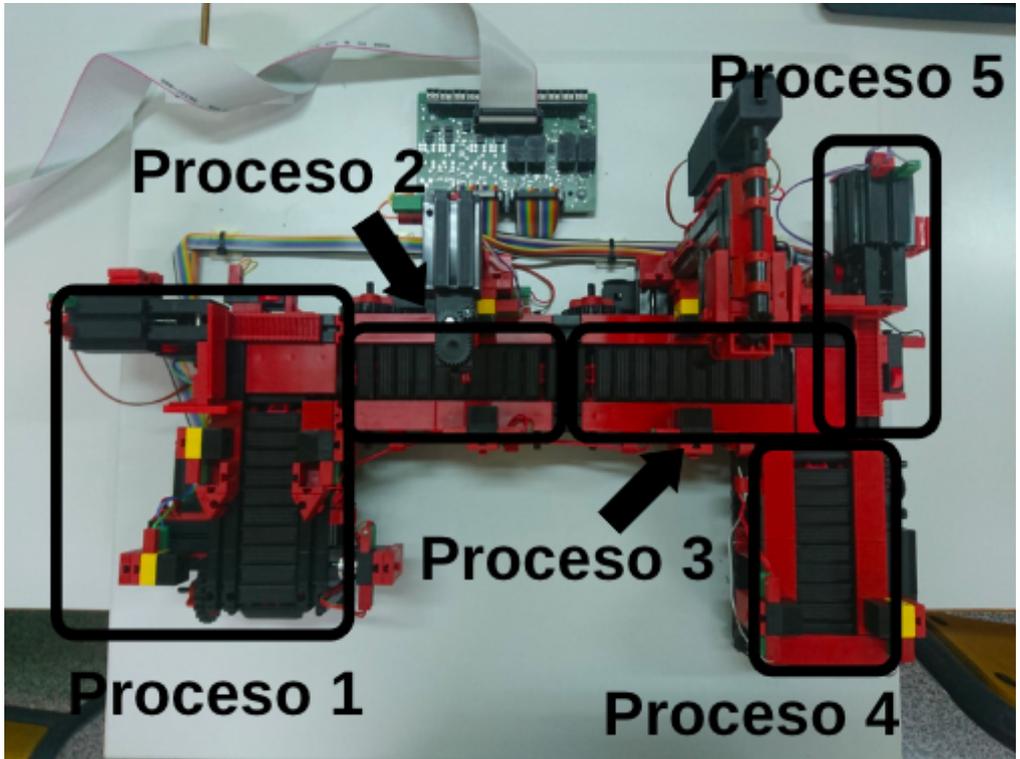
Una posible situación donde se dé este problema es con los empujadores, los cuales deberían estar tocando su final de carrera trasero correspondiente al comienzo del proceso. Pero por diversas razones quizás no sé encuentren en dicha posición, por tanto, se deben mover hacia atrás hasta activar el sensor.

Además se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

1. La línea solo puede trabajar con hasta dos piezas a la vez.
2. Si ya hay un engranaje en la línea de entrada y se coloca otro en el sensor de entrada (I7), la cinta se ha de parar hasta que este sea retirado por el operario.
3. Si hay un engranaje entre el empujador 1 y la taladradora y otro llega al empujador 1, este no deberá empujarlo hasta que la primera no se encuentre en la taladradora.
4. En caso de haber un engranaje en el sensor de salida, la siguiente deberá esperar en la taladradora (o empujador 2) hasta que retiren la primera de la salida.

Los anteriores puntos consiguen que el sistema sea fluido y evita posibles errores que se podrían dar a la hora de la producción. Esto haría que el sistema no fuera eficiente y significaría que hemos realizado mal la automatización del proceso.

Además con el fin de dotar al proceso de una mayor robustez y simplificar la programación se ha decidido separar el proyecto en diversos subprocessos.



**Figura 4.3:** Subprocesos en los que se ha dividido el proyecto

Para ello, se cuenta con un conjunto de GRAFCETs jerarquizados que interactúan entre ellos. Entre los que se encuentran los siguientes:

- **GRAFCET manual/automático.**
- **Los GRAFCETs del proceso.** Son los encargados de controlar el funcionamiento normal del sistema, cada uno de ellos controla uno de los subprocessos antes mencionados, y se encuentra ligados entre ellos, es decir, un GRAFCET es el encargado de activar el siguiente.
- **GRAFCET de la parada de emergencia (seta).**
- **GRAFCET de alarmas.**

- GRAFCET de contador.
- GRAFCET de las salidas manuales.

### 4.3 Manual/Automático

Para este proyecto se ha decidido hacer un modo manual y otro automático. Este segundo será el encargado del funcionamiento normal de la línea donde el operario deberá introducir unos cuantos parámetros para que la máquina produzca. Pero además se ha añadido un modo manual con el fin de ayudar al personal de mantenimiento, ya que en caso de que surja cualquier problema con la línea será más fácil de detectar y de verificar el correcto funcionamiento de todas las partes por separado.

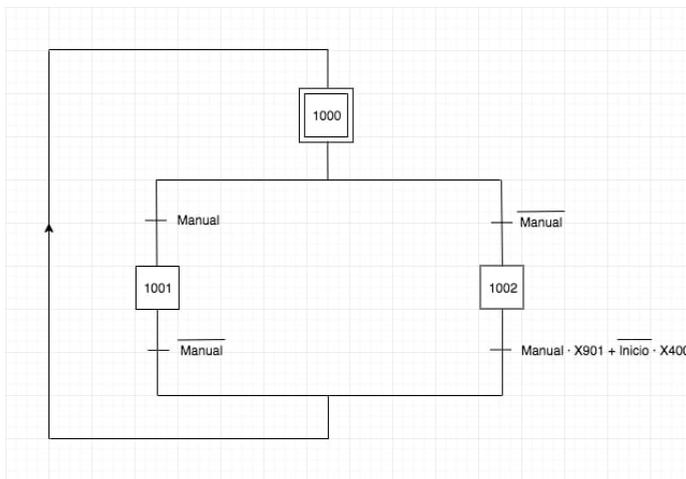


Figura 4.4: GRAFCET Manual/Automático

Para ello se ha creado un GRAFCET donde se pueda llegar a uno de los modos según se quiera.

- **Ir a modo manual.** Para ello se ha de activar la variable "manual". Posteriormente en otros GRAFCETs se usará la condición de que esta etapa se encuentre activa con el fin de actuar sobre la línea de forma manual. Para salir de ella se deberá pulsar un botón presente en el HMI que será el encargado de cambiar al modo automático.

- **Ir a modo automático.** Para activar esta etapa la variable "manual" ha de estar desactivada. Al igual que con el modo manual la activación de esta etapa será la encargada de hacer que funcione de forma automática la línea. Para salir de ella es un poco más complejo, pues por seguridad solamente se podrá salir en caso de alarma o cuando el sistema se encuentre en reposo y no haya ninguna pieza en él.

Ahora se van a ver los diferentes GRAFCETs que hacen posible ambos funcionamientos. Se va a comenzar explicando el funcionamiento normal o automático del sistema y posteriormente la parte relacionada con el modo manual.

## 4.4 Funcionamiento normal

El funcionamiento normal del sistema como se explica anteriormente (**véase apartado 4.2**) consiste en la producción en ciclos de los diferentes tipos de engranajes que se fabrican. Para ello, lo primero que se ha de conocer es el tipo y el número de engranajes a producir en ese ciclo.

Para conseguirlo se condiciona en el OBMain, el cual es un bloque organizativo cíclico que se repite cada 100ms. En él solamente se ejecutan las diferentes funciones de producción si la variable *elección*, que es de tipo int, tiene un valor comprendido entre el 1 y el 5. Cada uno de estos valores corresponde con la producción de un tipo diferente.

Una vez elegido el tipo y el número de repeticiones continuará hasta finalizar el ciclo programado. Para evitar posibles errores como pueden ser el cambio de las variables durante la realización del ciclo, estas serán bloqueadas para el operario. En caso de que el operario se haya equivocado en alguno de los parámetros deberá parar la producción y reiniciar el proceso.

Ahora vamos a ver uno por uno los diferentes GRAFCETs de los procesos de producción.

### 4.4.1 GRAFCET Principal

Este primer GRAFCET es el encargado de verificar que el sistema se encuentra en estado inicial y empezar el ciclo normal de producción. En caso de no ser así llevará todos los actuadores a su estado inicial.

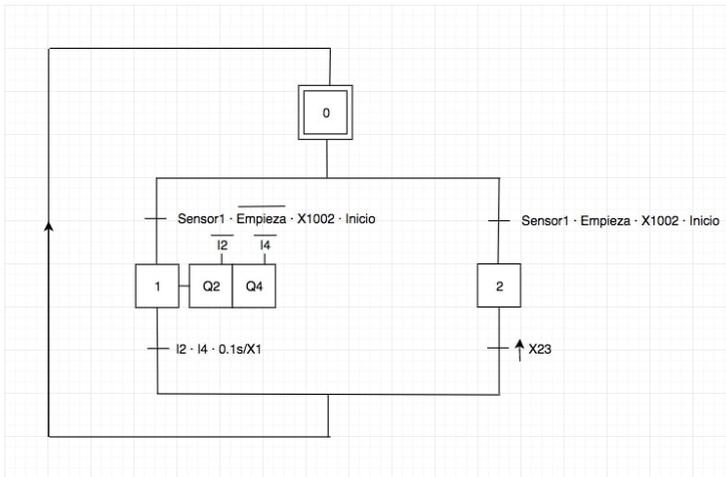


Figura 4.5: GRAFCET Principal

Como se observa en la imagen anterior estando en el estado X0 se dispone de dos opciones:

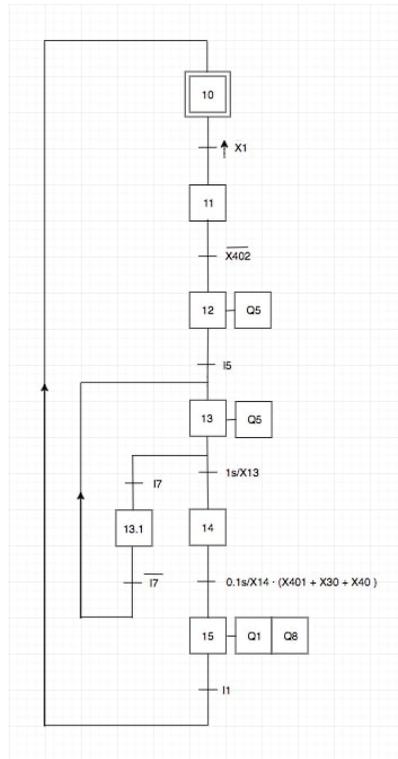
- **Ir a X1.** Este estado es el encargado de la verificación inicial del sistema y, por tanto, solamente entrará la primera vez que se ejecute o cuando se haga un *Reset* . Para ello, hace falta que se cumplan ciertas condiciones:
  - Inicio: Es la variable encargada de empezar la producción, si se encuentra desactivada aunque se ponga una pieza en el sensor I7 el proceso no comienza.
  - Modo automático(X1002): También ha de estar seleccionado el modo automático.
  - Sensor I7: Esto supone que ha de haber una pieza colocada en el sensor de la cinta de entrada.
  - Empieza: Esta variable es realmente la encargada de hacer que vaya a un estado u otro (X1 o X2). En un principio esta variable se encuentra activa, pero una vez se ejecuta el estado X1, desactiva esta variable con su flanco de bajada. Solo se vuelve activar al hacer *Reset*.

Como se ha comentado en la función de este estado es dejar listo el sistema, por ello, en caso de ser necesario las salidas Q2 y Q4 (tiran hacia atrás los

empujadores 1 y 2 respectivamente) se activan mientras I2 e I4 (finales de carrera traseros de los empujadores 1 y 2 respectivamente) no estén activos.

- **Ir a X2.** Este estado es por el que pasará todo el rato en el funcionamiento normal del sistema una vez haya pasado por X1 al iniciarse. Cuenta con las mismas condiciones que la transición a X1 con la única diferencia que la variable *empieza* se encuentra negada.
- **Volver a X0.** Desde cualquiera de los dos estados anteriores hay que volver a pasar por la etapa X0 que según las condiciones activará una u otra etapa.
  - Desde X1. En este caso la condición que se tiene que dar es que tanto I2 como I4 se encuentren activos, es decir, que los empujadores se encuentren en su posición inicial.
  - Desde X2. En este caso volverá a X0 cada vez que la siguiente pieza se encuentre al menos en la fresadora. Esto lo que hace es impedir que pueda haber dos piezas muy seguidas en la cinta, pues daría problemas si dos piezas se encuentran en estados distintos del GRAFCET, pues solo puede estar una etapa activa a la vez (salvo excepciones de divergencias).

#### 4.4.2 GRAFCET Cinta de entrada



**Figura 4.6:** GRAFCET Cinta de entrada

Como se ha explicado anteriormente se ha tomado la decisión de organizar la solución en diversos GRAFCETs jerarquizados. En este apartado se llevará a cabo la explicación del GRAFCET correspondiente a la cinta de entrada y el avance del empujador 1. Se podría haber separado en dos, pero a la hora del diseño no se considero oportuno tener que fragmentar más la solución.

Debido a todo lo anterior, este GRAFCET también cuenta con una etapa inicial que se activa en el arranque del sistema y se mantiene a la espera de que se cumpla la condición que lo lleve a la siguiente etapa.

- **Ir a X11.** Esta etapa se activa en el momento que se activa la etapa X1, es decir, en el momento que se pone una pieza en el sensor I7 y la línea esta

preparada para producir. Se trata de una etapa de espera donde el sistema se mantiene en reposo.

- **Ir a X12.** Esta etapa se activa cuando X402 (etapa del contador cuando hay dos piezas) se encuentra desactiva, es decir, si ya esta llena la línea (hay 2 piezas en el sistema) se espera hasta que se retire una de ellas y si hay menos de dos piezas mecanizándose esta puede comenzar el proceso. En esta etapa se activa la salida Q5 que es la encargada de mover la cinta de entrada.
- **Ir a X13.** Debido al uso de un temporizador *TONR* para salir de esta etapa, se abren dos posibles formas de llegar hasta aquí:
  - Desde X12. Cuando el engranaje llega al sensor I5 se pasa a esta nueva etapa donde la cinta sigue activa salvo que se coloque otra pieza en el sensor del principio de la cinta.
  - Desde X13.1 Simplemente al quitar el objeto que esta activando el sensor inicial se vuelve a esta etapa.
- **Ir a X14.** La condición para activar esta etapa es un temporizador con memoria *TONR*, la particularidad de este temporizador es que una vez se deshabilita la entrada, el tiempo se queda guardado y cuando se vuelva activar continuará donde se había quedado. Una vez finaliza dicho tiempo se activa esta etapa.
- **Ir a X13.1.** Esta etapa se activa si estando en la etapa X13 se activa el sensor inicial (I7), lo que hace que el temporizador *TONR* se detenga, pues solamente suma tiempo mientras esta activa la etapa X13.
- **Ir a X15.** Una vez llegados a este punto donde la pieza se encuentra en el empujador 1, hay que verificar que no hay ninguna otra pieza en el tramo del empujador 1 y la taladradora, pues de no ser así se pueden mezclar los GRAFCETs y producir errores. Ello se ve reflejado en la condición de activación donde es necesario que los GRAFCETs pertenecientes a ese tramo tengan activas sus etapas iniciales para poder continuar, pues eso significaría que no hay ninguna pieza en esa parte del proceso. Pero esto solo funcionaría en caso de que ya hubiera una pieza en el sistema. Por ello, se ha introducido también que si solo hay una pieza dentro pase automáticamente a la siguiente etapa. Esta etapa activa el empujador 1 y la cinta de la fresadora mientras no este activo I1.
- **Volver a X10.** Puesto que se trata de un proceso cíclico se debe volver a llevar el GRAFCET a su etapa inicial con el fin de poder seguir transportando piezas, esto se consigue en el momento que el empujador 1 presiona el final de carrera I1.

### 4.4.3 GRAFCET Fresadora

En este GRAFCET se incluye el proceso de mecanizado de la fresadora conjuntamente con la vuelta del empujador 1. Para ello, va a hacer falta recurrir al uso de una divergencia en Y para poder realizar dos acciones simultáneamente que va a permitir activar la etapa X21 y X21.1 a la vez.

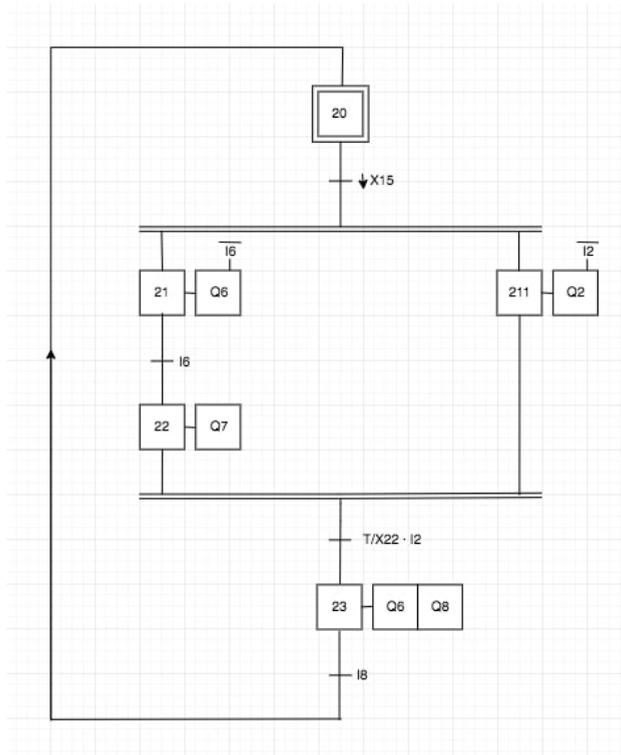


Figura 4.7: GRAFCET Cinta de la fresadora

- **Ir a X21.** Al igual que en los GRAFCET anteriores la primera etapa del actual se activa con la activación o desactivación de la última etapa del GRAFCET anterior. En este caso, se trata de la desactivación de la etapa X15. En esta etapa se activa la salida Q6 que es la encargada de mover la cinta de la fresadora.
- **Ir a X22.** Al llegar la pieza al sensor I6 la cinta se para y se activa la salida Q7 que es la encargada de activar la fresadora.

