



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN EN UNA CERVECERA ARTESANAL**

AUTOR: ALEXANDRE LÓPEZ FUSTER

TUTOR: OSCAR TRULL DOMÍNGUEZ

**Curso Académico: 2018-19**

# ÍNDICE DE DOCUMENTOS

MEMORIA DESCRIPTIVA .....	3
ANEXOS.....	37
PLANOS .....	49
PLIEGO DE CONDICIONES .....	103
PRESUPUESTO .....	115

## ÍNDICE GENERAL

I.	<b>MEMORIA</b> .....	<b>3</b>
1	INTRODUCCIÓN.....	7
2	ANTECEDENTES.....	8
3	REQUISITOS DE DISEÑO.....	14
4	DISEÑO DEL AUTOMATISMO. GUÍA GEMMA.....	16
5	ELECCIÓN DE EQUIPO.....	19
6	SOLUCIÓN PROPUESTA.....	24
7	CONCLUSIÓN.....	34
8	BIBLIOGRAFÍA.....	35
II.	<b>ANEXOS</b> .....	<b>37</b>
	ANEXO 1: HOJA DE BREW.....	40
	ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PLC.....	42
	ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS PANTALLA HMI.....	43
III.	<b>PLANOS</b> .....	<b>49</b>
IV.	<b>PLIEGO DE CONDICIONES</b> .....	<b>103</b>
1	INTRODUCCIÓN.....	107
2	MARCO NORMATIVO.....	108
3	DIRECCIÓN FACULTATIVA.....	109
4	CONDICIONES PARTICULARES.....	109
V.	<b>PRESUPUESTO</b> .....	<b>115</b>
1	CUADRO DE PRECIOS 1: MANO DE OBRA.....	118
2	CUADRO DE PRECIOS 2: MATERIALES.....	118
3	CUADRO DE PRECIOS 3: PRECIOS UNITARIOS.....	119
4	CUADRO DE PRECIOS 4: PRECIOS DESCOMPUESTOS.....	119
5	PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN.....	121



**Fernández Pons**  
Ecológicos Premium



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

# **Diseño de la automatización del proceso de fermentación en una cervecera artesanal.**

---

## **I. MEMORIA**



# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1	Objeto del proyecto.....	7
1.2	Alcance.....	7
1.3	Plan de trabajo .....	7
1.4	Definiciones y abreviaturas.....	8
<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>8</b>
2.1	Motivaciones.....	8
2.2	El producto.....	9
2.3	Clasificación de cervecerías .....	9
2.4	La empresa.....	9
2.5	Proceso de producción .....	11
2.5.1	Pretratamiento del agua .....	11
2.5.2	Molienda .....	12
2.5.3	Maceración.....	12
2.5.4	Cocción.....	12
2.5.5	Fermentación .....	13
2.6	Situación actual .....	13
<b>3</b>	<b>REQUISITOS DE DISEÑO .....</b>	<b>14</b>
3.1	Requisitos generales.....	14
3.2	Función parada de emergencia.....	15
3.3	Medición nivel depósito .....	15
3.4	Inhabilitación entradas y salidas de los depósitos .....	16
3.5	Modo manual .....	16
3.6	Clean in Place .....	16
<b>4</b>	<b>DISEÑO DEL AUTOMATISMO. GUÍA GEMMA.....</b>	<b>16</b>
4.1	Introducción a la guía GEMMA .....	16
4.2	Estados de la guía GEMMA .....	17
4.3	Método de diseño .....	18
<b>5</b>	<b>ELECCIÓN DE EQUIPO .....</b>	<b>19</b>

**Diseño de la automatización del proceso de fermentación en una cervecera artesanal**  
Memoria

---

5.1	Controlador .....	19
5.2	Pantalla HMI.....	19
5.3	Sensores de nivel.....	20
5.4	Actuadores válvulas.....	21
5.5	Instalación aire comprimido .....	22
5.6	Botones y pulsadores.....	22
5.7	Contactores .....	23
5.8	Fuente de alimentación .....	23
<b>6</b>	<b>SOLUCIÓN PROPUESTA.....</b>	<b>24</b>
6.1	Tablas de variables .....	24
6.1.1	Tabla de entradas .....	25
6.1.2	Tabla de entradas HMI.....	26
6.1.3	Tabla de salidas.....	27
6.2	Estados seleccionados .....	28
6.3	Desarrollo del programa .....	28
6.3.1	GRAFCET Parada de Emergencia .....	29
6.3.2	GRAFCET Modo Manual .....	30
6.3.3	GRAFCET Producción Automática.....	31
6.3.4	GRAFCET CIP .....	32
6.3.5	Control de la bomba .....	33
6.4	Pantallas HMI .....	33
6.4.1	Pantalla Producción Automática .....	33
6.4.2	Pantalla Modo Manual.....	34
<b>7</b>	<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>34</b>
7.1	Posibles mejoras.....	34
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>35</b>

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Objeto del proyecto**

El objeto del presente proyecto es diseñar la automatización para el proceso de fermentación de cerveza artesanal, así como la posterior limpieza y desinfección de los equipos utilizados.

El proyecto también contemplará la selección de los distintos dispositivos necesarios para el correcto funcionamiento.

Las acciones del presente proyecto se realizarán en Cervezas Fernández Pons (en adelante CFP), una pequeña empresa dedicada a la elaboración de cerveza entre otros productos.

### **1.2 Alcance**

A partir de las instalaciones y equipos de la empresa, se pretende aumentar el grado de automatización de esta. Para ello, atendiendo a las diferentes condiciones y restricciones, se diseñará un proceso automático adecuado y se seleccionarán los distintos componentes que complementen este diseño y hagan el proyecto realizable. El proyecto deberá tratar los siguientes puntos:

- Estudio e introducción de la situación actual de la empresa y de sus procesos productivos, así como de los objetivos y restricciones que deberá cumplir el sistema automático.
- Proponer un programa en un lenguaje de programación adecuado para que pueda ser interpretado por un autómatas programable.
- Elaborar pantallas HMI que sean de utilidad para controlar y obtener información sobre el proceso.
- Seleccionar los dispositivos necesarios y que estos queden reflejados tanto en los planos como en los presupuestos.

Este proyecto se coordina con el elaborado por el alumno Ulises Verdejo Villalón del grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática. Su proyecto trata sobre la automatización del proceso de pretratamiento del agua y el control de la bomba de la planta, siendo esta última parte la de interés para el presente proyecto.

### **1.3 Plan de trabajo**

A continuación, se describirán las distintas tareas que se deben realizar para alcanzar los objetivos del proyecto:

- Análisis de la realidad de la situación actual de la empresa.
- Diseño de distintas soluciones y posterior elección de la mejor de ellas.
- Elaboración de diagramas GRAFCET y posterior traducción a diagramas de contactos.
- Elección de equipos y dispositivos necesarios y disposición de estos en planos.
- Elaboración de los documentos necesarios.