- **Ir a X21.1.** Se ejecuta en paralelo con la etapa X21 y al igual que esta se activa con la desactivación de la etapa X15. La función de esta etapa es devolver al empujador 1 a su posición inicial, por tanto, se activa Q2 solamente mientras I2 este desactivado.
- **Ir a X23.** Para llegar a esta etapa se ha de cumplir que tanto la etapa X21.1 como la X22 estén activas. Además también es necesario que el empujador 1 haya llegado a su estado inicial (I2 activo) y la fresadora haya acabado con su trabajo. Una vez se cumple todo lo anterior se activan tanto la cinta de la fresadora como la de la taladradora.
- **Volver a X20.** Por último cuando la pieza llega al sensor I8 el GRAFCET llega a su etapa inicial.

#### 4.4.4 GRAFCET taladradora

En este apartado se explicará el proceso correspondiente a la taladradora. En él solo se contempla el mecanizado de la pieza en la taladradora y lleva la pieza ya acabada al empujador 2.

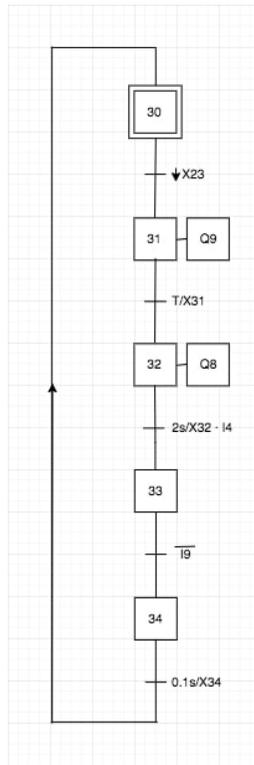


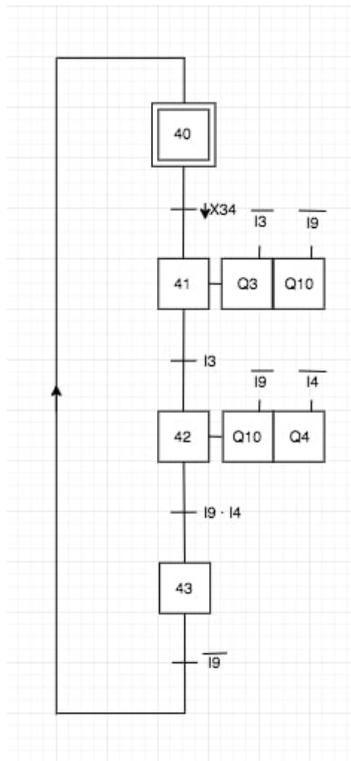
Figura 4.8: GRAFCET Cinta de la taladradora

- **Ir a X31.** Se activa con la desactivación de la etapa X23 que es la encargada de llevar la pieza hasta el sensor I8 que es donde se encuentra la taladradora. Por tanto, esta etapa activa la salida Q9 que es la que mueve la taladradora para acabar la pieza.
- **Ir a X32.** Después del tiempo necesario para hacer los diferentes agujeros necesarios con la taladradora se activa esta etapa que vuelve a activar la cinta para llevar el engranaje acabado al empujador 2.
- **Ir a X33.** Una vez ha pasado un tiempo (tabla 4.3) suficiente para que la pieza se encuentre ya en el empujador, se activa esta etapa donde el GRAFCET espera hasta que se dé la condición siguiente para pasar de etapa.
- **Ir a X34.** Esta etapa verifica si hay alguna pieza en el sensor de salida (I9), ya que si es así se debe esperar hasta que sea retirada para poder continuar.

- **Volver a X30.** Una vez el sensor final esta vacío, después de un pequeño intervalo de tiempo, el GRAFCET vuelve a su estado inicial.

#### 4.4.5 GRAFCET Cinta salida

Este GRAFCET corresponde a la cinta de salida desde el empujador 2 hasta la retirada del engranaje acabado.



**Figura 4.9:** GRAFCET Cinta de salida

- **Ir a X41.** Se activa con la bajada de X34. En esta etapa se activan las salidas Q3 y Q10, es decir, el empujador 2 hacia delante y la cinta de salida respectivamente.
- **Ir a X42.** Una vez el empujador 2 llega hasta el final de carrera delantero (I3) se llega a esta nueva etapa donde la cinta de salida (Q10) sigue moviéndose.

- **Ir a X43.** Esta etapa es activada cuando la pieza finalizada llega al sensor I9 y espera hasta ser retirada.
- **Volver a X40.** Por último vuelve a su etapa inicial cuando la pieza es retirada de la línea y el contador de piezas acabadas suma uno.

#### 4.4.6 GRAFCET Empujador 2

En este caso si se ha considerado necesario separar la vuelta del empujador 2 en otro GRAFCET aparte, pues al ponerlo en el de salida con una divergencia en Y da problemas. Pero a pesar de estar separado sigue trabajando en paralelo con la cinta de salida gracias a las posibilidades que otorgan las transiciones.

Debido a todo ello se trata de un GRAFCET muy sencillo que solo cuenta con dos etapas, la inicial y la de vuelta del empujador.

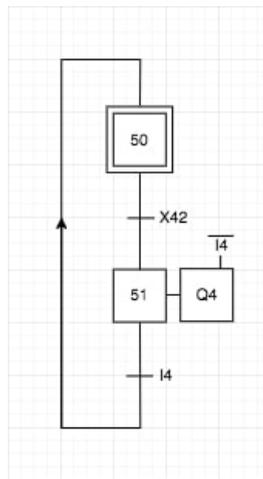


Figura 4.10: GRAFCET del empujador 2

- **Ir a X51.** Se activa una vez la pieza esta avanzado por la cinta de salida. La función de esta etapa es activar la salida Q4 que hace referencia al motor yendo hacia atrás del empujador 2.
- **Volver a X50.** Una vez el empujador 2 llega hasta a su final de carrera posterior (I4) vuelve a su etapa inicial.

#### 4.4.7 GRAFCET Contador

Aunque no forme parte como tal del funcionamiento en si de la línea proporciona una información necesaria para conseguirlo. La función de este GRAFCET es contar el número de piezas que hay dentro de la línea, lo cual es muy útil por diversos motivos:

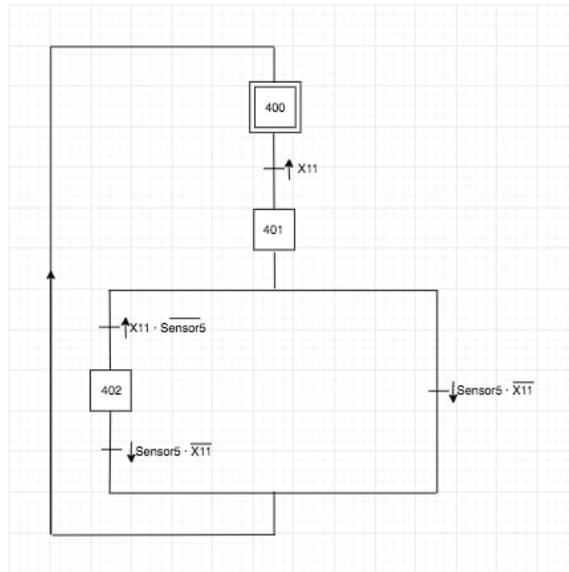


Figura 4.11: GRAFCET Contador

- Permite saber cuando solo hay una pieza en funcionamiento y, por tanto, las transiciones no pueden estar condicionadas a estados posteriores. Como se da en el caso del empujador 1 que espera hasta que la siguiente pieza haya llegado a la taladradora.
- Permite controlar el número de piezas que hay a la vez en la línea. Gracias a esto se puede hacer que al poner una tercera pieza en el sensor inicial esta no avance, ya que el cliente exigía tal requerimiento.

Su funcionamiento es igual al de un contador normal, pero al estar montado en forma de GRAFCET le proporciona una mayor robustez y debido a que solo ha de contar hasta dos piezas es fácilmente implementable de esta forma.

A pesar de contar con varias etapas el funcionamiento es muy simple. Ir a una etapa inferior supone que se aumenta en una unidad el número de piezas dentro

de la línea, mientras que volver a una etapa superior significa que hay que reducir el número de piezas en la línea en una unidad.

- **Aumentar una pieza.** Para ello la condición que se ha de dar es que se active la etapa X11, se ha escogido este estado y no uno anterior, por el simple hecho de que verifica el número de piezas antes de activar la línea y así no sumar una pieza cada vez que se ponga una pieza en el sensor. Además de darse esa condición es necesario que el sensor final (I9) no se desactive, es decir, que no retiren una pieza ya acabada, mientras se activa la etapa X11. Pues en tal caso quedaría el mismo número de piezas en la línea.
- **Disminuir una pieza.** En este caso pasa al contrario que en el anterior. Se necesita que el sensor final (I9) se desactive, se retire una pieza acabada y a su vez no haya otra entrando en la etapa X11. Pues en tal caso seguirían quedando el mismo número de piezas en el proceso.

#### 4.4.8 GRAFCET Alarmas

Este GRAFCET es el encargado de detectar los diversos problemas que se pueden dar en el sistema, así como si una pieza no llega al siguiente sensor o hay algún problema con los empujadores.

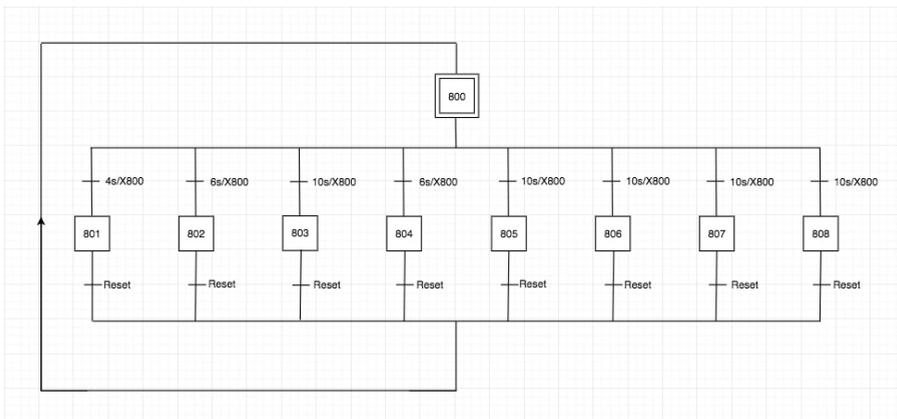


Figura 4.12: GRAFCET Alarmas

Para este caso se han considerado necesarias 8 alarmas distintas, las 4 primeras corresponden a alarmas relacionadas con los fototransistores mientras que las 4 últimas están relacionadas con los empujadores:

- **Alarma 1.** La primera alarma se activará en caso de que una pieza que inicia el ciclo en el sensor inicial no ha llegado al sensor I5 después de transcurrir un cierto tiempo (tabla 4.3). La causa más probable de que se active esta alarma es una caída del engranaje o que la cinta de entrada falle. Otro caso más improbable pero que hay que tener en cuenta es que el fallo lo este dando el sensor.
- **Alarma 2.** Esta alarma se activa si la pieza una vez salida del empujador 1 no llega al sensor de la fresadora en un cierto plazo de tiempo. Al igual que para la primera alarma se puede deber a un fallo con la cinta o una caída del producto.
- **Alarma 3.** En este caso la alarma corresponde con el sensor de la taladradora y funciona igual que los anteriores. En este caso además de los fallos ya comentados, se introduce otro problema que podría activar la alarma que es la posibilidad que la pieza se quede atascada en la unión de las cintas de la fresadora y la de la taladradora.
- **Alarma 4.** Esta cuarta alarma corresponde a la última relacionada con los fototransistores, por ello, en este caso el problema es que la pieza no llegue al sensor final. Y al igual que en resto de las anteriores alarmas los problemas que se pueden dar para activarse la alarma son los mismos.
- **Alarma 5.** Esta alarma se activará si después de un cierto tiempo el empujador 1 no ha llegado a tocar el final de carrera delantero. El principal problema en este caso es que el empujador este fallando, aunque también podría darse un fallo con el final de carrera.
- **Alarma 6.** Esta alarma es la correspondiente al retorno del empujador 1, funciona igual que la anterior si en un cierto tiempo el empujador 1 no ha llegado al final de carrera anterior se activará esta alarma.
- **Alarma 7.** Es igual que la alarma 5 pero correspondiente al empujador 2.
- **Alarma 8.** Es igual que la alarma 6 pero correspondiente al empujador 2.

#### 4.4.9 GRAFCET Seta

Este GRAFCET es el encargado de las paradas de emergencia y de gestionar las diferentes formas de salir de dicha emergencia, ya sea continuando con la producción de forma normal (rearme) o teniendo que vaciar la línea y volver a comenzar desde el sensor de entrada (reset).

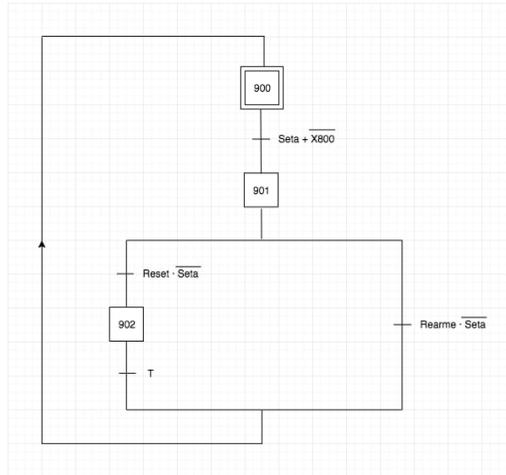


Figura 4.13: GRAFCET Seta

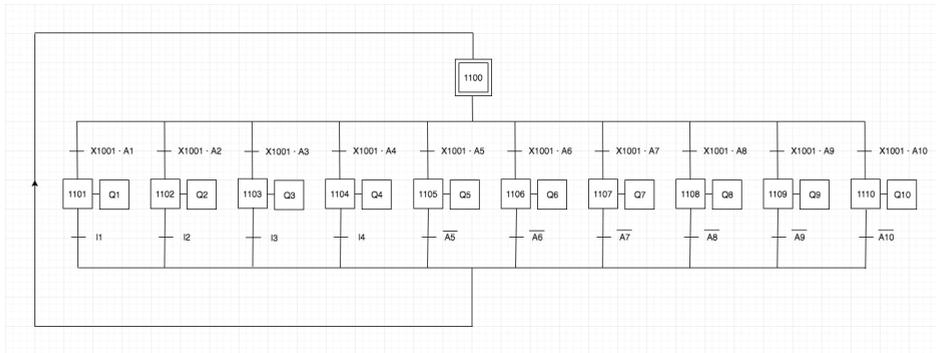
- **Ir a X901.** Para que se active esta etapa es necesario que se encuentra activa la seta de emergencia, la cual esta controlada por un botón físico que ha de activar el operario, o que cualquiera de las alarmas programadas estén activadas. En ambos casos se parará completamente la línea. Para salir de esta etapa existen dos posibilidades: rearmar el sistema o resetearlo.
- **Ir a X902.** Esta etapa se activará en caso de pulsar el botón de reset. Con ello haremos que todos los GRAFCETs vuelvan a su etapa inicial y se tenga que volver a introducir una pieza de nuevo en el sensor de inicio.
- **Volver a X900.** Existen dos formas diferentes para volver al estado inicial de este GRAFCET:
  - Desde X901. Estando en el estado de parada de emergencia se puede volver directamente al estado inicial pulsando el botón de rearme que hará que continúe la producción desde donde se ha quedado.
  - Desde X902. En el caso que se quiera volver desde el estado de reset solamente se ha de esperar un pequeño tiempo que es el que necesita el sistema para reiniciar todos los GRAFCETs.

## 4.5 Funcionamiento manual

En este tipo de proyectos se hace necesario contar con un modo manual donde se pueda verificar el correcto funcionamiento del sistema. Para ello se cuenta con una opción de activar las salidas de forma manual con el fin de verificar el correcto funcionamiento de todas ellas.

### 4.5.1 GRAFCET Salidas manuales

Para acceder a este GRAFCET se necesita que este activado el modo manual. Una vez se encuentre ya activo solamente pulsando una serie de botones que se encuentran en el HMI se podrán forzar las distintas salidas de las que dispone la línea.



**Figura 4.14:** GRAFCET Salidas manuales

- **Q1.** A través del botón A1 se activa el empujador 1 hacia delante, se desactivará cuando llegue al final de carrera delantero (I1).
- **Q2.** A través del botón A2 se activa el empujador 1 hacia atrás, se desactivará cuando llegue al final de carrera trasero (I2).
- **Q3.** A través del botón A3 se activa el empujador 2 hacia delante, se desactivará cuando llegue al final de carrera delantero (I3).
- **Q4.** A través del botón A4 se activa el empujador 2 hacia atrás, se desactivará cuando llegue al final de carrera trasero (I4).
- **Q5.** A través del botón A5 se activa la cinta de entrada, se desactivará pulsando de nuevo el mismo botón.

- **Q6.** A través del botón A6 se activa la cinta de la fresadora, se desactivará pulsando de nuevo el mismo botón.
- **Q7.** A través del botón A7 se activa la fresadora, se desactivará pulsando de nuevo el mismo botón.
- **Q8.** A través del botón A8 se activa la cinta de la taladradora, se desactivará pulsando de nuevo el mismo botón.
- **Q9.** A través del botón A9 se activa la taladradora, se desactivará pulsando de nuevo el mismo botón.
- **Q10.** A través del botón A10 se activa la cinta de salida, se desactivará pulsando de nuevo el mismo botón.

## 4.6 Implementación del automatismo en el autómatas Siemens S7-1200

En este apartado vamos a ver como se ha pasado de los GRAFCETs expuestos anteriormente al código introducido en el PLC, además de como ha sido estructurado el proyecto.

### 4.6.1 Paso de GRAFCET a ecuaciones

Para poder implementar todo lo comentado en los apartados anteriores se ha de pasar los GRAFCETs realizados a un lenguaje de programación compatible con el PLC para que lo pueda ejecutar. En este caso, la programación del PLC ha sido a través de SCL, es decir, de texto estructurado y para ello, se necesita pasar los GRAFCETs a ecuaciones lógicas.