## 1.4 Definiciones y abreviaturas

- CFP: Cervezas Fernández Pons. Empresa promotora del proyecto.
- CIP: Clean In Place, en español limpieza en el lugar. Método de limpieza y desinfección extendido en las industrias alimentarias.
- GRAFCET: Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition, en español diagrama de control con etapas y transiciones. Modelo de representación gráfica de sistemas lógicos secuenciales.
- GEMMA: Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts, en español guía de estudio de los modos de marchas y paros.
- HMI: Human-Machine Interface, en español interfaz hombre-máquina. Panel de control diseñado para conseguir una comunicación interactiva entre operador y proceso/máquina.
- PLC: Programmable Logic Controller, en español controlador lógico programable. Computadora utilizada en la automatización industrial para automatizar procesos electromecánicos.
- Diagrama de contactos: lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables. Está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

## 2 ANTECEDENTES

La automatización industrial consiste en el control de máquinas o procesos, que por lo general realizan tareas repetitivas, mediante el uso de distintas tecnologías, logrando que estas sean realizadas de una manera automática o semiautomática.

Entre las ventajas podemos destacar:

- Reducción de costes.
- Producción constante (salvo averías) y más uniforme.
- Más seguridad para los empleados.

Actualmente la industria evoluciona a entornos más automatizados, por lo tanto, cualquier empresa debería automatizar sus procesos en la medida de lo posible para evitar perder competitividad.

### 2.1 Motivaciones

La motivación principal de este proyecto es la necesidad de elaborar por parte del alumno un Trabajo Final de Grado. La elección de este proyecto viene condicionada por diversos factores, entre ellos, la oportunidad de poder trabajar en un proyecto real con una empresa con el deseo de implementarlo y el campo de estudio.

Por parte de la empresa se busca abaratar y aumentar la eficiencia de los procesos sobre los que se va a actuar, así como facilitar la reproducibilidad de sus productos.

## **2.2 El producto**

La cerveza es una bebida alcohólica de sabor amargo, resultante de fermentar el mosto procedente de la malta de cebada tras ser cocida y aromatizada con lúpulo.

Se conocen muchas variantes de cerveza, pero todas ellas se pueden agrupar en dos grandes grupos: el tipo “ale” o de fermentación alta y el tipo “lager” o de fermentación baja. La principal diferencia entre estos dos grupos radica en el tipo levadura utilizada y sus temperaturas de fermentación.

Dependiendo de las características de la materia prima empleada, cantidad y calidad de la malta y lúpulo, así como de los procesos productivos, se puede obtener una gran variedad de cervezas distintas, todas ellas con sabores y matices diferentes y únicos.

## **2.3 Clasificación de cervecerías**

Según la asociación de cervecerías artesanales más grande de Estados Unidos, conocida como Brewers Association (BA), el mercado de la industria cervecera se puede segmentar en 4 grupos distintos:

- a) BrewPubs. Este grupo lo integran aquellas empresas que venden más del 25% de su producto en la misma empresa. Normalmente son pequeñas cerveceras anexas a un bar o restaurante, donde habitualmente la cerveza se dispensa directamente de los tanques de almacenamiento de la cervecería.
- b) Microcervecerías. Empresas que producen menos de 17.600 hectolitros de cerveza al año, de los cuales, más del 75% se venden fuera del mismo establecimiento. Tienen 3 posibles maneras de llegar al consumidor: vender su producto a un mayorista, actuar como tál vendiendo a minoristas o vender directamente al consumidor en tiendas propias.
- c) Cervecería Industrial. Según su producción se puede dividir en dos subgrupos:
  - Cervecería Regional. Produce entre 17.600 hectolitros y 7.040.000 hectolitros anuales.
  - Gran Cervecería. Produce más de 7.040.000 hectolitros anuales.
- d) Empresa Cervecera Subcontratista. Negocio que contrata otra cervecería para producir su cerveza. La empresa se encarga de la comercialización, venta y distribución de su cerveza mientras la producción y empaquetado es delegado a una empresa productora.

## **2.4 La empresa**

CFP es un proyecto familiar iniciado entre viñedos en 2006, en el Parque Natural de Las Hoces del Cabriel (Cuenca).

Actualmente situada en la Avenida del Escultor Andreu Alfaro del municipio valenciano de Godella, esta cervecería puede presumir de ser la primera productora de cerveza artesana de la Comunidad Valenciana.

Su objetivo es satisfacer a aquellos clientes que buscan cervezas selectas y con toques especiales, cervezas que las grandes productoras no pueden ofrecer con sus productos prácticamente

## Diseño de la automatización del proceso de fermentación en una cervecera artesanal

### Memoria

---

estandarizados. Para ello, CFP trabaja únicamente con ingredientes ecológicos de gran calidad, obteniendo cervezas frescas, equilibradas y muy aromáticas.

En sus instalaciones también disponen de un alambique de cobre con el que destilan los posos obtenidos de la fermentación de la cerveza para obtener un alcohol con toques de malta. Este alcohol, combinado con los vinos de sus propias bodegas, es utilizado para la elaboración de un vermú con carácter mediterráneo, producto que está teniendo una gran aceptación por parte de los clientes.

CFP produce un total de 6 tipos de cervezas distintas, cada una con un sabor diferente y único. Sus nombres:

- Altura de Vuelo, considerada su receta clásica.
- Flor de Trigo, suave cerveza de trigo con notas florales.
- Silva, cerveza tostada con virutas de roble francés para aportarle la tanicidad de los vinos envejecidos en barrica.
- Bola 8, ultrasecreta fórmula de 8 maltas.
- Albada, cerveza con fondo cítrico que aporta frescor y un agradable amargor final.
- Pons 1840, sabrosa cerveza exclusiva con intenso sabor a cereal y extra de malta.



Figura 1. Cervezas producidas en CFP. Fuente: <https://www.fernandezpons.es/cervezas.html>

## 2.5 Proceso de producción

Aunque el presente Trabajo Final de Grado se va a centrar exclusivamente en la automatización del proceso de fermentación, se va a realizar una breve descripción de los principales procesos productivos necesarios para elaborar cerveza artesanal, los cuales pueden verse resumidos en la siguiente imagen:

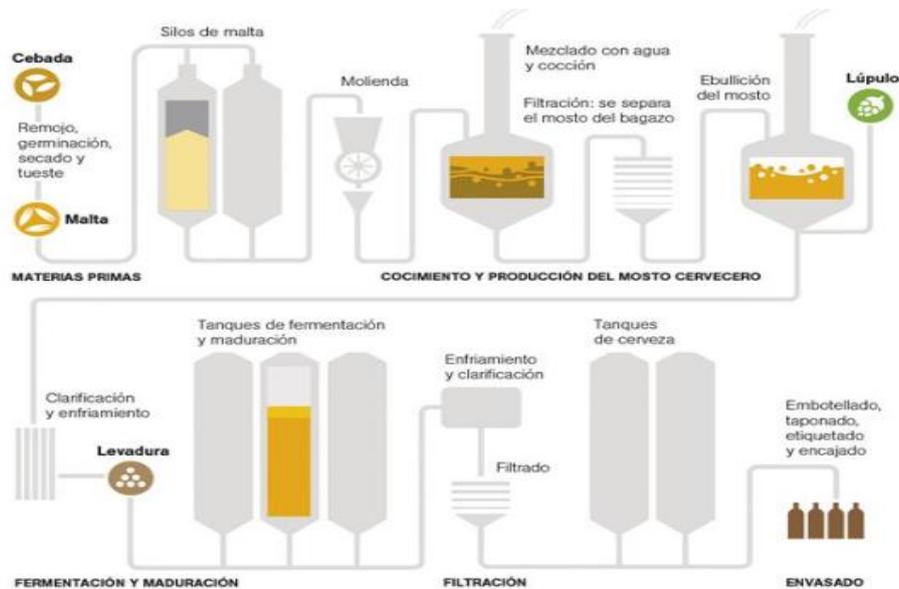


Figura 2. Esquema proceso de producción de cerveza. Fuente: <https://www.nationalgeographic.com.es>

### 2.5.1 Pretratamiento del agua

El agua es el principal ingrediente de la cerveza y por lo tanto influye en el resultado final del producto. Inicialmente, CFP utilizaba agua de manantial del parque natural de las Hoces del Cabriel para preparar sus brebajes, la cual le daba un toque especial a sus cervezas.

En su nueva localización, CFP realiza un pretratamiento del agua que consiste en descalcificar, declorar y realizar una osmosis inversa al agua sanitaria.

Una vez el agua está tratada se controla el nivel de pH (debe estar en torno a 5,3 para propiciar una correcta maceración) y se le añaden sales minerales con el fin de conseguir el mismo perfil mineral del agua de manantial utilizada anteriormente.

Finalizado este proceso, el agua es almacenada en un depósito donde se eleva la temperatura a fin de tenerla preparada para la posterior maceración.

### **2.5.2 Molienda**

El objetivo de la molienda es triturar la malta hasta lograr un tamaño de grano adecuado para la posterior maceración. Es importante que la cascarilla permanezca lo más entera posible, puesto que se usará como filtro en la fase posterior y si queda destruida es inservible para esta finalidad.

Una vez la malta está molida se mezcla con el agua previamente tratada para dar comienzo a la maceración.

### **2.5.3 Maceración**

La mezcla de la malta molida con el agua pretratada y precalentada se mantiene a una temperatura adecuada (entre 62°C y 74°C) que propicia que las enzimas de la malta actúen sobre los cereales, transformando su almidón en azúcares. Tanto el tiempo de este proceso como la temperatura dependen de la receta que se vaya a elaborar.

La maceración durará aproximadamente entre 60 y 90 minutos, no obstante, se puede realizar una prueba de iodo el cual nos indicará exactamente cuándo ha terminado. No es aconsejable continuar macerando la mezcla una vez agotado el almidón ya que la malta empezará a desprender taninos, una sustancia que alterará el sabor del producto aportando una amargura no deseada.

Llegados a este punto, tendremos un líquido dulce conocido como mosto cervecero, el cual se recircula por un filtro prensa que con la ayuda de la cascarilla de la malta logra separar el mosto del bagazo (restos sólidos de la maceración).

### **2.5.4 Cocción**

El líquido obtenido en el proceso anterior se introduce en una caldera donde se le añade lúpulo y se calienta hasta el punto de ebullición durante un tiempo comprendido entre 45 minutos y 2 horas.

Este proceso trata de extraer el amargor característico del lúpulo típico de la cerveza, esterilizar el mosto, clarificarlo y eliminar el exceso de agua.

Durante este proceso se forma una sustancia denominada “turbio caliente” que es eliminada, junto a los residuos de lúpulo, con un tanque Whirlpool.

Una vez finalizado el proceso, el mosto pasa por un intercambiador de calor (donde se enfría hasta una temperatura entre 20°C y 30°C) en dirección a los depósitos de fermentación.

### **2.5.5 Fermentación**

Es el último proceso antes del embotellado y en el cual se va a centrar este proyecto. En este paso, se le añaden levaduras al mosto que transforman los azúcares en alcohol y CO<sub>2</sub>.

Esta reacción química es exotérmica, por lo tanto, los depósitos de fermentación se refrigeran con el fin de que la temperatura se mantenga estable en el valor óptimo para propiciar el trabajo de los hongos (entre 10°C y 22°C).

Este proceso puede durar entre 4 y 15 días (tanto la temperatura como el tiempo dependen de la receta de cerveza que se esté elaborando).

Una vez terminada la fermentación primaria, se recogen las levaduras que han sedimentado en el fondo del depósito, conocidas como posos, y se almacenan para ser utilizadas como materia prima en la elaboración de alcohol para vermú.

En el caso de las cervezas artesanales elaboradas en CFP, la fermentación no es completa. Una vez la cerveza es embotellada se guarda en un lugar fresco donde se produce una segunda fermentación en las mismas botellas.

## **2.6 Situación actual**

CFP, según la clasificación anteriormente expuesta, está dentro del grupo de las microcervecías, pues produce 264.000 litros anuales. La empresa cuenta con 2 empleados y venden su producto a clientes especializados como hoteles y restaurantes, grandes supermercados y en una pequeña exposición anexa a su fábrica. También fabrican cerveza para otras marcas.

Actualmente, el proceso productivo es completamente manual, teniendo que ocuparse los operarios tanto del control de los distintos dispositivos que participan en el mismo (válvulas, motores de agitación, bomba, etc.) como de las distintas variables para la correcta elaboración de la cerveza, quedando todo el proceso registrado en las llamadas “Hojas de Brew” (ver anexo 1).

Los trabajadores de CFP, además de lo expuesto, deben de encargarse del embotellado y del etiquetado (en estaciones semiautomatizadas), almacenamiento del producto, reposición de materia prima, mantenimiento de la planta y limpieza y desinfección de los distintos equipos de producción.

A modo de ilustración del apartado anterior y de la situación actual se adjunta un diagrama de flujo del proceso.