Para ello, lo primero que se debe saber son las partes que componen la ecuación de cada etapa:

- **Etapa de activación** La primera parte de la ecuación es la encargada de activar la etapa actual, en ella aparecen sumadas todas las etapas desde las que se puede llegar a esta y multiplicadas cada una a su vez por la transición que ha de darse en cada caso.
- **Etapa de desactivación** Esta segunda parte de la ecuación es la encargada de desactivar la etapa actual, en ella aparece la etapa actual multiplicada por las etapas de activación de las etapas posteriores negadas. Así en caso de darse una transición que active otra etapa posterior, esta se desactivará.

Para que se entienda mejor vamos a ejemplificarlo usando para ello el GRAFCET manual/automático.

La etapa inicial de este GRAFCET puede ser activada de diversas maneras:

- Con la condición inicial (Ci)
- Desde la etapa de modo manual si se desactiva la variable manual.
- Desde la etapa de modo automático si se encuentra activa la variable manual y la etapa X901 (Estado de seta encendida) o si la variable inicio se encuentra desactivada y la etapa X400 (No hay piezas en la línea) se encuentra activa.

Así la parte de la ecuación perteneciente a la etapa de activación quedaría de la siguiente manera:

$$X1000 = Ci \text{ OR } X1001 \text{ AND NOT MANUAL OR } X1002 \text{ AND (MANUAL AND X901 OR NOT INICIO AND X400)} + \dots$$

Esta parte también se puede nombrar por separado como S1000 e introducirla luego así en la ecuación principal que es como se ha hecho en este caso.

Igual que para la activación de la etapa, en este caso también hay diversas maneras de desactivarla:

- Yendo al modo manual
- Yendo al modo automático

Y así es como quedaría la ecuación completa una vez se añade la segunda parte de la ecuación:

$$X1000 = S1000 \text{ OR } X1000 \text{ AND NOT S1001 AND NOT S1002}$$

## 4.6.2 Estructuración del proyecto en TIA Portal

Una buena estructuración es una parte fundamental del proyecto, ya que tener el código ordenado ayuda a evitar cometer errores al tener diversos bloques con funciones muy concretas para cada uno de ellos y en caso de cometerlos simplifica la búsqueda de estos. Como se puede observar en la imagen siguiente el proyecto cuenta con una gran cantidad de bloques distintos.

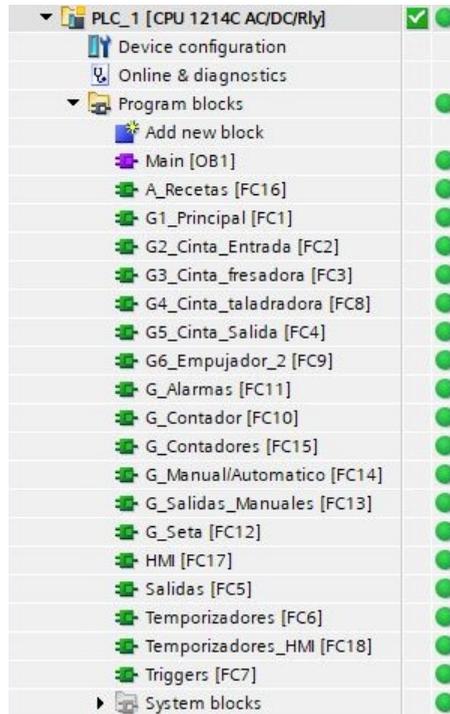


Figura 4.15: Estructura del programa

Aunque la gran mayoría simplemente corresponden con las ecuaciones de los GRAFCETs explicados anteriormente hay otros bloques que son igualmente importantes para el funcionamiento del sistema y que se van a explicar a continuación.

El primer bloque con el que nos encontramos es el bloque main, el cual es una de los más importantes del proyecto. Se trata de un bloque cíclico que se ejecuta cada 100ms , este bloque es el encargado de ejecutar todo los bloques organizativos que contiene.

```

1  "Sensor1" := NOT "I7";
2  "Sensor2" := NOT "I5";
3  "Sensor3" := NOT "I6";
4  "Sensor4" := NOT "I8";
5  "Sensor5" := NOT "I9";
6
7  IF "Ci" THEN
8      "A_Recetas"();
9      "Cont" := 0;
10     "Manual" := FALSE;
11     "INICIO" := FALSE;
12 END_IF;
13
14 "HMI"();
15
16 "Temporizadores_HMI"();
17
18 "G_Manual/Automático"();
19
20 IF "Receta" = TRUE THEN
21     "A_Recetas"();
22     "Reset_conts" := FALSE;
23 END_IF;
24
25 IF "Cont_Ciclo_Fin" = "Ciclo" THEN
26     "Fin_Ciclo" := FALSE;
27     "Receta" := FALSE;
28 END_IF;
29
30 "G_Contadores"();
31
32 "Salidas"();
33
34 "G_Seta"();

```

**Figura 4.16:** Main

En primer lugar se crean unas variables para los sensores que sean igual a las entradas físicas de estos, ya que dichos sensores funcionan con lógica inversa. Una vez hecho este cambio ya se puede trabajar con las nuevas variables como si los sensores funcionaran de forma normal.

Además a través de la condición inicial se aprovecha para inicializar unas ciertas variables.

Posteriormente viene la ejecución de los bloques. El primero de ellos es el HMI y sus temporizadores, pues al final la persona que controla el sistema se va a comunicar con este a través del HMI. Por tanto, de este se obtendrá información necesaria para el resto de bloques.

Como por ejemplo para el siguiente bloque que es el de Manual/Automático, ya que necesita conocer el valor de la variable manual que se le dará desde el HMI. Este bloque a su vez es necesario que este al principio, pues es necesario conocer el

modo de funcionamiento para en función de un modo u otro activar el GRAFCET que corresponda.

Luego se encuentra el bloque de salidas manuales mediante el cual se podrá activar los diferentes actuadores del sistema, siempre y cuando se encuentre en el modo manual.

El siguiente es un condicional que comprueba si el valor booleana receta es verdadero, en caso de ser cierto quiere decir que el operario ha cargado una nueva receta para producir y, por tanto, se ejecutará Recetas el cual es otro bloque cíclico que ejecutará los bloques que componen el funcionamiento automático del sistema y que explicaremos a continuación.

También encontramos otra condición que comprueba si el número de piezas totales a fabricar y las piezas fabricadas son iguales. En tal caso se ponen a falso la variable Receta" que es la encargada de activar el bloque cíclico que ejecuta los diferentes bloques del modo automático y la variable "Fin Ciclo" que se activa cuando se ha completado un ciclo de producción y se ha de desactivar con el fin de poder seguir fabricando al introducir el siguiente ciclo de producción.

Y por último después de haber comprobado el resto del programa escribe las salidas que se han de activar para mandárselas al PLC. Además del bloque de la seta que determina si alguien ha pulsado la seta de emergencia o se ha activado alguna alarma y por ende haya que parar el proceso hasta que se haya subsanado el error.

```
1 IF "Cont_Ciclo_Fin" <= "Ciclo" THEN
2
3     "Temporizadores"();
4
5     "Triggers"();
6
7     "G1_Principal"();
8
9     "G2_Cinta_Entrada"();
10
11     "G3_Cinta_fresadora"();
12
13     "G4_Cinta_taladradora"();
14
15     "G5_Cinta_Empujador2"();
16
17     "G6_Empujador_2"();
18
19     "G_Contador"();
20
21     "G_Alarmas"();
22
23 END_IF;
24
```

**Figura 4.17:** Recetas

En el bloque cíclico de Recetas como ya he comentado antes se ejecutarán el resto de bloques, es decir, los pertenecientes al modo de funcionamiento automático. Pero con la condición de que el número de piezas fabricadas sea menor al número de piezas a producir en ese ciclo.

Además con el fin de tener el proyecto estructurado se han creado diversos bloques secundarios como el de temporizadores, triggers o contadores donde se declaran los diferentes elementos que se necesitarán para el correcto funcionamiento de los GRAFCETs y, por tanto, del sistema.

Por último también se cuenta con dos bloques para las diferentes variables del HMI, casi todas ellas corresponden con las variables y temporizadores utilizados para la simulación del proceso en el HMI de forma gráfica.

## 4.7 HMI

La función del HMI es ejercer de interfaz entre la máquina y el usuario que la controla. Por ello, cobra especialmente importancia desarrollar una interfaz potente, la cual permita sacar todo el potencial al proyecto realizado en el PLC, pero que a su vez se adapte al nivel del usuario que le va dar uso, es decir, dar una buena experiencia de usuario.

Para ello, lo primero que se ha de hacer es listar los diferentes perfiles de usuario que van a usar el sistema. Esto contribuirá a un mejor entendimiento del sistema y será de gran ayuda a la hora de crear las pantallas y los controles que son necesarios para cada uno de ellos. En nuestro caso separaremos a los usuarios en tres perfiles:

- **Producción.** Es el encargado de organizar la producción diaria del sistema. Él decidirá cuantos piezas se fabrican de cada modelo y en que orden ha de fabricarse. Debido a su cargo no estará interesado en como se hacen las piezas o como funciona el sistema, sino en los modelos existentes en la empresa, en la planificación de la producción y en los resultados obtenidos.
- **Mantenimiento.** Es el encargado de verificar el correcto funcionamiento del sistema, ya sea por una avería que ha de arreglar o por los controles rutinarios a realizar. Por tanto, estará interesado en tener un control manual, un indicador de alarmas y diagnóstico y un contador de ciclos para saber cuando ha de pasar la siguiente revisión.
- **Operario.** Es el encargado de la fabricación de las piezas, su función es realizar el número de piezas planificado por el usuario de producción. Simplemente necesitará los controles básicos para hacer funcionar el sistema y la producción diaria.

Una vez aclarada la distribución a seguir a la hora de realizar el HMI vamos a ver las diferentes pantallas de la que se disponen en nuestro caso.

### 4.7.1 Pantalla de registro

Esta es la pantalla principal del HMI, es decir, la primera que aparece una vez se enciende el dispositivo. Se trata de una pantalla muy simple donde al pulsar sobre ella, aparece un cuadro de diálogo que permite introducir el nombre de usuario y la contraseña.

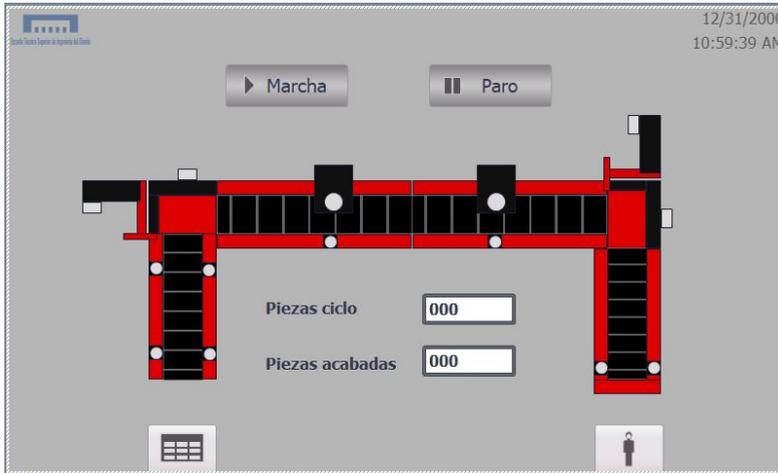
Una vez introducido los datos del usuario, será llevado a la pantalla que le pertenezca dependiendo del tipo de usuario que sea.



**Figura 4.18:** Pantalla de registro

#### 4.7.2 Operario

Cuando uno de los operarios se haya registrado desde la pantalla de inicio llegará a la pantalla que se ve a continuación:



**Figura 4.19:** Pantalla del operario vista desde el HMI

En ella lo primero que se puede observar es una simulación de la línea indexada real, la cual está programada para poder seguir la producción de la línea desde ella. Gracias a esta simulación se puede conocer que salidas y entradas se encuentran activas, donde se encuentran las piezas que se están fabricando, si se activa alguna alarma o aviso... Para ello, se han usado temporizadores que contabilizan el tiempo que tarda cada acción (para esto sirven los temporizadores del HMI explicados en el apartado anterior) y así poder hacer una simulación muy precisa en tiempo real del proceso.

Además de dicha simulación la pantalla cuenta con botones de marcha y paro. Los cuales realmente no paran la producción del sistema, para eso ya existe una seta de emergencia física que es la encargada de ello, sino que son los encargados de permitir o no que una nueva pieza sea mecanizada.

También hay dos contadores que marcan las piezas que se han de fabricar en este ciclo y las piezas que ya se han realizado en este ciclo.

Por último, destacar los dos botones situados en la parte baja de la pantalla. El primero de ellos nos lleva a una nueva pantalla donde se puede observar y cargar al PLC la producción diaria. Mientras que con el otro botón se sale del usuario registrado y te lleva a la pantalla principal.

### *Recetas operario*

Como se ha visto en el apartado anterior se puede llegar a esta desde la pantalla principal del operario. En ella el operario cargara en el PLC los datos necesarios para la fabricación del modelo asignado.

Lista produccion		A producir	
Cantidad	Tipo	Cantidad	Tipo
0000	0000	0000	0000
0000	0000		
0000	0000		
0000	0000		
0000	0000		
0000	0000		

Realizada	
Cantidad	Tipo
0000	0000

**Figura 4.20:** Pantalla de recetas para el operario

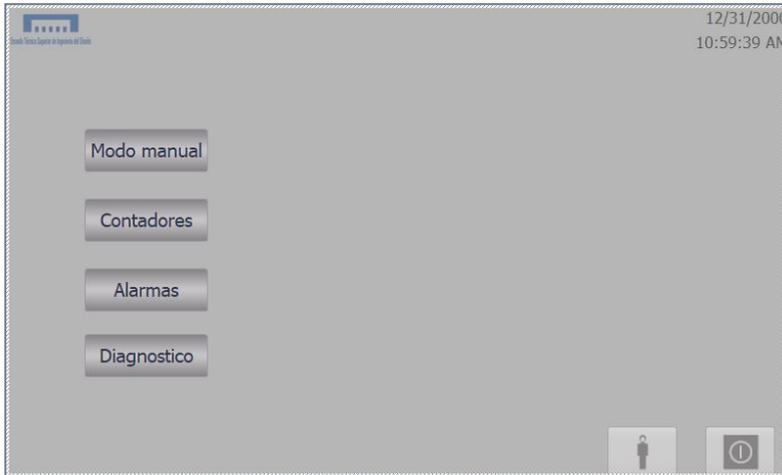
En la parte izquierda se puede observar la lista de producción diaria donde se indica la cantidad y el modelo a fabricar, además del orden a fabricarlo. Esto es una tarea del jefe de producción, por tanto, el operario no tendrá acceso a modificarlo, sino solo a consultarlo.

Con los botones situados a su izquierda el operario podrá cargar los datos correspondientes a esa fila en el PLC. El hecho de tener un botón para cargar los datos es por seguridad, para así evitar cambiar los valores en mitad de un ciclo de producción.

Por último, en el lado derecho se pueden observar datos que si son más relevantes para el operario como son el modelo y cantidad a realizar y la cantidad realizada en ese ciclo.

### 4.7.3 Mantenimiento

En el caso de que la persona que se haya registrado sea del personal de mantenimiento llegará a la siguiente pantalla:



**Figura 4.21:** Pantalla de mantenimiento vista desde el HMI

En esta pantalla aparecen las distintas opciones a las que puede acceder el personal de mantenimiento como son el modo manual, los contadores del sistema, las alarmas y el diagnostico y que ahora a continuación veremos cada una de ellas en más detalle.

Además en la esquina inferior derecha dispone de el botón para salirse del usuario y de un botón de apagado que te lleva a los ajustes básicos del HMI.

#### *Modo manual*

Esta pantalla cuenta con dos posibilidades de trabajar con ella. Como se puede observar en la imagen siguiente tenemos una representación de la línea. Para trabajar con las distintas salidas tenemos la posibilidad de pulsar encima del actuador que queremos activar (pues cuenta con botones invisibles que activan las salidas). Para las cintas deberemos volver a pulsar sobre ellas para pararlas, al igual que para la fresadora y la taladradora, mientras que para los empujadores avanzarán o retrocederán hasta llegar al sensor.

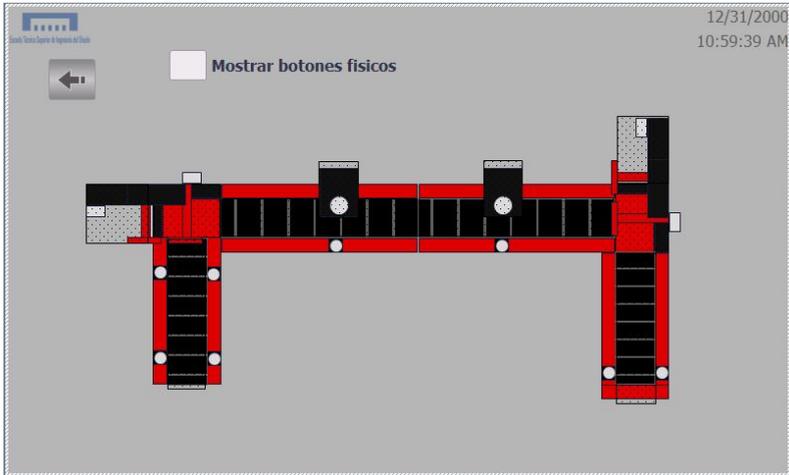


Figura 4.22: Pantalla de salidas manuales

Como ya he mencionado se dispone de otra forma de activar las salidas. Esta segunda manera es a través de unos botones que se muestran en la pantalla, como vemos a continuación, al pulsar sobre el cuadro que pone "Mostrar botones físicos". Si lo volvemos a pulsar se ocultan dichos botones.