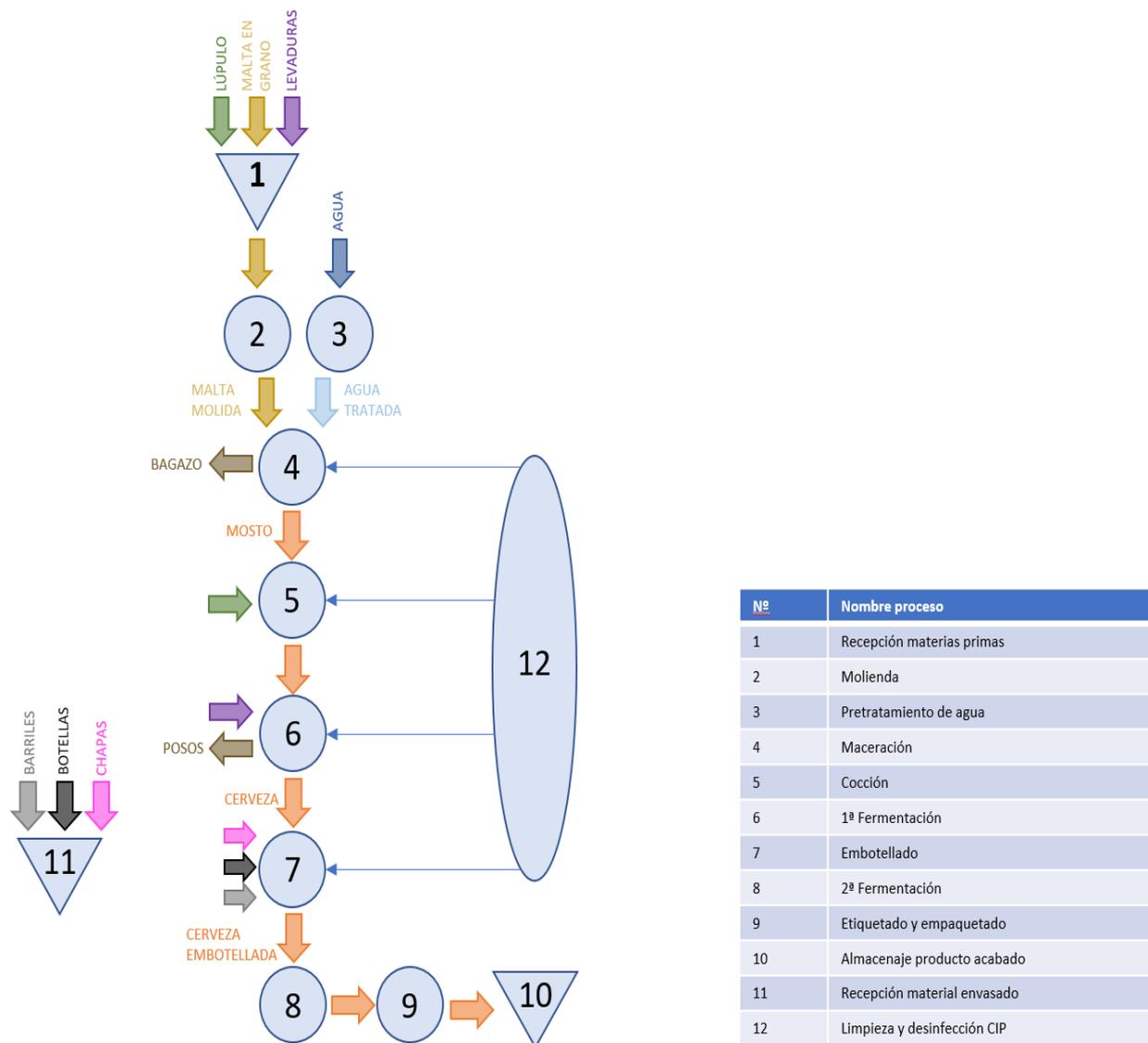


Figura 3. Diagrama de flujo de elaboración de cerveza en CFP. Fuente: Elaboración propia.

### 3 REQUISITOS DE DISEÑO

#### 3.1 Requisitos generales

Se pretende automatizar un conjunto de 7 depósitos de fermentación con una capacidad de 2000 litros cada uno, de tal manera que sea posible seleccionar en que depósito se va a realizar el proceso mediante pulsadores de marcha.

El automatismo deberá de ser capaz de transferir el mosto desde el depósito de cocción hasta el depósito de fermentación deseado y controlar el motor de agitación.

No será necesario el control de la temperatura de los depósitos puesto que están provistos de unos termopares conectados a una unidad de refrigeración autónoma de agua glicolada, encargada de regular la temperatura de los distintos depósitos según las consignas de los controladores de la propia unidad de refrigeración. No obstante, sí que se necesita mandar una señal digital para activar el proceso de refrigeración en el depósito en el cual se necesite.

Una vez terminado el proceso de fermentación, el sistema deberá realizar una limpieza y desinfección CIP.

La bomba que se ocupa tanto de transvasar el contenido del depósito de cocción a los de fermentación como bombear los productos del CIP, así como las válvulas adyacentes serán automatizadas en otro PLC por el alumno Ulises Verdejo Villalón.

Cada depósito contará con una seta de emergencia, dichas setas de emergencia se dispondrán en serie de tal manera que se puedan accionar desde cualquier depósito de la instalación, con el fin de que el accionamiento de una de las setas ponga en estado de emergencia el conjunto de los depósitos, como si de una única máquina se tratara.

Se requiere también un modo manual y una interfaz HMI para poder controlar dicho modo, así como poder observar los distintos estados e información de los depósitos.

### **3.2 Función parada de emergencia**

Cuando una de las setas sea accionada, el sistema deberá congelar el proceso e inhibir todos los dispositivos activos en ese momento, evolucionando a un estado seguro y alertando de este estado de emergencia mediante un aviso tanto sonoro como lumínico.

Se contemplarán dos posibles escenarios:

1. La perturbación que ha provocado la parada se ha solventado satisfactoriamente, en tal caso, bastará con rearmar la seta y accionar un pulsador de rearme para reanudar la producción automática.
2. La perturbación que ha provocado la parada obliga a desechar la producción, en este caso se requiere que se pueda seleccionar cuales son los depósitos afectados para su posterior vaciado y reinicio. En el caso que se produzca esta situación extraordinaria, la posterior limpieza y desinfección de los depósitos afectados se realizará de manera manual.

### **3.3 Medición nivel depósito**

Previamente al inicio de la fermentación en el depósito seleccionado, se comprobará que este está completamente vacío. En caso contrario se alertará mediante un mensaje en la interfaz HMI y el proceso no comenzará.

No es necesario medir el nivel exacto en el depósito, bastará con indicar cuando está lleno o vacío.

### **3.4 Inhabilitación entradas y salidas de los depósitos**

En el caso de las entradas, la bomba utilizada para bombear el mosto y los productos desinfectantes del CIP puede considerarse un recurso compartido. Por lo tanto, hay que tener en cuenta cuando se está utilizando para inhabilitar el bombeo a los depósitos.

Las salidas de los depósitos se unen mediante un mismo colector que transfiere el contenido del depósito bien a la embotelladora o a un desagüe, así pues, se desea evitar que se produzca un vaciado de cerveza y un CIP en otro depósito simultáneamente.

### **3.5 Modo manual**

Se quiere poder acceder al modo manual en cualquier momento del proceso de fermentación, siempre y cuando no interrumpa un CIP.

El modo constará de 4 acciones: Encender el motor de agitación, llenar el depósito de mosto, vaciar el contenido del depósito a la embotelladora o vaciarlo al desagüe.

También se requiere que al salir del modo manual sea posible realizar un CIP o no, según criterio del operario.

### **3.6 Clean in Place**

Consta de dos depósitos de 500 litros en los que los operarios preparan las disoluciones químicas necesarias para la limpieza y desinfección.

Será necesario comprobar que ambos depósitos estén llenos antes de empezar el proceso.

Según la norma **UNE-EN 1672-1**, la máquina deberá estar provista de una señal visual que funcionará durante el ciclo de limpieza.

## **4 DISEÑO DEL AUTOMATISMO. GUÍA GEMMA**

### **4.1 Introducción a la guía GEMMA**

Desarrollada por la ADEPA (Agence pour le Developpement de la Productique Appliquée, Agencia nacional francesa para el desarrollo de la producción aplicada a la industria), la guía GEMMA se define como Guía de Estudios de Modos de Marcha y de Parada de los Sistemas Automatizados.

Este procedimiento de dominio público sirve para poder estandarizar los diferentes modos de funcionamiento y se ha tomado como referencia para el diseño del automatismo objeto del presente proyecto.

La guía GEMMA consiste en una guía gráfica que parte de la idea de que un automatismo puede estar en cuatro situaciones diferentes:

- En funcionamiento.
- Parado o en proceso de paro.
- Situación de emergencia o defecto, en esta situación se puede considerar que el producto no es aprovechable, o lo puede ser siempre que se manipule adecuadamente.
- Sin alimentación (no es de interés para definir el automatismo en cuestión).

Tanto GEMMA como GRAFCET se complementan, permitiendo una descripción clara y progresiva del automatismo de producción que se está diseñando.

Cada una de las situaciones previamente mencionadas se puede subdividir, obteniendo un total de 17 estados distintos.

## 4.2 Estados de la guía GEMMA

En el siguiente gráfico podemos observar los distintos estados de la guía GEMMA. Cabe destacar que, para el diseño del sistema automático de una máquina no es necesario la utilización de la totalidad de los estados, sino que se valorará y utilizarán aquellos que se consideren oportunos.