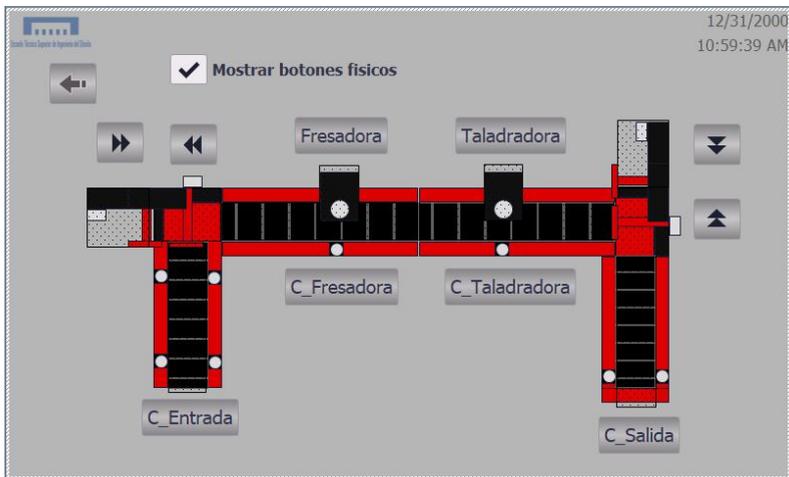


Figura 4.23: Pantalla de salidas manuales

Además para mejorar la experiencia de usuario se cuenta con un botón de ayuda que explica el funcionamiento de esta pantalla.

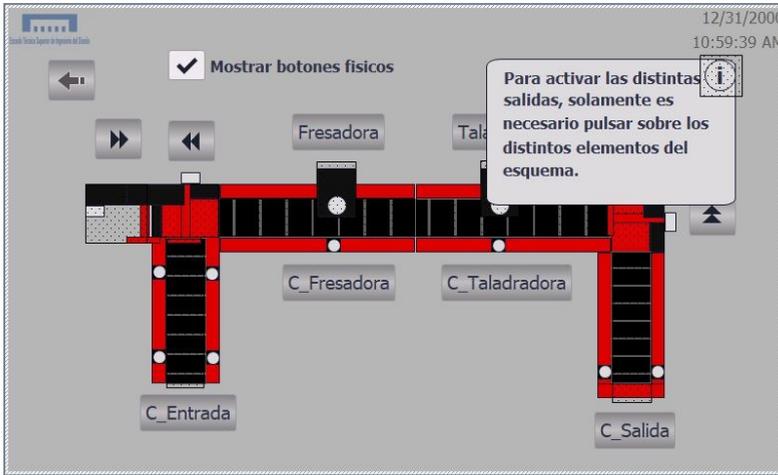


Figura 4.24: Pantalla de salidas manuales

### Contadores

En esta pantalla el personal de mantenimiento podrá consultar las piezas totales fabricadas y los ciclos realizados desde la última inspección del sistema.

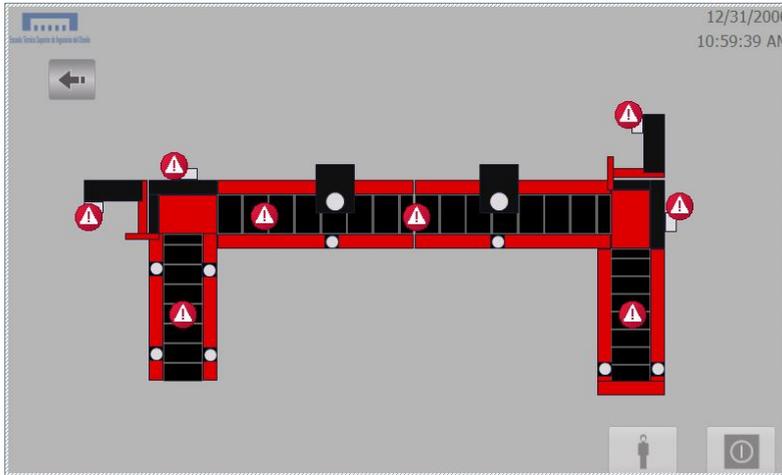


**Figura 4.25:** Pantalla de contadores

Como se puede observar se dispone de dos contadores gráficos que indican las piezas y los ciclos realizados con el fin de programar diversas inspección sobre la línea al sobrepasar un número de ciclos o piezas. Una vez se ha llevado a cabo dicha inspección el personal de mantenimiento dispone de un botón para reiniciar los contadores.

### ***Alarmas***

En esta pantalla el personal de mantenimiento dispone de un esquema gráfico del sistema donde se le indica la zona donde esta fallando la línea.

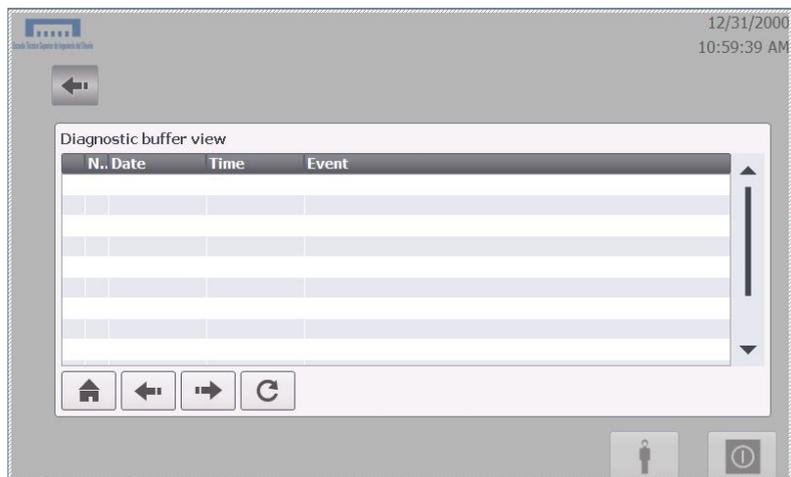


**Figura 4.26:** Pantalla de alarmas

Los distintos círculos rojos de advertencia se encuentran ocultos en el HMI, es decir, no aparecerán salvo que salte la alarma a la que se encuentran vinculados. En dicho caso se pondrán a parpadear con el fin de ayudar a localizar el problema de una forma más sencilla al personal de mantenimiento.

### *Diagnostico*

Esta pantalla es una de las que viene predeterminada en TIA Portal. En ella se podrá consultar el histórico de errores sucedidos en el sistema.



**Figura 4.27:** Pantalla de diagnostico

#### 4.7.4 Producción

Por último, si la persona registrada es uno de los jefes de producción llegará a la siguiente pantalla:



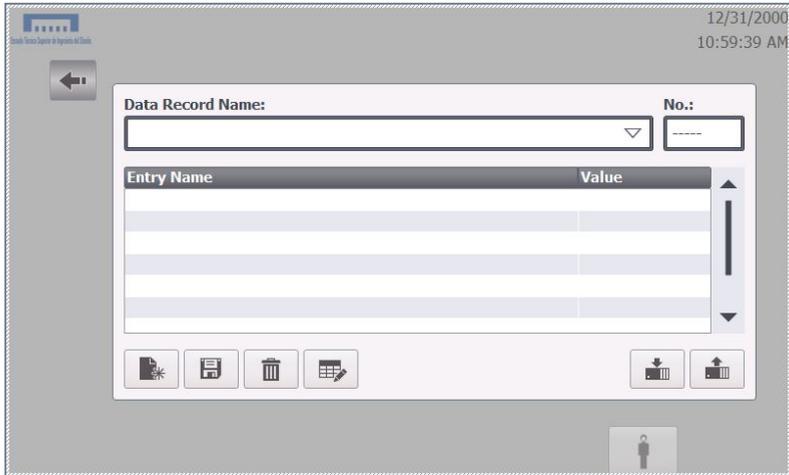
**Figura 4.28:** Pantalla de producción vista desde el HMI

En ella se pueden observar las distintas opciones de las que dispone el responsable de producción como la edición de las distintas recetas, la programación diaria de producción, los resultados obtenidos y la gestión de usuarios. A continuación se verá en más detalle las opciones que disponen los apartados mencionados.

Al igual que en el resto de usuarios dispone de un botón para salirse de su usuario a la pantalla de registro.

### ***Recetas***

Esta pantalla también es una de las que vienen predeterminadas por TIA Portal. Se trata de una tabla muy completa donde poder crear las recetas para los diferentes tipos de engranajes que se van a producir.

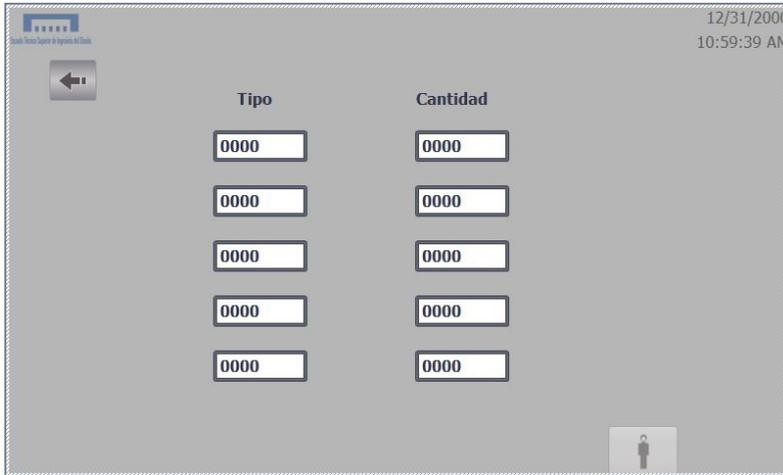


**Figura 4.29:** Pantalla de recetas de producción

Esta tabla permite crear nuevas recetas, guardarlas, modificarlas... Además de exportarlas e importarlas. Es muy sencilla de usar y muy práctica.

### *Programación*

En esta pantalla el responsable de producción puede programar la producción para el día.



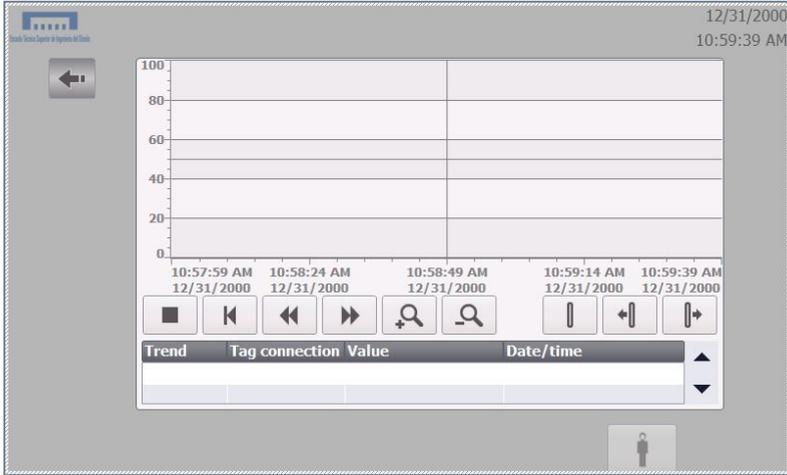
**Figura 4.30:** Pantalla de programación de la producción

Para ello cuenta con dos columnas, en la primera de ellas ha de introducir el tipo de engranaje a producir, mientras que en la segunda ha de indicar la cantidad a producir. Esto se guarda en unas variables que después se mostrarán en la pantalla de la receta del operario para que este posteriormente las pueda cargar al PLC y comenzar con la producción.

### ***Resultados***

Esta pantalla es otra de las que viene predeterminadas en TIA Portal, en ella se puede observar un gráfico de las variables que nos interese hacer un seguimiento como por ejemplo la cantidad de piezas producidas, las alarmas que han saltado...

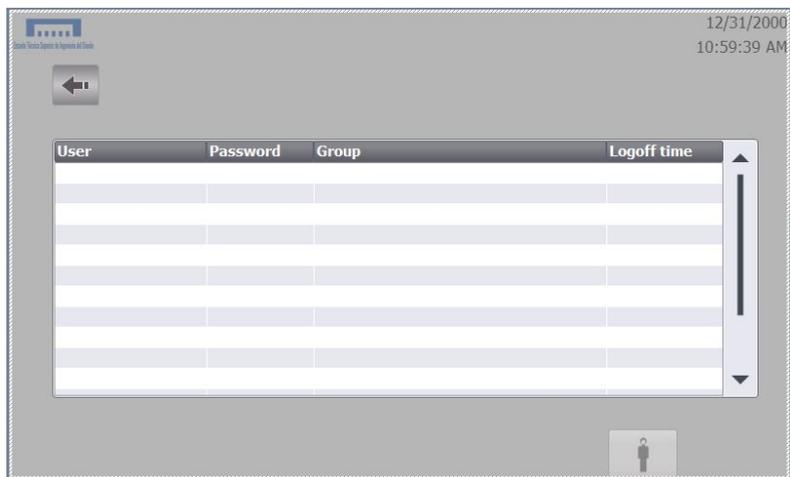
Posteriormente se pueden exportar dichos datos con el fin de hacer un análisis más exhaustivo de los datos obtenidos.



**Figura 4.31:** Pantalla de resultados de producción

### *Usuarios*

Por último, dispone de otra pantalla predeterminada por TIA Portal como es la gestión de los usuarios.



**Figura 4.32:** Pantalla de usuarios

En esta pantalla se pueden crear nuevos usuarios como cambiar el rango de los ya existentes.

# Capítulo 5

## Puesta en marcha

Para poder utilizar el sistema, primero se ha de hacer la puesta en marcha del sistema, la cual consiste en la conexión de todas las partes existentes del sistema y su inicialización.

### 5.1 Preparación de los sistemas físicos

#### 5.1.1 Autómata Siemens S7-1200

1. Conectar el enchufe del autómata a la red eléctrica, como también el cable de red *Ethernet* , el cual debe ir conectado a la red global de la planta, al ordenador y al HMI.
2. Activar el diferencial de seguridad del autómata para ponerlo en funcionamiento.
3. Conectar el autómata a la maqueta de *FischerTechnik* o sistema real, en cuyo caso, sería mediante conectores industriales. Además de asegurarnos de que las características de los sensores, actuadores y elementos físicos coinciden con los utilizados en las maquetas.

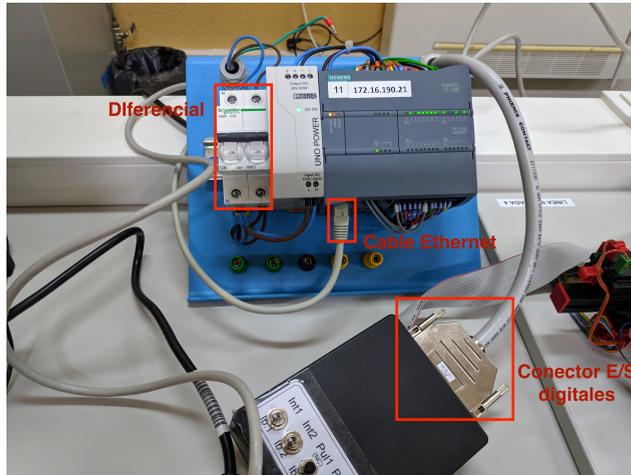
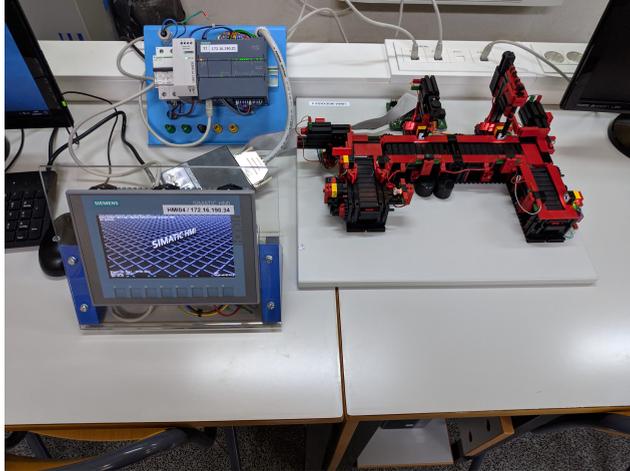


Figura 5.1: Componentes del PLC

### 5.1.2 HMI

1. Conectar el cable de *Ethernet*, el cual debe ir conectado a la misma red que la planta, el ordenador y el autómata.

### 5.1.3 Maqueta *FischerTechnik*



**Figura 5.2:** Conjunto montado

1. Conectarla con el autómata.

## 5.2 Preparación y ejecución del sistema de control con *TIA Portal*

1. Abrir el programa donde se ha realizado el proyecto en TIA Portal.

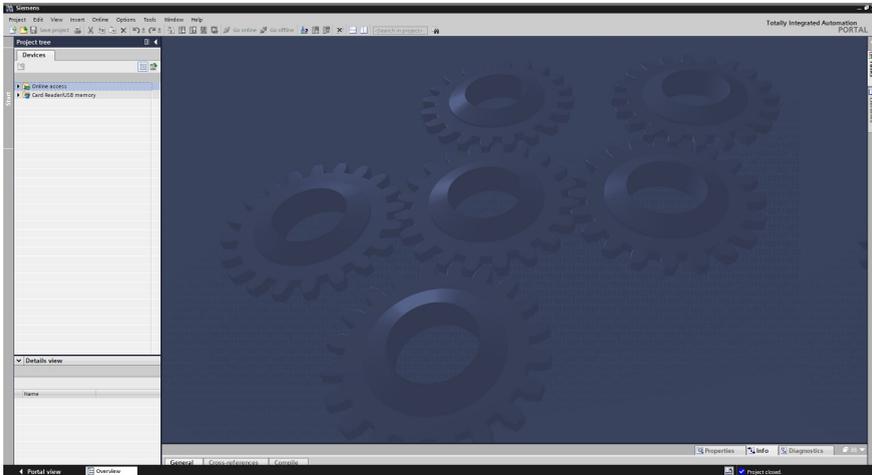


Figura 5.3: Pantalla inicial de TIA Portal

2. Una vez cargado el proyecto tenemos que ir a la carpeta del PLC y pulsar sobre la pestaña del dispositivo.

Aparecerá en la pantalla principal una representación de nuestro PLC, debemos pulsar sobre el cuadrado verde que se encuentra en la esquina inferior izquierda.

Se abrirá la pestaña que vemos en la parte inferior donde deberemos abrir la opción de direcciones de *Ethernet* y poner la dirección IP de nuestro PLC.