La guía también propone los caminos más habituales para pasar de un estado a otro, no siendo incompatible trazar nuevos si esto fuese necesario.

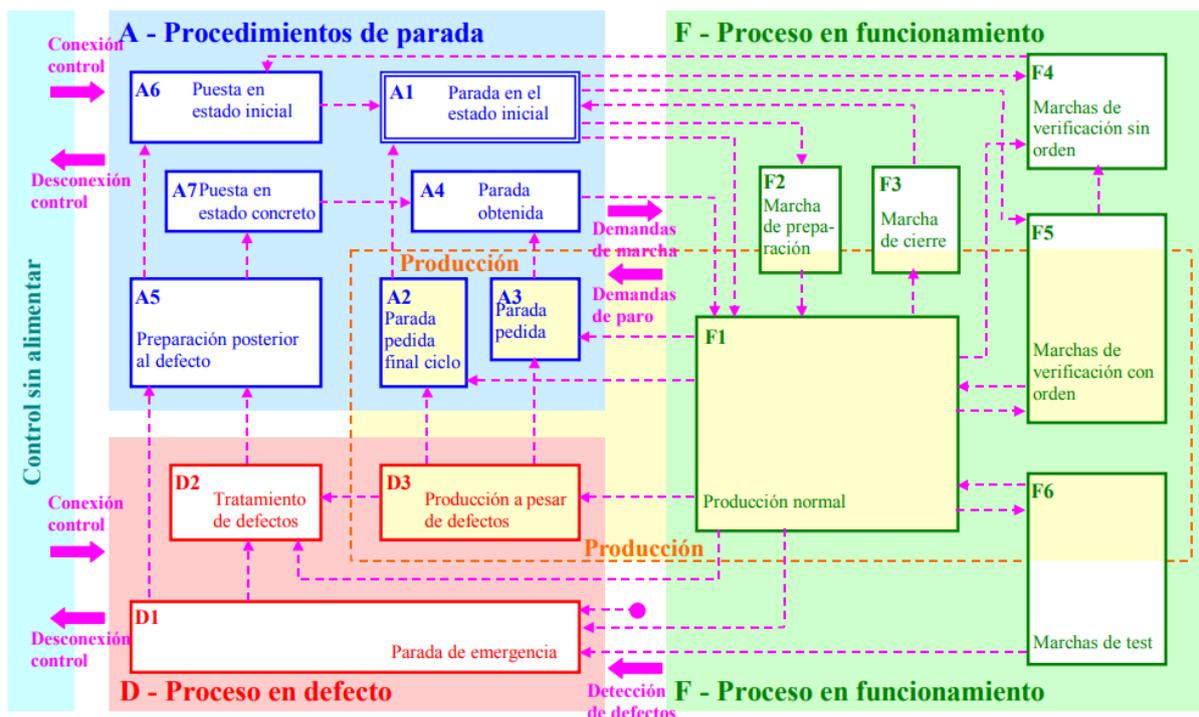


Figura 4. Guía GEMMA. Fuente: <https://recursos.citcea.upc.edu/grafcet/gemma/descrip.html>

En la imagen podemos identificar fácilmente los cuatro estados mencionados en el apartado anterior donde:

- Grupo F: Procedimientos en funcionamiento. Grupo orientado a preparar el sistema para producir y una vez preparado conseguir que produzca de forma automática.
- Grupo A: Procedimientos de parada. Contiene los modos en los que la máquina está parada y los que permiten que la máquina pase a este estado.
- Grupo D: Procedimientos de defecto. Contempla cuando el sistema está en defecto, ya sea produciendo en defecto o en parada de emergencia.

Como podemos observar, el sistema de producción está compuesto por la combinación de los tres estados anteriormente explicados.

### **4.3 Método de diseño**

La metodología de diseño propuesta por la guía GEMMA es la siguiente:

1. Estudiar el proceso a automatizar, definiendo el proceso de producción normal y realizando el GRAFCET primer nivel (descripción funcional, se tiene en cuenta las funciones que debe realizar la automatización en cada etapa).
2. Definir los elementos idóneos (sensores y actuadores) para la automatización del proceso previamente definido.
3. Elaborar GRAFCET de segundo nivel (descripción tecnológica, se tiene en cuenta los sensores y actuadores, no las funciones que se realizan).
4. Definir qué estados son necesarios en el presente caso y definir las líneas de evolución entre los estados seleccionados.
5. Diseñar los elementos que compondrán el pupitre de mando y su ubicación.
6. Definir las condiciones de transición entre las etapas del modelo GEMMA diseñado.
7. Elaborar los distintos GRAFCET de segundo nivel que componen los distintos estados definidos en el modelo GEMMA.
8. Determinar la tecnología de mando (autómata programable, ordenador, microprocesador, etc.).
9. Definir los GRAFCET de tercer nivel (descripción operativa, definirá la secuencia de actuaciones que realizará el PLC).
10. Implementar los diversos GRAFCET al sistema de control en un lenguaje de programación entendible para la máquina elegida.
11. Instalación, implementación, puesta a punto y reajustes.

Si bien para el diseño se han seguido los pasos expuestos, algunos serán omitidos o alternados en la presente memoria con el objetivo de que el proyecto sea expuesto en un orden más lógico.

## **5 ELECCIÓN DE EQUIPO**

### **5.1 Controlador**

Entre las tecnologías disponibles actualmente se ha elegido un controlador tipo PLC.

Entre las ventajas frente otros tipos de controladores podemos destacar la robustez, tanto en software como en hardware, y la flexibilidad que ofrecen.

Entre la gran variedad de PLC que actualmente se puede encontrar en el mercado se ha elegido un PLC de la familia S7-1200 de la marca Siemens.

La principal motivación para decantarnos por esta marca ha sido la posibilidad de poder trabajar con el software TIA Portal (en su versión de prueba gratuita), software que ofrece un entorno que integra características de todos sus controladores y módulos adicionales, distintos lenguajes de programación, desarrollo de Interfaces HMI y entorno de simulación.

Desde el punto de vista académico es interesante adquirir conocimientos en este software ya que está muy extendido en la industria y satisface muchas de las necesidades para la automatización industrial en el mismo programa.

La gama de PLC S7-1200 ofrece flexibilidad y capacidad de control en una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta. También dispone de un puerto Ethernet para la comunicación en red PROFINET.

Entre los distintos modelos de CPU 1200C el elegido ha sido el 1214C por ser el único que permite conectar 3 módulos de ampliación de señales (necesarios para la programación del automatismo).

Para más información del PLC ver anexo 2.

### **5.2 Pantalla HMI**

Se ha elegido una pantalla táctil de la misma marca que el PLC, lo que nos permite configurarla con el software TIA Portal fácilmente.

El modelo elegido ha sido el Simatic KPT700 Basic.

Funciona con una tensión de 24 VDC y dispone de una conexión Ethernet para la comunicación con el PLC.