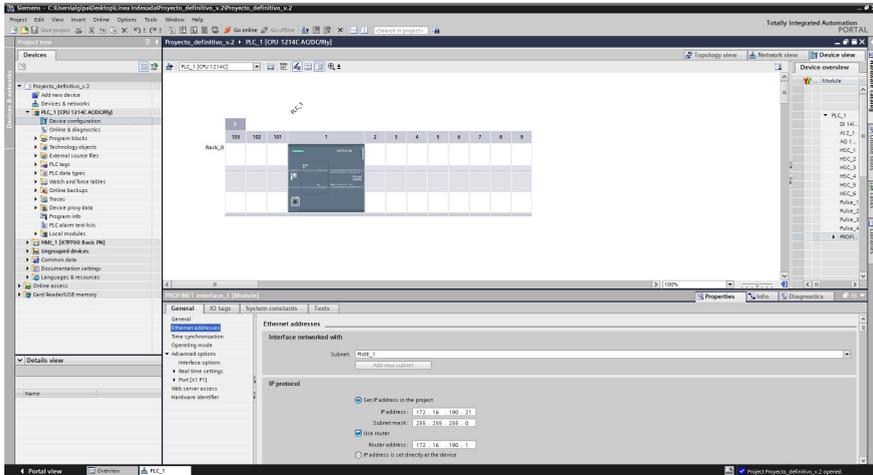


Figura 5.4: Asignar dirección IP del PLC

3. Una vez hemos asignado la dirección IP correspondiente, se ha de pasar a conectar el PLC con TIA Portal, es decir, ponerlo en *online*.

Ahora el proyecto y el PLC ya se encuentran enlazados. Para poder pasarle la configuración del *hardware* es necesario pasar el proyecto a *offline*.

4. Como vemos en la imagen siguiente haciendo click izquierdo sobre el proyecto se despliega una lista de opciones. Vamos a la que pone descargar y pulsamos sobre la opción configuración del *Hardware*.

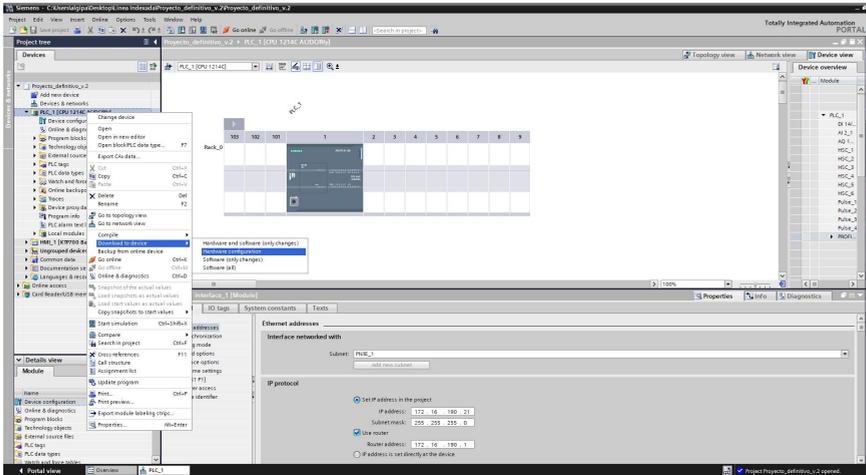


Figura 5.5: Cargar configuración del Hardware al PLC

5. Por último, tenemos que volver a pasar a *online* el proyecto y entonces ya le podemos cargar el *software*, es decir, el programa que hemos realizado. Para ello, hay que seguir los mismo pasos que en el punto anterior, solo que esta vez descargaremos la opción que pone descargar todo el *software*. Además que como se ha comentado antes la opción de descargar el *hardware* no aparecerá, ya que solo se puede pasar en *offline*.

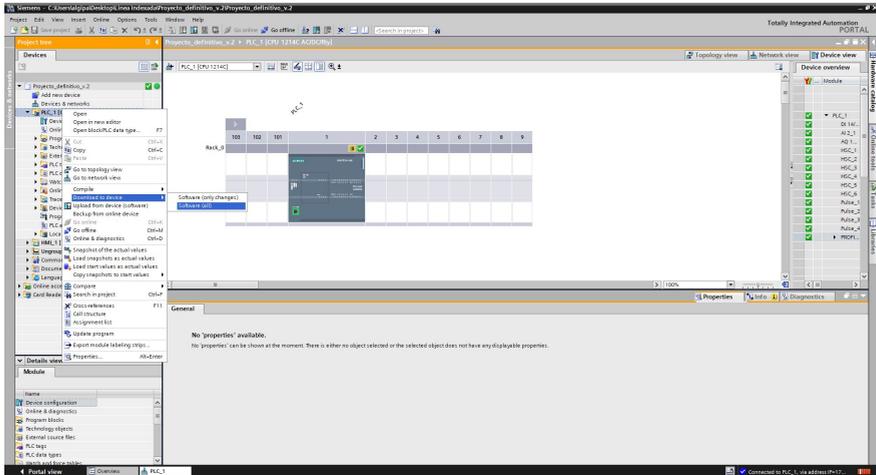


Figura 5.6

6. Para dejar el PLC listo para funcionar solo falta ponerlo en *play*.

Una vez hemos dejado el PLC en funcionamiento falta hacer lo mismo para el HMI.

7. Para ello, tenemos que repetir los pasos 2 y 5 del PLC para el HMI, es decir, hemos de asignarle la IP correspondiente y posteriormente pasarle el *software* realizado. Se hace igual que en el caso del PLC, pero esta vez sobre el dispositivo añadido del HMI.



## Capítulo 6

# Conclusiones

Tras muchas horas dedicadas tanto al proyecto como a la documentación del mismo me han servido para sacar valiosas conclusiones. Las cuales me ayudarán a enfrentarme a los futuros retos que me deparé mi carrera profesional, evitando cometer los mismos errores, siendo más eficiente y mejorando como profesional.

- Se debe estudiar el proyecto en detenimiento y consultar todas las dudas con el cliente antes de empezar con él.
- Es importante conocer las leyes y la normativa vigente sobre el tipo de proyecto que vas a desarrollar.
- Antes de comenzar a programar el sistema se ha de decidir los elementos a usar en el proyecto, pues esto puede evitarnos muchos problemas posteriormente.
- La elección de los materiales es realmente importante, sobre todo el PLC. Pues se trata del elemento principal del sistema y el que tiene que cubrir las necesidades básicas del proyecto como contar con el suficiente número de entradas y salidas.
- En proyectos de esta envergadura se cuenta con muchos bloques y variables, por tanto, es importante ser ordenado e incluso añadir pequeños comentarios que puedan ser de ayuda en futuro tanto para ti como para otra persona que tuviera que trabajar con tu código.
- En este tipo de sistemas industriales hay que ser muy precavido en cuanto a la seguridad del mismo.

- En cuanto a la parte del HMI es necesario tener en cuenta el nivel de las personas que van a trabajar con él para adaptarlo a sus necesidades, pues van a pasar muchas horas trabajando con él.
- Se requiere un conocimiento amplio para poder desarrollar este tipo de sistemas, ya que te obligan a conocer el mercado, a saber programar el PLC, saber seleccionar los distintos componentes, los tipos de sensores y actuadores que existen y a comunicarlo entre ellos.

# Capítulo 7

## Bibliografía

- [1] «La revolución industrial» [En línea]. Disponible en: [http://www.finanzasparatodos.es/gepeese/es/inicio/laEconomiaEn/laHistoria/revolucion\\_industrial.html](http://www.finanzasparatodos.es/gepeese/es/inicio/laEconomiaEn/laHistoria/revolucion_industrial.html)
- [2] «Cuatro revoluciones industriales» [En línea]. Disponible en: <https://www.agendaempresa.com/72101/cuatro-revoluciones-industriales/>
- [3] «Industria 4.0» [En línea]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Industria\\_4.0](https://es.wikipedia.org/wiki/Industria_4.0)
- [4] «Qué es la industria 4.0» [En línea]. Disponible en: <https://papelesdeinteligencia.com/que-es-industria-4-0/>
- [5] «¿Cuándo nace la automatización industrial?» [En línea]. Disponible en: **¿Cuándo nace la automatización industrial?**
- [6] AENOR, «AENOR: Norma UNE-EN 60848:2013», <http://www.aenor.es/>. [En línea]. Disponible en: <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0051395>.
- [7] AENOR, «AENOR: Norma UNE-EN 61000-6-2:2006», <http://www.aenor.es/>. [En línea]. Disponible en: <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0035282>.
- [8] «Lógica cableada y lógica programada» [En línea]. Disponible en: <https://dissenyproducte.blogspot.com/2010/12/logica-cableada-y-logica-programada.html>
- [9] «Tarjetas de adquisición de datos» [En línea]. Disponible en: <https://www.jmi.com.mx/tarjetas-de-adquisicion-de-datos>
- [10] «Línea indexada de Fischertechnik» [En línea]. Disponible en: <https://ro-botica.com/Producto/Linea-indexada-Fischertechnik-Industry/>

- [11] «SIMATIC S7-1200» [En línea]. Disponible en: [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce\\_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf)
- [12] «TIA Portal V14 Basic» [En línea]. Disponible en: <https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/109747135?c=97680401419&lc=es-WW>
- [13] «SCADA» [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/SCADA> y en: <http://www.uco.es/grupos/eatco/automatica/ihm/descargar/scada.pdf>
- [14] «Características TIA Portal» [En línea]. Disponible en: **TIA Portal**
- [15] «Comunicación TIA Portal» [En línea]. Disponible en: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/686/1254686/att\\_46481/v1/S7komm\\_s.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/686/1254686/att_46481/v1/S7komm_s.pdf)





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Documento N° 2

## Pliego de condiciones

Autor: Álvaro Giménez Paredes

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Cotutor: Adolfo Hilario Caballero



# Índice general

1	Definición y alcance del pliego	2
2	Condiciones y normas de carácter general	3
3	Condiciones técnicas	4
3.1	Condiciones de los materiales . . . . .	4
3.1.1	Autómata programable . . . . .	4
3.1.2	HMI KTP700 . . . . .	5
3.2	Condiciones de ejecución . . . . .	5
3.2.1	Responsabilidad del ejecutor del proyecto . . . . .	5
3.2.2	Conexiones del sistema . . . . .	5
3.2.3	Ejecución de los sistemas de control . . . . .	6
3.3	Condiciones de garantía. . . . .	6



# Capítulo 1

## Definición y alcance del pliego

El objeto de este documento es delimitar las condiciones técnicas mínimas que ha de cumplir el proyecto, tanto la parte de automatización como la puesta en marcha del mismo.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende solamente al sistema de automatización llevado a cabo (autómata y HMI).

## Capítulo 2

# Condiciones y normas de carácter general

Para la ejecución de éste proyecto es obligatorio el cumplimiento de las siguientes normativas:

- **IEC 61131-3.** Estandarización completa de los lenguajes de programación de los controladores lógicos programables.
- **IEC 60870-5-101.** Definición el uso de una red TCP/IP.
- **UNE-EN 60848:2013.** Lenguaje de especificación GRAFCET para diagramas funcionales secuenciales.
- **UNE-EN 61000-6-2.** Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 6-2: Normas genéricas. Inmunidad en entornos industriales.
- **EN ISO 13849-1:2006.** Seguridad de las máquinas. Partes del sistema de mando relativas a seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.

# Capítulo 3

## Condiciones técnicas

### 3.1 Condiciones de los materiales

#### 3.1.1 Autómata programable

##### Descripción

Autómata programable de 10 entradas o más, siendo el número de salidas superior a 10. Capacidad de conexión a red *Ethernet* y alimentación entre 100-240 V de corriente alterna.

Como se ha seleccionado previamente se usará el autómata S7-1200 de Siemens.

##### Control de calidad

Se conectará el autómata a la red eléctrica y se encenderá el diferencial de seguridad para verificar que el autómata se enciende correctamente. Para comprobar su conexión a la red, se conectará el cable de *Ethernet* al puerto serie y mediante *TIA Portal* se verificará si se detecta o no el autómata en la red.

### 3.1.2 HMI KTP700

#### Descripción

Capacidad de conexión a red mediante *Ethernet*.

Como se ha seleccionado previamente se usará el HMI KTP700 de Siemens. Ya que eso facilita la comunicación con el autómatas y gracias a TIA Portal pueden intercambiar variables de forma automática.

#### Control de calidad

Para verificar su conexión a la red, se conectará el cable de *Ethernet* al puerto serie y mediante *TIA Portal* se verificará si se detecta o no el autómatas en la red.

## 3.2 Condiciones de ejecución

### 3.2.1 Responsabilidad del ejecutor del proyecto

El ejecutor tiene la responsabilidad de cumplir los siguientes puntos:

- Desarrollar los sistemas de control.
- Conexión de los diferentes dispositivos.
- Puesta en marcha del sistema.

### 3.2.2 Conexiones del sistema

#### Descripción

Se debe conectar el autómatas al sistema físico a controlar, en este caso a la línea indexada. Asegurándose que las conexiones queden bien fijadas y atornillando el conector industrial que las une.

#### Control de calidad

Se debe revisar cada cierto tiempo el buen estado de las conexiones, así como de los autómatas y de los elementos físicos de la línea.

### 3.2.3 Ejecución de los sistemas de control

#### Descripción

El control del sistema una vez hecha su puesta en marcha es desde el HMI. Desde allí se podrá inicializar la producción, verificar el correcto funcionamiento y monitorizar los resultados del sistema entre otras muchas funciones. Llegados a este punto ya es innecesario el ordenador y, por tanto, el *TIA Portal*.

#### Control de calidad

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema se dispone de un modo manual donde forzar las diferentes salidas que componen el sistema. Una vez verificado que no existe problema alguno con la línea ya se puede empezar a producir de forma normal. Además es conveniente revisar los diferentes componentes mediante este método cada cierto tiempo.

### 3.3 Condiciones de garantía

1. El proyecto contará con una garantía de 4 años que cubrirá los posibles fallos ocasionados por el *software* suministrados a la empresa (programación del autómatas y el HMI).
2. El proyectista no se hará responsable de otros posibles fallos debidos a un mal uso del sistema, tales como daños ocasionados por las diferentes herramientas físicas con las que cuenta el sistema.
3. En caso de manipular el sistema de control entregado por un tercero se perderá la garantía de 4 años.





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Documento N<sup>o</sup>3 Presupuesto

Autor: Álvaro Giménez Paredes

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Cotutor: Adolfo Hilario Caballero



# Índice general

1	Introduccion	2
2	Cuadro de precios elementales	3
2.1	Cuadro de precios n°1: Mano de obra . . . . .	3
2.2	Cuadro de precios n°2: Precios de los materiales . . . . .	5
3	Cuadro de precios descompuestos	7
4	Cuadro de precios unitarios	9
5	Valoración del presupuesto	10
6	Resumen del presupuesto	11



# Capítulo 1

## Introduccion

En este documento se expone el presupuesto del proyecto, tanto el coste del diseño e implementación de los sistemas de control y SCADA como la redacción del mismo y su posterior puesta en marcha. Cabe mencionar que los sistemas físicos corren a cargo del cliente, por ello no han sido tenidos en cuenta en este documento.

## Capítulo 2

# Cuadro de precios elementales

En este apartado se procede a la determinación de los costes del proyecto según su naturaleza.

### **2.1 Cuadro de precios nº1: Mano de obra**

Los salarios atribuidos al ingeniero electrónico industrial y automático (con atribuciones de ingeniero técnico industrial) han sido obtenidos del Convenio Colectivo para la Industria, la Tecnología y los Servicios del Metal de Valencia, publicado en el Boletín Oficial de la Provincia de Valencia (B.O.P. Valencia), el 23 de enero de 2019 y vigente para el año 2019.

Concepto	Importe
<b>Salario base</b> (Salario Base por día natural + plus convenio por día hábil (incluidos los sábados) + antigüedad consolidada)	1890.82 + 122.99 = <b>2013.81</b>
<b>Gratificaciones extraordinarias</b> ((Junio, Diciembre: 30 días de salario base y Marzo: 17 días por año trabajado) + Antigüedad consolidada)	315.14 + 89.29 = <b>404.43</b>
<b>Determinación de las Bases de Cotización a la S.S.</b>	
- Contingencias Comunes (28,30%)	<b>684.36</b>
- Formación (0,70%)	<b>16.93</b>
- Desempleo (7,05%)	<b>170.49</b>
- Accidentes de Trabajo y Enfermedad Profesional (1%)	<b>24.18</b>
- FOGASA (0,20%)	<b>4.84</b>
- I.R.P.F 15%	<b>362.74</b>
<b>TOTAL MENSUAL</b>	<b>3681.78</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>44181.36</b>
<b>POR JORNADA DE TRABAJO (30 días)</b>	<b>122.73</b>
<b>POR HORA DE TRABAJO</b>	<b>15.34</b>

**Figura 2.1:** Coste para la empresa por la contratación de un Graduado en Ingeniería electrónica y automática industrial

Para el cálculo del coste del trabajador se ha dividido las gratificaciones extraordinarias en 12 mensualidades con el fin de calcular el coste mensual a la empresa. Y posteriormente obtener el precio de cada hora de trabajo invertida por el ingeniero.

El tiempo total de desarrollo del proyecto ha supuesto aproximadamente un mes y medio de trabajo, lo que equivaldría a unas 300 horas de trabajo. Con lo que el precio de la mano de obra sería el siguiente:

Empleado	Precio (€/h)	Tiempo trabajado (h)	Importe (€)
Graduado En Ingeniería electrónica y automática industrial	15.34	300	4602.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>4602.00 €</b>

**Figura 2.2:** Coste de la mano de obra

## 2.2 Cuadro de precios nº2: Precios de los materiales

En ese apartado se va a estudiar el coste tanto del *hardware* como del *software* utilizado en el proyecto.

Dispositivo	Precio unidad (€)	Tiempo amortización (h)	Precio a amortizar (€/h)
Portátil MacBook Air	850	7200	0,118

Figura 2.3: Precio a amortizar por el *hardware*

Programa/	Precio unidad (€)	Tiempo amortización (h)	Precio a amortizar (€/h)
TIA Portal V14 Basic	132	1800	0,073

Figura 2.4: Precio a amortizar por el *software*

Para el cálculo del tiempo de amortización de los dispositivos *hardware* se ha considerado que su periodo de amortización es de 4 años según dicta la tabla de amortización publicada por la Agencia Tributaria. Además se considera que durante un año se pueden realizar unos 6 proyectos de una envergadura parecida a este (300 horas), resultando así un tiempo de amortización de unas 7200 horas.