Dimensiones de la pantalla:

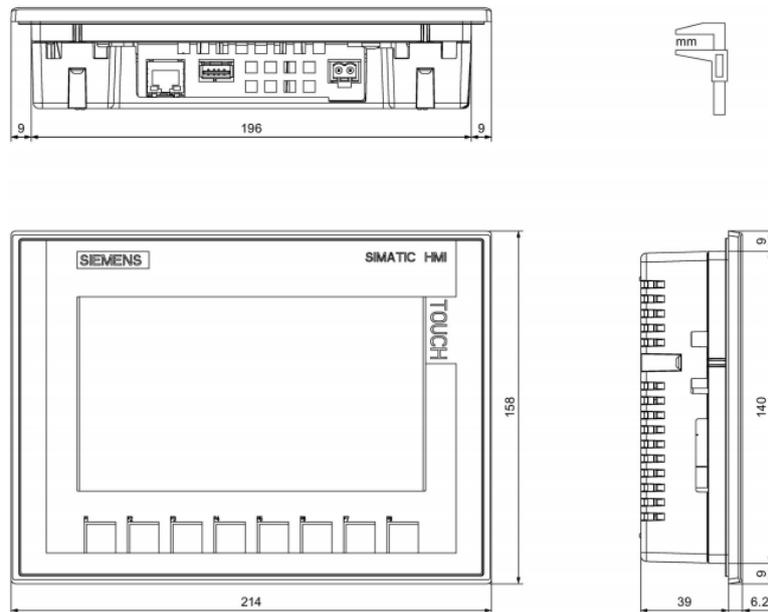


Figura 5. Croquis acotado del KTP700 Basic. Fuente: Instrucciones de servicio Simatic HMI

### 5.3 Sensores de nivel

Entre las tecnologías disponibles, se han elegido sensores capacitivos Liquipoint FTW23 del proveedor Endress and Hauser. Este dispositivo es utilizado para la detección de nivel de líquidos de base agua.



Figura 6. Sensor Liquipoint FTW23. Fuente: <https://www.es.endress.com/es>

Desarrollado para la industria alimentaria, satisface todos los requisitos sanitarios y soporta los productos corrosivos de los ciclos de limpieza CIP. En comparación con otros tipos de sensores, es más económico, fácil de instalar y no requiere mantenimiento excesivo.

El sensor brinda la posibilidad de ajustar el tiempo de conmutación y de configurar el sensor como NC o NO. La asignación recomendada por la documentación técnica de las salidas de conmutación es: Modo NC para los sensores para protección contra sobrellenado y NO para los sensores de detección de nivel mínimo. Esta asignación hace el sistema más seguro en caso de fallo del sensor.

## 5.4 Actuadores válvulas

Se instalarán actuadores neumáticos de simple efecto y cuarto de vuelta en las válvulas actuales del proceso.

Se ha elegido el actuador neumático de simple efecto para válvulas de mariposa con caja de final de carrera con detectores inductivos y electroválvula 3/2 (artículo 5944 02) del proveedor Genebre.

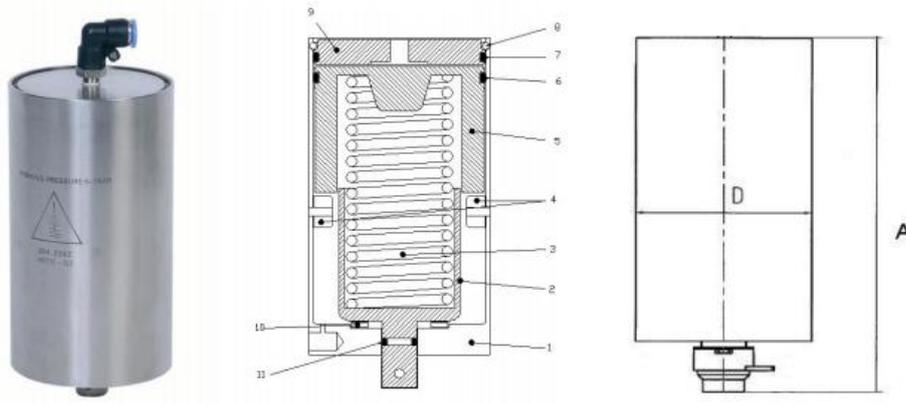


Figura 7. Actuador neumático. Fuente: <http://www.genebre.es>

Construido en acero inoxidable AISI 304 con un acabado de pulido sanitario, diámetro de 85 mm, altura de 180 mm y una presión de trabajo de entre 5 / 7 bar.



Figura 8. Cabezal control actuador neumático. Fuente: <http://www.genebre.es>

La caja final de carrera dispone de una electroválvula 3/2 NC, conector de entrada de aire para tubos de 6 mm de diámetro, escape de aire con silenciador y detectores inductivos para indicar el estado de la válvula con indicadores luminosos, también integrados.

## 5.5 Instalación aire comprimido

Cualquier compresor puede satisfacer las exigencias requeridas por los actuadores seleccionados. Finalmente se ha elegido el modelo S-AC50V-8-10 de la marca GeoTech.



Figura 9. Compresor S-AC50V-8-10 GeoTech. Fuente: <https://www.agrieuro.es>

Su capacidad de aspiración es de 160 l/min y la presión máxima de suministro de 8 bar. Es silencioso (67 dB), dispone de un depósito de 50 l, un regulador de presión y un presostato.

Las mangueras para las canalizaciones del aire comprimido serán de 6 mm de diámetro interior.

También será necesario una unidad de purificación para el aire comprimido, se ha seleccionado el modelo MSB-FRC de la marca Festo.

## 5.6 Botones y pulsadores

Para los botones de emergencia se han seleccionado botones tipo seta, con rearme giratorio y contactos NC de la marca Omron. El modelo seleccionado es el Omron A22E-M-01.

Para el pulsador de rearme, se ha elegido el modelo 500XB2-BA31 con retorno por resorte y de color azul. Los pulsadores de marcha serán el mismo modelo, pero en color verde. Incluyen contacto NO.



Figura 10. Botones seleccionados. Fuente: <https://es.rs-online.com>

## 5.7 Contactores

Necesarios para la activación de los motores de agitación de 5,5 kW de potencia.

Siendo los motores una carga inductiva y estando el circuito accionador del contactor alimentado por una tensión de 24 VDC se han seleccionado los contactores LC1D09BD de la marca Schneider.



Figura 11. Contactor LC1D09BD. Fuente: <https://www.se.com/es>

## 5.8 Fuente de alimentación

Se ha seleccionado una fuente monofásica para rectificar la corriente alterna y alimentar tanto el PLC, los módulos de ampliación, la pantalla y todas las salidas y entradas.



Figura 12. Fuente de alimentación. Fuente: <https://www.digikey.es>

Tensión de alimentación 230 VAC (217-264 VAC), tensión de salida 24 VDC, potencia nominal de salida 120 W con un rendimiento de 85%.

Será suficiente para suplir la potencia demandada por los distintos dispositivos (80 W aproximadamente) y brindará una mayor protección a la instalación ante sobrecargas y cortocircuitos.

## 6 SOLUCIÓN PROPUESTA

### 6.1 Tablas de variables

Las direcciones de memoria y E/S son identificables de la siguiente forma:

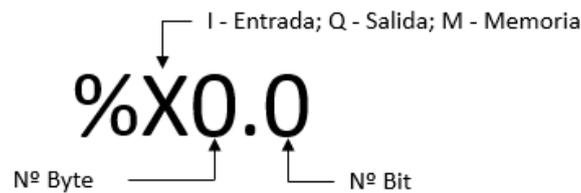


Figura 13. Identificador direcciones. Fuente: Elaboración propia.

Es posible reservar más de un bit de memoria añadiendo a la posición inmediatamente posterior de la "X" una de las siguientes letras:

- B – Para reservar un byte entero.
- W – Para words (16 bits).
- D – Para doble words (32 bits).