Los demás elementos de *hardware* tales como el autómata, el HMI y los diferentes elementos físicos usados en el sistema de mecanizado serán provistos por el cliente, ya que el trabajo solamente consiste en el diseño e implementación de la solución.

En el apartado del *software* TIA se ha calculado el tiempo de amortización de la misma manera que para el *hardware*, pero con un periodo de amortización de un año.

Así pues el precio del material asciende a:

Dispositivo	Precio (€/h)	Tiempo de uso (h)	Importe (€)
Portátil MacBook Air	0,118	285	33,646
TIA Portal V14 Basic	0,073	275	20,075
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>53,72 €</b>

**Figura 2.5:** Coste materiales

## Capítulo 3

# Cuadro de precios descompuestos

En este apartado se indica los precios por unidad de obra, teniendo en cuenta tanto los materiales como la mano de obra.

<b>(d1) Estudio de alternativas</b>			
<b>Rendimiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
0,075	(h) Graduado en Ingeniería	15,34	1,1505
0,1	(h) Portátil MacBook Air	0,118	0,0118
Medios auxiliares sobre costes directos (10%)			0,11623
<b>TOTAL</b>			<b>1,27853</b>

Figura 3.1: Cuadro de precios descompuestos de la unidad de obra 1 (d1).

<b>(d2) Automatización del sistema</b>			
<b>Rendimiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
0,65	(h) Graduado en Ingeniería	15,34	9,971
0,65	(h) Portátil MacBook Air	0,118	0,0767
0,7	(h) TIA Portal V14 basic	0,073	0,0511
Medios auxiliares sobre costes directos (10%)			1,00988
<b>TOTAL</b>			<b>11,10868</b>

Figura 3.2: Cuadro de precios descompuestos de la unidad de obra 2 (d2).

<b>(d3) Diseño del sistema SCADA</b>			
<b>Rendimiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
0,2	(h) Graduado en Ingeniería	15,34	3,068
0,2	(h) Portátil MacBook Air	0,118	0,0236
0,2	(h) TIA Portal V14 basic	0,073	0,0146
Medios auxiliares sobre costes directos (10%)			0,31062
<b>TOTAL</b>			<b>3,41682</b>

**Figura 3.3:** Cuadro de precios descompuestos de la unidad de obra 3 (d3).

<b>(d4) Puesta en marcha</b>			
<b>Rendimiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
0,075	(h) Graduado en Ingeniería	15,34	1,1505
0,05	(h) Portátil MacBook Air	0,118	0,0059
0,1	(h) TIA Portal V14 basic	0,073	0,0073
Medios auxiliares sobre costes directos (10%)			0,11637
<b>TOTAL</b>			<b>1,28007</b>

**Figura 3.4:** Cuadro de precios descompuestos de la unidad de obra 4 (d4).

## Capítulo 4

### Cuadro de precios unitarios

Descripción de la unidad de obra	Medición (h)	Precio (€/h)	Importe (€)
(d1) Estudio de alternativas	25	1,2785	31,96 €
(d2) Automatización del sistema	185	11,1087	2.055,11 €
(d3) Diseño del sistema SCADA	60	3,4168	205,01 €
(d4) Puesta en marcha	30	1,2801	38,40 €

**Figura 4.1:** Cuadro de precios unitarios donde se indica el precio por unidad de obra.

## Capítulo 5

# Valoración del presupuesto

En la siguiente tabla se muestra el coste total de la ejecución material de la obra.

Descripción de la unidad de obra	Medición (h)	Precio (€/h)	Importe (€)
(d1) Estudio de alternativas	25	1,2785	31,96 €
(d2) Automatización del sistema	185	11,1087	2.055,11 €
(d3) Diseño del sistema SCADA	60	3,4168	205,01 €
(d4) Puesta en marcha	30	1,2801	38,40 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>			<b>2.330,48 €</b>

**Figura 5.1:** Total presupuesto ejecución material

El presupuesto total de ejecución material asciende a un total de:

**DOS MIL TRESCIENTOS TREINTA EUROS CON CUARENTA Y OCHO**

## Capítulo 6

# Resumen del presupuesto

<b>PRESUPUESTO</b>	<b>IMPORTE (€)</b>
<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>2330,48</b>
13% GASTOS GENERALES	302,96
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	139,83
<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>2773,27</b>
21% IVA	582,39
<b>PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN</b>	<b>3355,66</b>

**Figura 6.1:** Presupuesto ejecución por contrata y base licitación.

El presupuesto del proyecto es de un total de:

**TRES MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS CON  
SESENTA Y SEIS**





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Documento N<sup>o</sup>4

## Anexo I. Programación

Autor: Álvaro Giménez Paredes

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Cotutor: Adolfo Hilario Caballero



# Índice general

1	Introduccion	2
2	Línea indexada de mecanizado <i>FischerTechnik</i>	3
2.1	GRAFCET	3
2.1.1	Automático/Manual	3
2.1.2	Principal	4
2.1.3	Cinta de entrada	5
2.1.4	Fresadora.	6
2.1.5	Taladradora	7
2.1.6	Cinta de salida	8
2.1.7	Empujador 2.	9
2.1.8	Contador	9
2.1.9	Alarmas	10
2.1.10	Seta	10
2.1.11	Salidas manuales	11
2.2	Programación en <i>TIA Portal</i>	12
2.2.1	Main	12
2.2.2	Recetas	13
2.2.3	Principal	14
2.2.4	Cinta de entrada	15
2.2.5	Fresadora.	15
2.2.6	Taladradora	16
2.2.7	Cinta de salida	16
2.2.8	Cinta empujador 2	17
2.2.9	Alarmas	17

2.2.10 Contador . . . . .	18
2.2.11 Manual/Automático . . . . .	19
2.2.12 Salidas manuales . . . . .	20
2.2.13 Seta . . . . .	21
2.2.14 Contadores . . . . .	22
2.2.15 HMI . . . . .	23
2.2.16 Salidas. . . . .	24
2.2.17 Temporizadores . . . . .	25
2.2.18 Temporizadores HMI. . . . .	27
2.2.19 Triggers . . . . .	29



# Capítulo 1

## Introduccion

En este caso documento se adjunta toda la programación realizada en *TIA Portal*, así como los GRAFCETs de los que proviene.

## Capítulo 2

# Línea indexada de mecanizado *FischerTechnik*

### 2.1 GRAFCET

#### 2.1.1 Automático/Manual

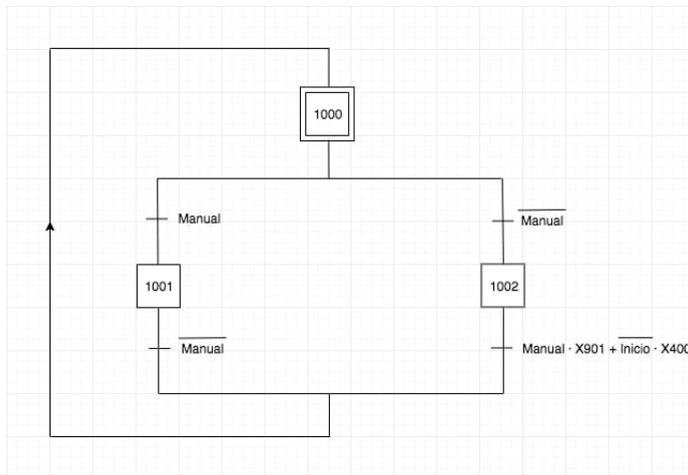


Figura 2.1: GRAFCET Automático/Manual

## 2.1.2 Principal

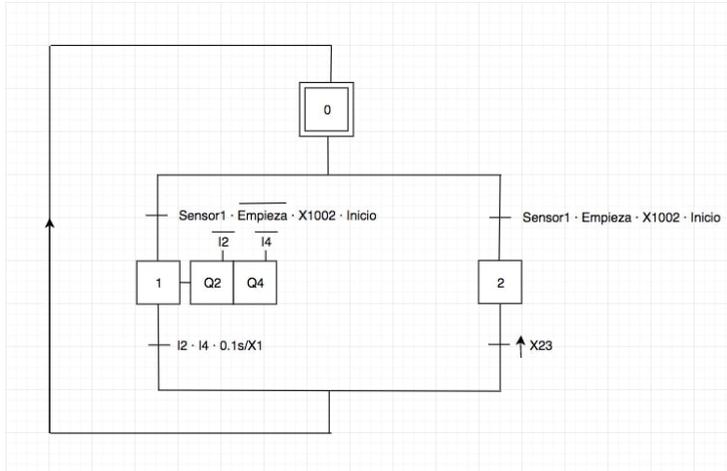


Figura 2.2: GRAFCET Principal

## 2.1.3 Cinta de entrada

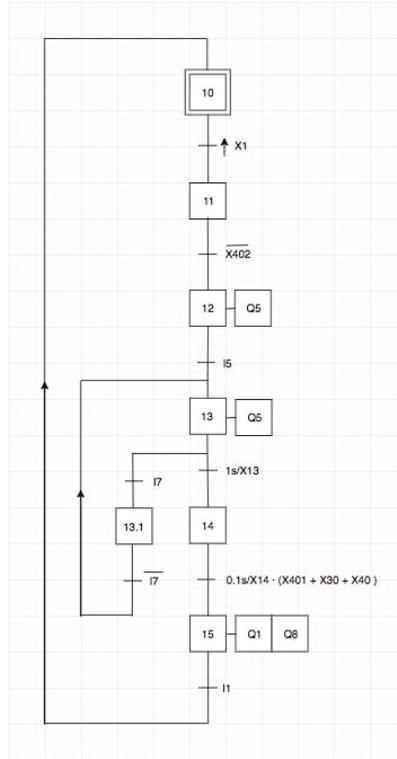


Figura 2.3: GRAFCET Cinta de entrada

## 2.1.4 Fresadora

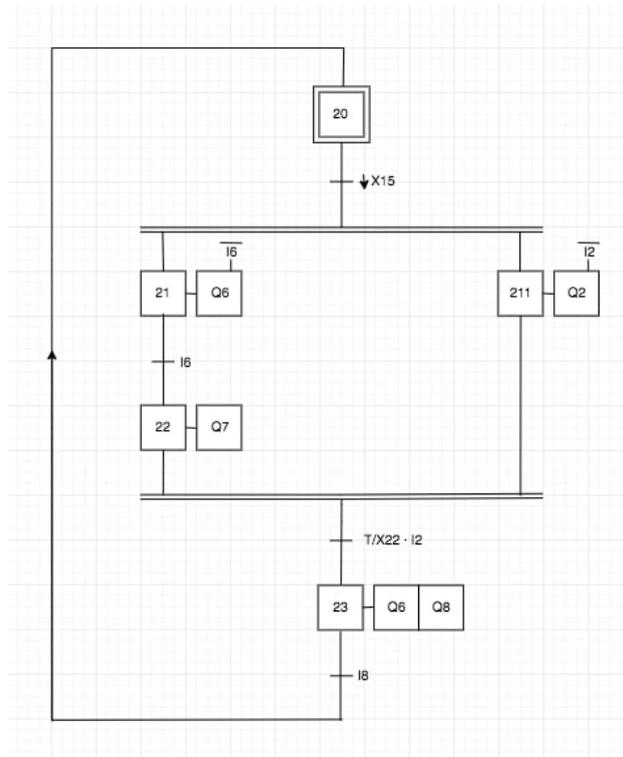


Figura 2.4: GRAFCET Fresadora

## 2.1.5 Taladradora

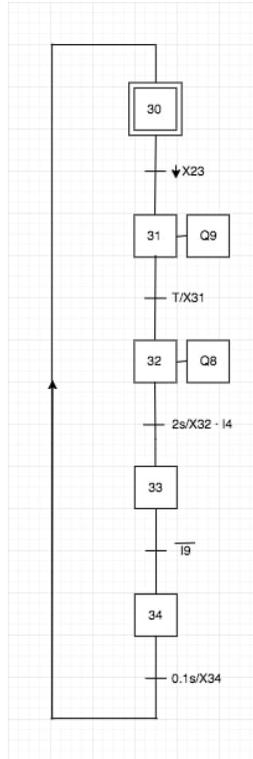


Figura 2.5: GRAFCET Taladradora

## 2.1.6 Cinta de salida

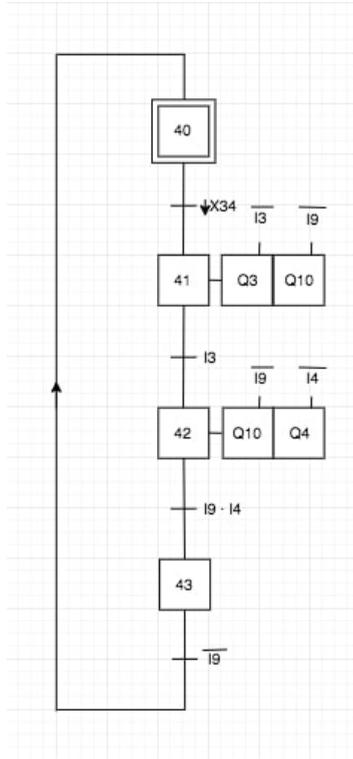


Figura 2.6: GRAFCET Cinta de salida

### 2.1.7 Empujador 2

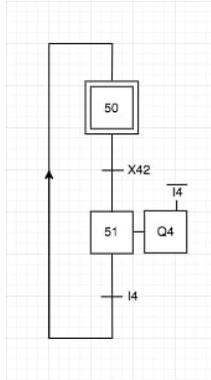


Figura 2.7: GRAFCET Empujador 2

### 2.1.8 Contador

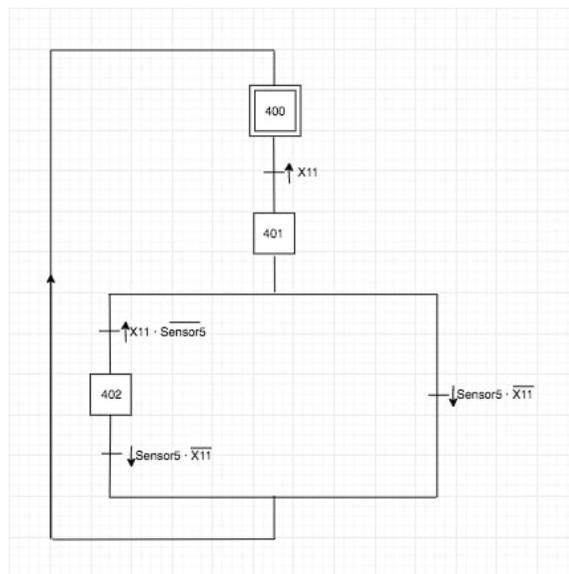


Figura 2.8: GRAFCET Contador

### 2.1.9 Alarmas

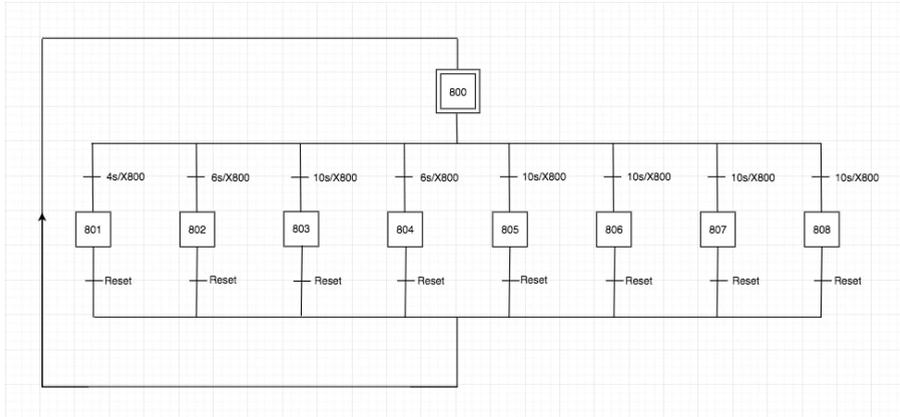


Figura 2.9: GRAFCET Alarmas

### 2.1.10 Seta

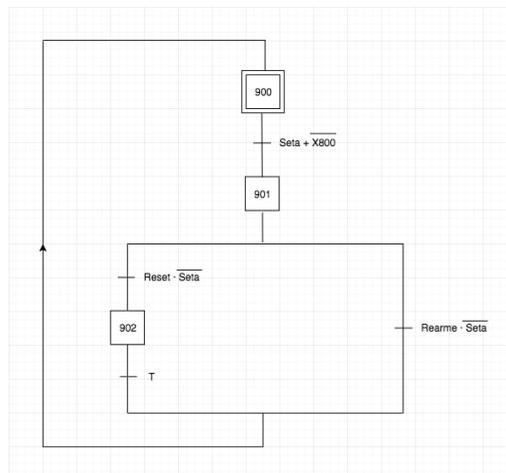


Figura 2.10: GRAFCET Seta

## 2.1.11 Salidas manuales

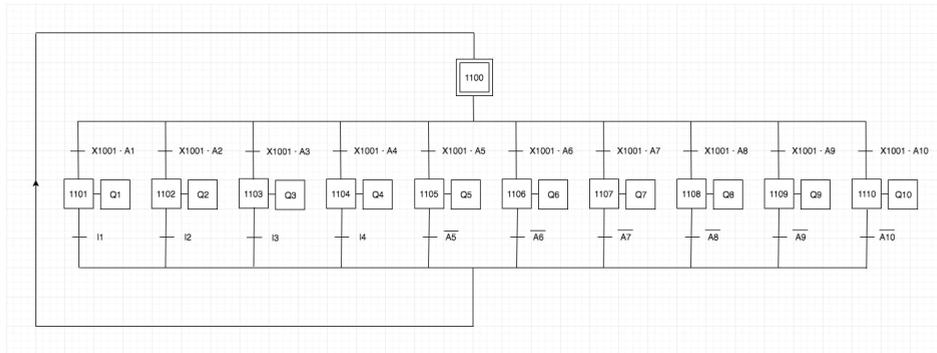


Figura 2.11: GRAFCET Salidas manuales

## 2.2 Programación en TIA Portal

### 2.2.1 Main

```
1 "Sensor1" := NOT "I7";
2 "Sensor2" := NOT "I5";
3 "Sensor3" := NOT "I6";
4 "Sensor4" := NOT "I8";
5 "Sensor5" := NOT "I9";
6
7 IF "Ci" THEN
8     "A_Recetas"();
9     "Cont" := 0;
10    "Manual" := FALSE;
11    "INICIO" := FALSE;
12 END_IF;
13
14 "HMI"();
15
16 "Temporizadores_HMI"();
17
18 "G_Manual/Automatico"();
19
20 IF "Receta" = TRUE THEN
21     "A_Recetas"();
22     "Reset_conts" := FALSE;
23 END_IF;
24
25 IF "Cont_Ciclo_Fin" = "Ciclo" THEN
26     "Fin_Ciclo" := FALSE;
27     "Receta" := FALSE;
28 END_IF;
29
30 "G_Contadores"();
31
32 "Salidas"();
33
34 "G_Seta"();
```