A continuación, se van a exponer las tablas donde quedan reflejadas las distintas entradas y salidas del sistema automático.

Cabe destacar que los nombres de las variables están formados por un identificador seguido de una breve descripción. En los GRAFCET que se expondrán a continuación las entradas y salidas que se muestran en las tablas quedarán reflejadas mediante su identificador.

### 6.1.1 Tabla de entradas

<b>NOMBRE DE ENTRADA</b>	<b>TIPO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
PE_SETA EMERGENCIA	Bool	%I0.0
R_PULSADOR REARME	Bool	%I0.1
S1_PULSADOR MARCHA D1	Bool	%I0.2
S2_PULSADOR MARCHA D2	Bool	%I0.3
S3_PULSADOR MARCHA D3	Bool	%I0.4
S4_PULSADOR MARCHA D4	Bool	%I0.5
S5_PULSADOR MARCHA D5	Bool	%I0.6
S6_PULSADOR MARCHA D6	Bool	%I0.7
S7_PULSADOR MARCHA D7	Bool	%I1.0
KA1_BOMBA DISPONIBLE	Bool	%I1.1
S01_SENSOR D1 VACIO	Bool	%I1.2
S02_SENSOR D2 VACIO	Bool	%I2.0
S03_SENSOR D3 VACIO	Bool	%I2.1
S04_SENSOR D4 VACIO	Bool	%I2.2
S05_SENSOR D5 VACIO	Bool	%I2.3
S06_SENSOR D6 VACIO	Bool	%I2.4
S07_SENSOR D7 VACIO	Bool	%I2.5
S11_SENSOR D1 LLENO	Bool	%I2.6
S12_SENSOR D2 LLENO	Bool	%I2.7
S13_SENSOR D3 LLENO	Bool	%I3.0
S14_SENSOR D4 LLENO	Bool	%I3.1
S15_SENSOR D5 LLENO	Bool	%I3.2
S16_SENSOR D6 LLENO	Bool	%I3.3
S17_SENSOR D7 LLENO	Bool	%I3.4
S18_SENSOR D8 LLENO (SOSA)	Bool	%I3.5
S19_SENSOR D9 LLENO (ACET.)	Bool	%I3.6

Tabla 1. Entradas PLC. Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.2 Tabla de entradas HMI

NOMBRE DE ENTRADA	TIPO	DIRECCIÓN
MM1_MODO MANUAL D1	Bool	%M100.3
MM2_MODO MANUAL D2	Bool	%M100.4
MM3_MODO MANUAL D3	Bool	%M100.5
MM4_MODO MANUAL D4	Bool	%M100.6
MM5_MODO MANUAL D5	Bool	%M100.7
MM6_MODO MANUAL D6	Bool	%M101.0
MM7_MODO MANUAL D7	Bool	%M101.1
VD1_VACIAR D1	Bool	%M101.2
VD2_VACIAR D2	Bool	%M101.3
VD3_VACIAR D3	Bool	%M101.4
VD4_VACIAR D4	Bool	%M101.5
VD5_VACIAR D5	Bool	%M101.6
VD6_VACIAR D6	Bool	%M101.7
VD7_VACIAR D7	Bool	%M102.0
VT_VACIAR TODOS LOS DEPOSITOS	Bool	%M102.1
MMLlenar_BOTON LLENAR MM	Bool	%M111.7
MMVaciarEm_BOTON VACIAR A EMB MM	Bool	%M112.0
MMVaciarDe_BOTON VACIAR A DES MM	Bool	%M112.1
MMAgitar_BOTON ENCENDER AGITADOR MM	Bool	%M112.2
MMSELECT_SELECTOR SALIDA MM	Byte	%MB103
MMREP_SALIR Y ESTADO INICIAL	Bool	%M103.0
MMFERM_SALIR Y ESTADO EN FERMENTACION	Bool	%M103.1
MMCIP_SALIR Y ESTADO ESPERA CIP	Bool	%M103.2

*Tabla 2. Entradas HMI. Fuente: Elaboración propia.*

### 6.1.3 Tabla de salidas

NOMBRE DE SALIDA	TIPO	DIRECCIÓN
KM1_MOTOR AGITACION 1.M1	Bool	%Q0.0
KM2_MOTOR AGITACION 2.M1	Bool	%Q0.1
KM3_MOTOR AGITACION 3.M1	Bool	%Q0.2
KM4_MOTOR AGITACION 4.M1	Bool	%Q0.3
KM5_MOTOR AGITACION 5.M1	Bool	%Q0.4
KM6_MOTOR AGITACION 6.M1	Bool	%Q0.5
KM7_MOTOR AGITACION 7.M1	Bool	%Q0.6
K01_SOLICITUD BOMBA MOSTO	Bool	%Q0.7
K02_SOLICITUD BOMBA CIP	Bool	%Q1.0
K1_REFRIGERACION D1	Bool	%Q1.1
K2_REFRIGERACION D2	Bool	%Q2.0
K3_REFRIGERACION D3	Bool	%Q2.1
K4_REFRIGERACION D4	Bool	%Q2.2
K5_REFRIGERACION D5	Bool	%Q2.3
K6_REFRIGERACION D6	Bool	%Q2.4
K7_REFRIGERACION D7	Bool	%Q2.5
H0_SIRENA	Bool	%Q2.6
H1_LUZ AVISO D1	Bool	%Q2.7
H2_LUZ AVISO D2	Bool	%Q3.0
H3_LUZ AVISO D3	Bool	%Q3.1
H4_LUZ AVISO D4	Bool	%Q3.2
H5_LUZ AVISO D5	Bool	%Q3.3
H6_LUZ AVISO D6	Bool	%Q3.4
H7_LUZ AVISO D7	Bool	%Q3.5
Y1_VALVULA 1.01 ED1	Bool	%Q3.6
Y3_VALVULA 2.01 ED2	Bool	%Q3.7
Y5_VALVULA 3.01 ED3	Bool	%Q4.0
Y7_VALVULA 4.01 ED4	Bool	%Q4.1
Y9_VALVULA 5.01 ED5	Bool	%Q4.2
Y11_VALVULA 6.01 ED6	Bool	%Q4.3
Y13_VALVULA 7.01 ED7	Bool	%Q4.4
Y15_VALVULA 1.02 SD1	Bool	%Q4.5
Y17_VALVULA 2.02 SD2	Bool	%Q4.6
Y19_VALVULA 3.02 SD3	Bool	%Q4.7
Y21_VALVULA 4.02 SD4	Bool	%Q5.0
Y23_VALVULA 5.02 SD5	Bool	%Q5.1
Y25_VALVULA 6.02 SD6	Bool	%Q5.2
Y27_VALVULA 7.02 SD7	Bool	%Q5.3
Y29_VALVULA 8.01 SOSA	Bool	%Q5.4
Y31_VALVULA 9.01 ACET.	Bool	%Q5.5
Y33_VALVULA 10.01 AGUA	Bool	%Q5.6
Y35_VALVULA 0.04 EMBOT.	Bool	%Q5.7

Tabla 3. Salidas PLC. Fuente: Elaboración propia.

## 6.2 Estados seleccionados

Previamente a la explicación del GRAFCET del proceso de producción normal, se va a exponer el caso obtenido de aplicar la guía GEMMA al presente proyecto, para proseguir con los GRAFCETS de los distintos estados en un orden jerárquico.