Figura 2.12: Main

## 2.2.2 Recetas

```
1 IF "Cont_Ciclo_Fin" <= "Ciclo" THEN
2
3     "Temporizadores"();
4
5     "Triggers"();
6
7     "G1_Principal"();
8
9     "G2_Cinta_Entrada"();
10
11     "G3_Cinta_fresadora"();
12
13     "G4_Cinta_taladradora"();
14
15     "G5_Cinta_Empujador2"();
16
17     "G6_Empujador_2"();
18
19     "G_Contador"();
20
21     "G_Alarmas"();
22
23 END_IF;
24
```

Figura 2.13: Recetas

### 2.2.3 Principal

```

1  "S0" := "Ci" OR "X1" AND "Subida_X23".Q OR ("X00" AND "I2"
2      AND "I4" AND "Temporizador_X00".Q) OR "X902";
3  "S00" := ("X0" AND "INICIO" AND "Sensor1"
4      AND NOT "Empieza" AND "X1002") AND NOT "X901";
5  "S1" := ("X0" AND "INICIO" AND "Sensor1" AND "Empieza"
6      AND "X1002" AND NOT "Fin_Ciclo") AND NOT "X901";
7
8  "X0" := "S0" OR "X0" AND NOT "S1" AND NOT "S00";
9  "X00" := "S00" OR "X00" AND NOT "S0" AND NOT "X902";
10 "X1" := "S1" OR "X1" AND NOT "S0" AND NOT "X902";
11
12 IF "X00" THEN
13     "Empieza" := TRUE;
14 END_IF;
15
16 IF "X1" = TRUE THEN
17     "Descarga" := FALSE;
18 END_IF;
19
20 IF "Cont_Ciclo_Inic" = "Ciclo" THEN
21     "Fin_Ciclo" := TRUE;
22 END_IF;

```

Figura 2.14: GRAFCET Principal

## 2.2.4 Cinta de entrada

```

1  "S10" := "Ci" OR "X15" AND "I1" OR "X902";
2  "S11" := ("X10" AND "Subida_X1".Q) AND NOT "X901";
3  "S12" := ("X11" AND NOT "X402") AND NOT "X901";
4  "S13" := ("X12" AND "Sensor2" AND "I2" OR "X131" AND NOT "I7")
5      AND NOT "X901";
6  "S131" := ("X13" AND "I7") AND NOT "X901";
7  "S14" := ("X13" AND "Temporizador_X12R".Q) AND NOT "X901";
8  "S15" := ("X14" AND "Temporizador_X121".Q AND
9      ("X401" OR NOT "X30" OR NOT "X40")) AND NOT "X901";
10
11 "X10" := "S10" OR "X10" AND NOT "S101";
12 "X11" := "S11" OR "X11" AND NOT "S12" AND NOT "X902";
13 "X12" := "S12" OR "X12" AND NOT "S13" AND NOT "X902";
14 "X13" := "S13" OR "X13" AND NOT "S131" AND NOT "S14" AND NOT "X902";
15 "X131" := "S131" OR "X131" AND NOT "S13" AND NOT "X902";
16 "X14" := "S14" OR "X14" AND NOT "S15" AND NOT "X902";
17 "X15" := "S15" OR "X15" AND NOT "S10" AND NOT "X902";

```

Figura 2.15: GRAFCET Cinta de entrada

## 2.2.5 Fresadora

```

1  "S20" := "Ci" OR "X23" AND "Sensor4" OR "X902";
2  "S21" := ("X20" AND "Bajada_X13".Q) AND NOT "X901";
3  "S211" := ("X20" AND "Bajada_X13".Q) AND NOT "X901";
4  "S22" := ("X21" AND "Sensor3") AND NOT "X901";
5  "S23" := ("X211" AND "X22" AND "Temporizador_X22".Q
6      AND "I2") AND NOT "X901";
7
8  "X20" := "S20" OR "X20" AND NOT "S21" AND NOT "S211";
9  "X21" := "S21" OR "X21" AND NOT "S22" AND NOT "X902";
10 "X211" := "S211" OR "X211" AND NOT "S23" AND NOT "X902";
11 "X22" := "S22" OR "X22" AND NOT "S23" AND NOT "X902";
12 "X23" := "S23" OR "X23" AND NOT "S20" AND NOT "X902";

```

Figura 2.16: GRAFCET Fresadora

## 2.2.6 Taladradora

```

1 "S30" := "Ci" OR "X34" AND "Temporizador_X26".Q OR "X902";
2 "S31" := ("X30" AND "Bajada_X23".Q) AND NOT "X901";
3 "S32" := ("X31" AND "Temporizador_X24".Q) AND NOT "X901";
4 "S33" := ("X32" AND "Temporizador_X25".Q AND "I4") AND NOT "X901";
5 "S34" := ("X33" AND NOT "Sensor5") AND NOT "X901";
6 |
7 "X30" := "S30" OR "X30" AND NOT "S31";
8 "X31" := "S31" OR "X31" AND NOT "S32" AND NOT "X902";
9 "X32" := "S32" OR "X32" AND NOT "S33" AND NOT "X902";
10 "X33" := "S33" OR "X33" AND NOT "S34" AND NOT "X902";
11 "X34" := "S34" OR "X34" AND NOT "S30" AND NOT "X902";

```

Figura 2.17: GRAFCET Taladradora

## 2.2.7 Cinta de salida

```

1 "S40" := "Ci" OR "X43" AND NOT "Sensor5" OR "X902";
2 "S41" := ("X40" AND "X27") AND NOT "X901";
3 "S42" := ("X41" AND "I3") AND NOT "X901";
4 "S43" := ("X42" AND "Sensor5") AND NOT "X901";
5 |
6 "X40" := "S40" OR "X40" AND NOT "S41";
7 "X41" := "S41" OR "X41" AND NOT "S42" AND NOT "X902";
8 "X42" := "S42" OR "X42" AND NOT "S43" AND NOT "X902";
9 "X43" := "S43" OR "X43" AND NOT "S40" AND NOT "X902";

```

Figura 2.18: GRAFCET Cinta de salida

### 2.2.8 Cinta empujador 2

```

1  "S50" := "Ci" OR "X51" AND "I4" OR "X902";
2  "S51" := ("X50" AND "X42") AND NOT "X901";
3  |
4  "X50" := "S50" OR "X50" AND NOT "S51";
5  "X51" := "S51" OR "X51" AND NOT "S50" AND NOT "X902";

```

Figura 2.19: GRAFCET Empujador 2

### 2.2.9 Alarmas

```

1  "S800" := "Ci" OR "X902";
2  "S801" := "X11" AND "Temporizador_X801".Q;
3  "S802" := "X21" AND "Temporizador_X802".Q;
4  "S803" := "X23" AND "Temporizador_X803".Q;
5  "S804" := "X32" AND "Temporizador_X804".Q;
6  "S805" := "X13" AND "Temporizador_X805".Q;
7  "S806" := "X211" AND "Temporizador_X806".Q;
8  "S807" := "X31" AND "Temporizador_X807".Q;
9  "S808" := "X41" AND "Temporizador_X808".Q;
10 |
11 "X800" := "S800" OR "X800" AND NOT "S801" AND NOT "S802"
12         AND NOT "S803" AND NOT "S804" AND NOT "S805"
13         AND NOT "S806" AND NOT "S807" AND NOT "S808";
14 "X801" := "S801" OR "X801" AND NOT "S800";
15 "X802" := "S802" OR "X802" AND NOT "S800";
16 "X803" := "S803" OR "X803" AND NOT "S800";
17 "X804" := "S804" OR "X804" AND NOT "S800";
18 "X805" := "S805" OR "X805" AND NOT "S800";
19 "X806" := "S806" OR "X806" AND NOT "S800";
20 "X807" := "S807" OR "X807" AND NOT "S800";
21 "X808" := "S808" OR "X808" AND NOT "S800";

```

Figura 2.20: GRAFCET Alarmas

### 2.2.10 Contador

```
1  "S400" := ("Ci" OR "X401" AND "Bajada_X33".Q AND
2          NOT "Subida_X11".Q) OR "X902";
3  "S401" := ("X400" AND "Subida_X11".Q OR "X402"
4          AND "Bajada_X33".Q) AND NOT "X901";
5  "S402" := ("X401" AND "Subida_X11".Q AND
6          NOT "Bajada_X33".Q) AND NOT "X901";
7
8  "X400" := "S400" OR "X400" AND NOT "S401";
9  "X401" := "S401" OR "X401" AND NOT "S400"
10         AND NOT "S402" AND NOT "X902";
11 "X402" := "S402" OR "X402" AND NOT "S401"
12         AND NOT "X902";
13
14 IF "X401" AND "Reset" THEN
15     "Cont_Ciclo_Inic" := "Cont_Ciclo_Inic" - 1;
16 END_IF;
17
18 IF "X402" AND "Reset" THEN
19     "Cont_Ciclo_Inic" := "Cont_Ciclo_Inic" - 2;
20 END_IF;
```

Figura 2.21: GRAFCET Contador

### 2.2.11 Manual/Automático

```
1 "S1000" := "Ci" OR "X1001" AND NOT "Manual" OR "X1002" AND
2     "Manual" AND ("X901" OR NOT "INICIO" AND "X400");
3 "S1001" := "X1000" AND "Manual";
4 "S1002" := "X1000" AND NOT "Manual";
5 |
6 "X1000" := "S1000" OR "X1000" AND NOT "S1001" AND NOT "S1002";
7 "X1001" := "S1001" OR "X1001" AND NOT "S1002";
8 "X1002" := "S1002" OR "X1002" AND NOT "S1000";
```

**Figura 2.22:** GRAFCET Manual/Automático

## 2.2.12 Salidas manuales

```

1  "S1100" := "Ci" OR "X1101" AND "I1" OR "X1102" AND "I2" OR "X1103" AND
2      "I3" OR "X1104" AND "I4" OR "X1105" AND NOT "A5" OR "X1106"
3      AND NOT "A6" OR "X1107" AND NOT "A7" OR "X1108" AND NOT "A8"
4      OR "X1109" AND NOT "A9" OR "X1110" AND NOT "A10";
5  "S1101" := "X1100" AND "X1001" AND "A1";
6  "S1102" := "X1100" AND "X1001" AND "A2";
7  "S1103" := "X1100" AND "X1001" AND "A3";
8  "S1104" := "X1100" AND "X1001" AND "A4";
9  "S1105" := "X1100" AND "X1001" AND "A5";
10 "S1106" := "X1100" AND "X1001" AND "A6";
11 "S1107" := "X1100" AND "X1001" AND "A7";
12 "S1108" := "X1100" AND "X1001" AND "A8";
13 "S1109" := "X1100" AND "X1001" AND "A9";
14 "S1110" := "X1100" AND "X1001" AND "A10";
15
16 "X1100" := "S1100" OR "X1100" AND NOT "S1101" AND NOT "S1102"
17     AND NOT "S1103" AND NOT "S1104" AND NOT "S1105" AND NOT "S1106"
18     AND NOT "S1107" AND NOT "S1108" AND NOT "S1109" AND NOT "S1110";
19 "X1101" := "S1101" OR "X1101" AND NOT "S1100";
20 "X1102" := "S1102" OR "X1102" AND NOT "S1100";
21 "X1103" := "S1103" OR "X1103" AND NOT "S1100";
22 "X1104" := "S1104" OR "X1104" AND NOT "S1100";
23 "X1105" := "S1105" OR "X1105" AND NOT "S1100";
24 "X1106" := "S1106" OR "X1106" AND NOT "S1100";
25 "X1107" := "S1107" OR "X1107" AND NOT "S1100";
26 "X1108" := "S1108" OR "X1108" AND NOT "S1100";
27 "X1109" := "S1109" OR "X1109" AND NOT "S1100";
28 "X1110" := "S1110" OR "X1110" AND NOT "S1100";

```

Figura 2.23: GRAFCET Salidas manuales

```

30 IF "I1" = TRUE THEN
31     "A1" := FALSE;
32 END_IF;
33
34 IF "I2" = TRUE THEN
35     "A2" := FALSE;
36 END_IF;
37
38 IF "I3" = TRUE THEN
39     "A3" := FALSE;
40 END_IF;
41
42 IF "I4" = TRUE THEN
43     "A4" := FALSE;
44 END_IF;

```

Figura 2.24: GRAFCET Salidas manuales

### 2.2.13 Seta

```

1  "S900" := "Ci" OR "X901" AND NOT "Rearme" OR "X902" AND "Temporizador_X902".Q;
2  "S901" := "X900" AND NOT "Seta" OR "X801" OR "X802" OR "X803" OR "X804" OR
3      "X805" OR "X806" OR "X807" OR "X808";
4  "S902" := "X901" AND NOT "Reset";
5
6  "X900" := "S900" OR "X900" AND NOT "S901";
7  "X901" := "S901" OR "X901" AND NOT "S900" AND NOT "S902";
8  "X902" := "S902" OR "X902" AND NOT "S900";
9
10 IF "X902" THEN
11     "Empieza" := FALSE;
12 END_IF;

```

Figura 2.25: GRAFCET Seta

## 2.2.14 Contadores

```
1  ▢ "Piezas_ciclo_i".CTU(CU := "Subida_X11".Q,  
2    |                   CV => "Cont_Ciclo_Inic",  
3    |                   FV := 1000,  
4    |                   R := "Descarga");  
5  
6  ▢ "Piezas_ciclo".CTU(CU := "Bajada_X33".Q,  
7    |                   CV => "Cont_Ciclo_Fin",  
8    |                   FV := 1000,  
9    |                   R := "Descarga");  
10  
11 ▢ "Piezas_totales".CTU(CU:= "Bajada_X33".Q,  
12 |                       R:= "Reset_conts",  
13 |                       FV:= 1000,  
14 |                       CV=> "Cont_Total");  
15 |  
16 ▢ "Ciclos_totales".CTU(CU := "Fin_Ciclo",  
17 |                       CV => "Cont_Ciclos",  
18 |                       R := "Reset_conts",  
19 |                       FV := 1000);
```

Figura 2.26: Contadores

## 2.2.15 HMI

```
1 IF "Q5" = TRUE THEN
2     "Cintal" := "Clock_2Hz";
3 ELSE
4     "Cintal" := 0;
5 END_IF;
6
7 IF "Q6" = TRUE THEN
8     "Cinta2" := "Clock_2Hz";
9 ELSE
10    "Cinta2" := 0;
11 END_IF;
12
13 IF "Q8" = TRUE THEN
14    "Cinta3" := "Clock_2Hz";
15 ELSE
16    "Cinta3" := 0;
17 END_IF;
18
19 IF "Q10" = TRUE THEN
20    "Cinta4" := "Clock_2Hz";
21 ELSE
22    "Cinta4" := 0;
23 END_IF;
```

Figura 2.27: HMI

## 2.2.16 Salidas

```

1  "Q1" := ("X13" AND NOT "I1" OR "A1" AND NOT "I1") AND NOT "X901";
2  "Q2" := ("X11" AND NOT "I2" OR "X211" AND NOT "I2" OR "X00" AND
3      NOT "I2" OR "A2" AND NOT "I2") AND NOT "X901";
4  "Q3" := ("X31" AND NOT "I3" OR "A3" AND NOT "I3") AND NOT "X901";
5  "Q4" := ("X241" AND NOT "I4" OR "X00" AND NOT "I4" OR "X41" AND
6      NOT "I4" OR "A4" AND NOT "I4") AND NOT "X901";
7  "Q5" := ("X11" AND NOT "Sensor2" OR "X12" AND NOT "Sensor1" OR
8      "A5") AND NOT "X901";
9  "Q6" := ("X13" AND NOT "Sensor3" OR "X21" AND NOT "Sensor3" OR
10     "X23" OR "A6") AND NOT "X901";
11 "Q7" := ("X22" OR "A7") AND NOT "X901";
12 "Q8" := ("X23" OR "X25" OR "A8") AND NOT "X901";
13 "Q9" := ("X24" OR "A9") AND NOT "X901";
14 "Q10" := ("X31" AND NOT "Sensor5" OR "X32" AND NOT "Sensor5" OR
15     "A10") AND NOT "X901";
16 |
17 IF "I1" = TRUE THEN
18     "A1" := FALSE;
19 END_IF;
20
21 IF "I2" = TRUE THEN
22     "A2" := FALSE;
23 END_IF;
24
25 IF "I3" = TRUE THEN
26     "A3" := FALSE;
27 END_IF;
28
29 IF "I4" = TRUE THEN
30     "A4" := FALSE;
31 END_IF;

```

Figura 2.28: Salidas

## 2.2.17 Temporizadores

```
1  □ "Temporizador_X12".TON(IN := "X12",
2  |                               PT := T#1s);
3
4  □ "Temporizador_X22".TON(IN:="X22",
5  |                               PT:= "Tiempo");
6
7  □ "Temporizador_X24".TON(IN:="X24",
8  |                               PT:= "Tiempo");
9
10 □ "Temporizador_X25".TON(IN := "X25",
11 |                               PT := T#1.5s);
12
13 □ "Temporizador_X26".TON(IN := "X27",
14 |                               PT := T#0.1s);
15
16 □ "Temporizador_X00".TON(IN:="X00",
17 |                               PT:= T#0.1s);
18
19 □ "Temporizador_X121".TON(IN := "X121",
20 |                               PT := T#0.1s);
21
22 □ "Temporizador_X12R".TONR(IN:="X12",
23 |                               R:="Sensor1",
24 |                               PT:=T#1s);
```

Figura 2.29: Temporizadores

```
26 □ "Temporizador_X801".TON(IN:="X11",  
27   PT:= T#4s);  
28  
29 □ "Temporizador_X802".TON(IN:="X21",  
30   PT:= T#6s);  
31  
32 □ "Temporizador_X803".TON(IN:="X23", |  
33   PT:= T#10s);  
34  
35 □ "Temporizador_X804".TON(IN:="X32",  
36   PT:= T#6s);  
37  
38 □ "Temporizador_X805".TON(IN:="X13",  
39   PT:= T#10s);  
40  
41 □ "Temporizador_X806".TON(IN:="X211",  
42   PT:= T#10s);  
43  
44 □ "Temporizador_X807".TON(IN:="X31",  
45   PT:= T#10s);  
46  
47 □ "Temporizador_X808".TON(IN:="X41",  
48   PT:= T#10s);  
49  
50 □ "Temporizador_X902".TON(IN:="X902",  
51   PT:= T#1s);  
--
```

Figura 2.30: Temporizadores

## 2.2.18 Temporizadores HMI

```
1  □ "Temporizador_Emp_1".TONR(IN := "Q1",
2    |                               R := "I2",
3    |                               PT := T#3s,
4    |                               ET => "T_Emp_1");
5
6  □ "Temporizador_Emp_10".TONR(IN:= "Q2",
7    |                               R:= "I1",
8    |                               PT:= T#3s,
9    |                               ET=> "T_Emp_10");
10
11 □ "Temporizador_Emp_2".TONR(IN:= "Q3",
12 |                               R:= "I4",
13 |                               PT:= T#3s,
14 |                               ET=> "T_Emp_2");
15
16 □ "Temporizador_Emp_20".TONR(IN:= "Q4",
17 |                               R:= "I3",
18 |                               PT:= T#3s,
19 |                               ET=> "T_Emp_20");
```

**Figura 2.31:** Temporizadores HMI

```
21 □ "Temporizador_Tramo_1".TONR(IN:="Q5",
22   |                               R:= "X121" OR NOT "Reset",
23   |                               PT:= T#6s,
24   |                               ET=> "T_Tramo_1");
25
26 □ "Temporizador_Tramo_2".TONR(IN:="Q6" AND NOT "X23",
27   |                               R:= "Sensor3" OR NOT "Reset",
28   |                               PT:= T#10s,
29   |                               ET=> "T_Tramo_2");
30
31 □ "Temporizador_Tramo_3".TONR(IN:="Q6" AND "Q8" AND "X23" AND NOT "X25",
32   |                               R:= "Sensor4" OR NOT "Reset",
33   |                               PT:= T#10s,
34   |                               ET=> "T_Tramo_3");
35
36 □ "Temporizador_Tramo_4".TONR(IN:="Q8" AND "X25",
37   |                               R:= "X26" OR NOT "Reset",
38   |                               PT:= T#6s,
39   |                               ET=> "T_Tramo_4");
40
41 □ "Temporizador_Tramo_5".TONR(IN:="Q10",
42   |                               R:= "Sensor5",
43   |                               PT:= T#6s,
44   |                               ET=> "T_Tramo_5");
```

**Figura 2.32:** Temporizadores HMI

### 2.2.19 Triggers

```
1 "Bajada_X13" (CLK := "X13");
2 "Bajada_X23" (CLK:= "X23");
3 "Bajada_X33" (CLK := "X33");
4 "Subida_X1" (CLK:="X1");
5 "Subida_X23" (CLK:="X23");
6 "Bajada_I7" (CLK:="Sensor1");
7 "Subida_X32" (CLK:="X32");
8 "Subida_X33" (CLK:="X33");
9 "Subida_X11" (CLK:="X11");
10 "Subida_X00" (CLK:="X00");
11 "Bajada_X25" (CLK:="X25");
12 "Bajada_X22" (CLK:="X22");
13 "Bajada_X24" (CLK:="X24");|
```

Figura 2.33: Triggers





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Documento N<sup>o</sup>5

## Anexo II. Variables del sistema

Autor: Álvaro Giménez Paredes

Tutor: Raúl Simarro Fernández

Cotutor: Adolfo Hilario Caballero



# Índice general

1	Introducción	2
2	Variables del <i>PLC</i>	3
3	Variables del <i>HMI</i>	11



# Capítulo 1

## Introducción

En este documento se adjuntan todas la variables utilizadas para la realización del proyecto organizadas en distintos bloques según su funcionalidad.

## Capítulo 2

# Variables del *PLC*

- Variables de entrada

	I1	Bool	%I0.0
	I2	Bool	%I0.1
	I3	Bool	%I0.2
	I4	Bool	%I0.3
	I5	Bool	%I0.4
	I6	Bool	%I0.5
	I7	Bool	%I0.6
	I8	Bool	%I0.7
	I9	Bool	%I1.0
	Seta	Bool	%I1.3
	Reset	Bool	%I1.4
	Rearme	Bool	%I1.5
	Sensor1	Bool	%M2.0
	Sensor2	Bool	%M2.1
	Sensor3	Bool	%M2.2
	Sensor 4	Bool	%M2.3
	Sensor5	Bool	%M2.4

**Figura 2.1:** Variables de entrada

- Variables de salida

---

	Q1	Bool	%I1.1
	Q2	Bool	%I1.2
	Q3	Bool	%I1.6
	Q4	Bool	%I1.7
	Q5	Bool	%I2.0
	Q6	Bool	%I2.1
	Q7	Bool	%I2.2
	Q8	Bool	%I2.3
	Q9	Bool	%I2.4
	Q10	Bool	%I2.5

**Figura 2.2:** Variables de salida

- Variables de los *GRAFNETs*

←01	S0	Bool	%M3.0
←01	X0	Bool	%M3.1
←01	S00	Bool	%M3.2
←01	X00	Bool	%M3.3
←01	S1	Bool	%M3.4
←01	X1	Bool	%M3.5
←01	S10	Bool	%M3.6
←01	X10	Bool	%M3.7
←01	S11	Bool	%M4.0
←01	X11	Bool	%M4.1
←01	S12	Bool	%M4.2
←01	X12	Bool	%M4.3
←01	S13	Bool	%M4.4
←01	X13	Bool	%M4.5
←01	S131	Bool	%M4.6
←01	X131	Bool	%M4.7
←01	S14	Bool	%M5.0
←01	X14	Bool	%M5.1
←01	S15	Bool	%M5.2
←01	X15	Bool	%M5.3
←01	S20	Bool	%M5.4
←01	X20	Bool	%M5.5
←01	S21	Bool	%M5.6
←01	X21	Bool	%M5.7
←01	S211	Bool	%M6.0
←01	X211	Bool	%M6.1
←01	S22	Bool	%M6.2
←01	X22	Bool	%M6.3

**Figura 2.3:** Variables de los *GRAFCEt*s

☐	S23	Bool	%M6.4
☐	X23	Bool	%M6.5
☐	S30	Bool	%M6.6
☐	X30	Bool	%M6.7
☐	S31	Bool	%M7.0
☐	X31	Bool	%M7.1
☐	S32	Bool	%M7.2
☐	X32	Bool	%M7.3
☐	S33	Bool	%M7.4
☐	X33	Bool	%M7.5
☐	S34	Bool	%M7.6
☐	X34	Bool	%M7.7
☐	S40	Bool	%M8.0
☐	X40	Bool	%M8.1
☐	S41	Bool	%M8.2
☐	X41	Bool	%M8.3
☐	S42	Bool	%M8.4
☐	X42	Bool	%M8.5
☐	S43	Bool	%M8.6
☐	X43	Bool	%M8.7
☐	S50	Bool	%M9.0
☐	X50	Bool	%M9.1
☐	S51	Bool	%M9.2
☐	X51	Bool	%M9.3
☐	S400	Bool	%M9.4
☐	X400	Bool	%M9.5
☐	S401	Bool	%M9.6
☐	X401	Bool	%M9.7

**Figura 2.4:** Variables de los *GRAFCEt*s

---

	S402	Bool	%M10.0
	X402	Bool	%M10.1
	S800	Bool	%M10.2
	X800	Bool	%M10.3
	S801	Bool	%M10.4
	X801	Bool	%M10.5
	S802	Bool	%M10.6
	X802	Bool	%M10.7
	S803	Bool	%M11.0
	X803	Bool	%M11.1
	S804	Bool	%M11.2
	X804	Bool	%M11.3
	S805	Bool	%M11.4
	X805	Bool	%M11.5
	S806	Bool	%M11.6
	X806	Bool	%M11.7
	S807	Bool	%M12.0
	X807	Bool	%M12.1
	S808	Bool	%M12.2
	X808	Bool	%M12.3
	S900	Bool	%M12.4
	X900	Bool	%M12.5
	S901	Bool	%M12.6
	X901	Bool	%M12.7
	S902	Bool	%M13.0
	X902	Bool	%M13.1
	S1000	Bool	%M13.2
	X1000	Bool	%M13.3

**Figura 2.5:** Variables de los *GRAFNETs*

←01	S1001	Bool	%M13.4
←01	X1001	Bool	%M13.5
←01	S1002	Bool	%M13.6
←01	X1002	Bool	%M13.7
←01	S1100	Bool	%M14.0
←01	X1100	Bool	%M14.1
←01	S1101	Bool	%M14.2
←01	X1101	Bool	%M14.3
←01	S1102	Bool	%M14.4
←01	X1102	Bool	%M14.5
←01	S1103	Bool	%M14.6
←01	X1103	Bool	%M14.7
←01	S1104	Bool	%M15.0
←01	X1104	Bool	%M15.1
←01	S1105	Bool	%M15.2
←01	X1105	Bool	%M15.3
←01	S1106	Bool	%M15.4
←01	X1106	Bool	%M15.5
←01	S1107	Bool	%M15.6
←01	X1107	Bool	%M15.7
←01	S1108	Bool	%M16.0
←01	X1108	Bool	%M16.1
←01	S1109	Bool	%M16.2
←01	X1109	Bool	%M16.3
←01	S1110	Bool	%M16.4
←01	X1110	Bool	%M16.5

**Figura 2.6:** Variables de los *GRAFCEt*s

- Variables de salidas manuales

	A1	Bool	%I16.6
	A2	Bool	%I16.7
	A3	Bool	%I17.0
	A4	Bool	%I17.1
	A5	Bool	%I17.2
	A6	Bool	%I17.3
	A7	Bool	%I17.4
	A8	Bool	%I17.5
	A9	Bool	%I17.6
	A10	Bool	%I17.7

**Figura 2.7:** Variables de las salidas manuales

- Variables generales

	Ci	Bool	%M1.0
	INICIO	Bool	%M18.0
	Manual	Bool	%M18.1
	Empieza	Bool	%M18.2
	Fin_Ciclo	Bool	%M18.3
	Cont	Int	%MW20
	Cont_Ciclo_Inic	Int	%MW22
	Cont_Ciclo_Fin	Int	%MW24

**Figura 2.8:** Variables generales

- Variables del *HMI*

◀	Cinta 1	Bool	%M18.4
◀	Cinta 2	Bool	%M18.5
◀	Cinta 3	Bool	%M18.6
◀	Cinta 4	Bool	%M18.7
◀	Clock_2Hz	Bool	%M19.0
◀	Descarga	Bool	%M19.1
◀	Receta	Bool	%M19.2
◀	Reset_conts	Bool	%M19.3
◀	Ciclo	Int	%MW26
◀	Cont_Ciclos	Int	%MW28
◀	Cont_Total	Int	%MW30
◀	TiempoHMI	DInt	%MD32
◀	T_Emp_1	Time	%MD36
◀	T_Emp_10	Time	%MD40
◀	T_Emp_2	Time	%MD44
◀	T_Emp_20	Time	%MD48
◀	T_Tramo_1	Time	%MD52
◀	T_Tramo_2	Time	%MD56
◀	T_Tramo_3	Time	%MD60
◀	T_Tramo_4	Time	%MD64
◀	T_Tramo_5	Time	%MD68

**Figura 2.9:** Variables del *HMI*

## Capítulo 3

# Variables del *HMI*

- Variables internas

	Angulo_dientes	Int	<Internal tag>
	Ayuda_salidas	Bool	<Internal tag>
	Botones_fisicos	Bool	<Internal tag>
	Diam_eje	Int	<Internal tag>
	Dim_chav	Int	<Internal tag>
	N_dientes	Int	<Internal tag>
	TiempoR	DInt	<Internal tag>

**Figura 3.1:** Variables internas del *HMI*

- Variables de programación

---

	Cantidad1	Int	<Internal tag>
	Cantidad2	Int	<Internal tag>
	Cantidad3	Int	<Internal tag>
	Cantidad4	Int	<Internal tag>
	Cantidad5	Int	<Internal tag>
	Tipo1	Int	<Internal tag>
	Tipo2	Int	<Internal tag>
	Tipo3	Int	<Internal tag>
	Tipo4	Int	<Internal tag>
	Tipo5	Int	<Internal tag>

**Figura 3.2:** Variables de programación

- Variables que se comunican con el *PLC*

A1	Bool	HMI_Connectio...	A1	1 s
A10	Bool	HMI_Connectio...	A10	1 s
A2	Bool	HMI_Connectio...	A2	1 s
A3	Bool	HMI_Connectio...	A3	1 s
A4	Bool	HMI_Connectio...	A4	1 s
A5	Bool	HMI_Connectio...	A5	1 s
A6	Bool	HMI_Connectio...	A6	1 s
A7	Bool	HMI_Connectio...	A7	1 s
A8	Bool	HMI_Connectio...	A8	1 s
A9	Bool	HMI_Connectio...	A9	1 s
Ciclo	Int	HMI_Connectio...	Ciclo	1 s
Cinta1	Bool	HMI_Connectio...	Cinta1	100 ms
Cinta2	Bool	HMI_Connectio...	Cinta2	100 ms
Cinta3	Bool	HMI_Connectio...	Cinta3	100 ms
Cinta4	Bool	HMI_Connectio...	Cinta4	100 ms
Cont	UInt	HMI_Connectio...	Cont	1 s
Cont_Ciclo_Fin	Int	HMI_Connectio...	Cont_Ciclo_Fin	1 s
Cont_Ciclo_Inic	Int	HMI_Connectio...	Cont_Ciclo_Inic	1 s
Cont_Ciclos	Int	HMI_Connectio...	Cont_Ciclos	1 s
Cont_Total	Int	HMI_Connectio...	Cont_Total	1 s
Descarga	Bool	HMI_Connectio...	Descarga	1 s
Eleccion	Int	HMI_Connectio...	Eleccion	1 s
Empujador1	Int	HMI_Connectio...	Empujador1	100 ms
Empujador10	Int	HMI_Connectio...	Empujador10	100 ms
Empujador2	Int	HMI_Connectio...	Empujador2	100 ms
Empujador20	Int	HMI_Connectio...	Empujador20	100 ms
GrupoUsuarios	Int	HMI_Connectio...	GrupoUsuarios	1 s

Figura 3.3: Variables del PLC

GU	Bool	HMI_Connectio...	GU	1 s
I1	Bool	HMI_Connectio...	I1	100 ms
I2	Bool	HMI_Connectio...	I2	100 ms
I3	Bool	HMI_Connectio...	I3	100 ms
I4	Bool	HMI_Connectio...	I4	100 ms
INICIO	Bool	HMI_Connectio...	INICIO	1 s
Manual	Bool	HMI_Connectio...	Manual	1 s
Q7	Bool	HMI_Connectio...	Q7	100 ms
Q9	Bool	HMI_Connectio...	Q9	100 ms
Receta	Bool	HMI_Connectio...	Receta	1 s
Reset_conts	Bool	HMI_Connectio...	Reset_conts	1 s
Sensor1	Bool	HMI_Connectio...	Sensor1	100 ms
Sensor2	Bool	HMI_Connectio...	Sensor2	100 ms
Sensor3	Bool	HMI_Connectio...	Sensor3	100 ms
Sensor4	Bool	HMI_Connectio...	Sensor4	100 ms
Sensor5	Bool	HMI_Connectio...	Sensor5	100 ms
T_Emp_1	Time	HMI_Connectio...	T_Emp_1	100 ms
T_Emp_10	Time	HMI_Connectio...	T_Emp_10	100 ms
T_Emp_2	Time	HMI_Connectio...	T_Emp_2	100 ms
T_Emp_20	Time	HMI_Connectio...	T_Emp_20	100 ms
T_Tramo_1	Time	HMI_Connectio...	T_Tramo_1	100 ms
T_Tramo_2	Time	HMI_Connectio...	T_Tramo_2	100 ms
T_Tramo_3	Time	HMI_Connectio...	T_Tramo_3	100 ms
T_Tramo_4	Time	HMI_Connectio...	T_Tramo_4	100 ms
T_Tramo_5	Time	HMI_Connectio...	T_Tramo_5	100 ms
Tag_ScreenNumber	UInt	<Internal tag>	<Undefined>	1 s
Tiempo	Time	HMI_Connectio...	Tiempo	1 s

Figura 3.4: Variables del PLC

TiempoHMI	DInt	HMI_Connectio...	TiempoHMI	100 ms
X1001	Bool	HMI_Connectio...	X1001	1 s
X801	Bool	HMI_Connectio...	X801	1 s
X802	Bool	HMI_Connectio...	X802	1 s
X803	Bool	HMI_Connectio...	X803	1 s
X804	Bool	HMI_Connectio...	X804	1 s
X805	Bool	HMI_Connectio...	X805	1 s
X806	Bool	HMI_Connectio...	X806	1 s
X807	Bool	HMI_Connectio...	X807	1 s
X808	Bool	HMI_Connectio...	X808	1 s

Figura 3.5: Variables del PLC