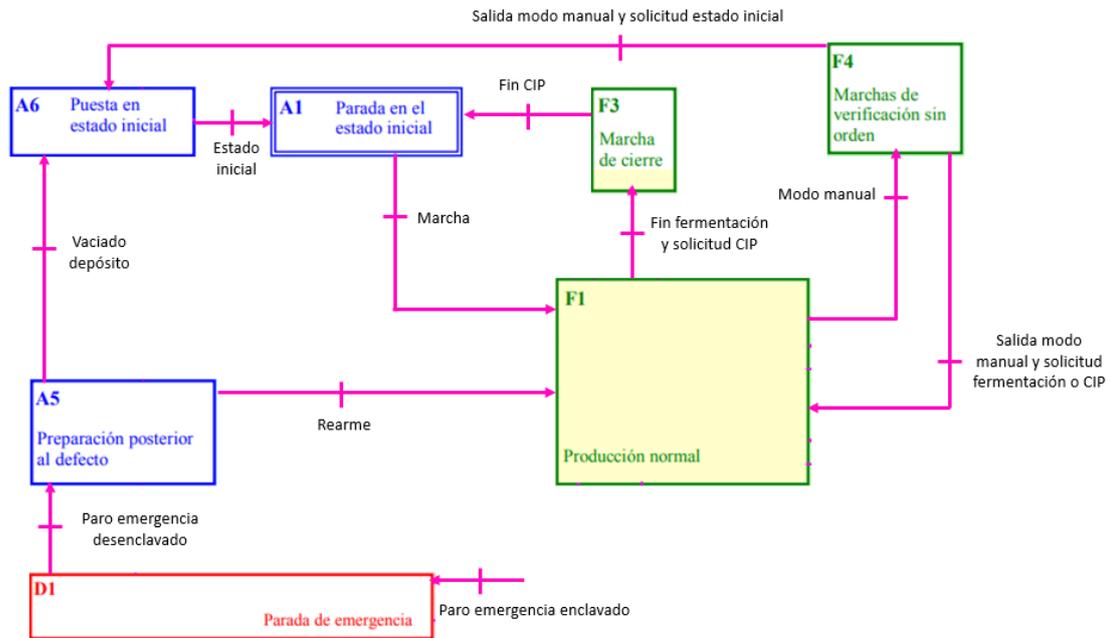


Figura 14. Resultado tras aplicar la guía GEMMA. Elaboración propia.

## 6.3 Desarrollo del programa

Antes de realizar la programación del PLC en un lenguaje adecuado se han elaborado los distintos GRAFCET que engloban los estados de la guía GEMMA presentados en el apartado anterior.

Si bien el programa que se cargará al PLC estará en lenguaje Ladder, también conocido como diagrama de contactos, los diagramas GRAFCET aportan una mayor facilidad a la hora de diseñar y entender un automatismo secuencial.

Para más información sobre el lenguaje GRAFCET, se recomienda consultar la norma **UNE-EN 60848:2013**, Lenguaje de especificación GRAFCET para diagramas funcionales secuenciales.

Los GRAFCET que se mostrarán en los siguientes apartados son los correspondientes al segundo nivel o de descripción tecnológica.

### 6.3.1 GRAFCET Parada de Emergencia

Es el primero en el orden jerárquico de los GRAFCET, lo que significa que podrá forzar cualquier otro GRAFCET y no podrá ser forzado por ninguno de ellos.

Se entiende por forzado a la relación jerárquica de mando de un GRAFCET (maestro) sobre un segundo (esclavo), pudiendo el primero obligar al segundo a un estado concreto. El forzado tiene prioridad sobre las reglas de evolución ordinarias.

Existirá un único GRAFCET de emergencia para todos los depósitos.

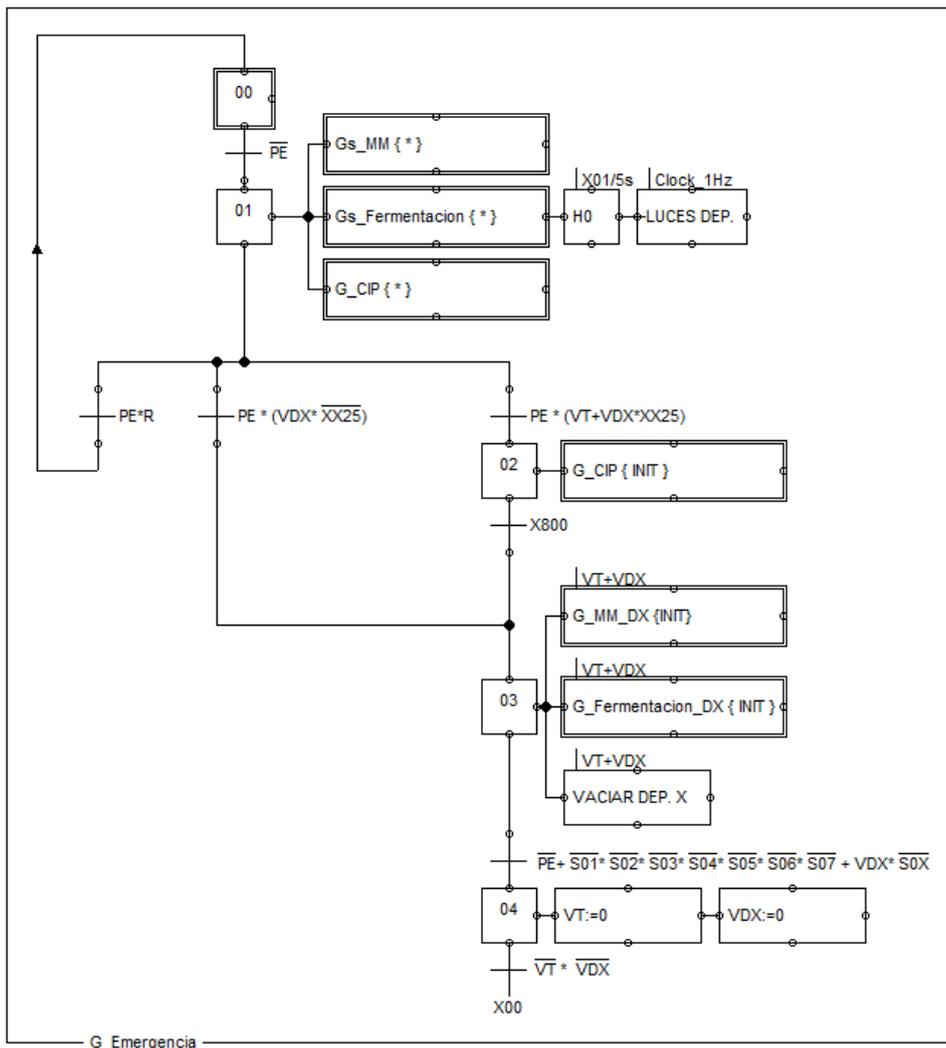


Figura 15. GRAFCET Emergencia. Elaboración propia.

Donde:

- Las "X" de las entradas VDX y SOX hacen referencia al número del depósito que se desea vaciar.
- XX25 hace referencia a la etapa que indica que se está realizando un CIP en el depósito X (La primera "X" que la entrada se refiere a una etapa de un GRAFCET y la segunda el depósito).



### 6.3.3 GRAFCET Producción Automática

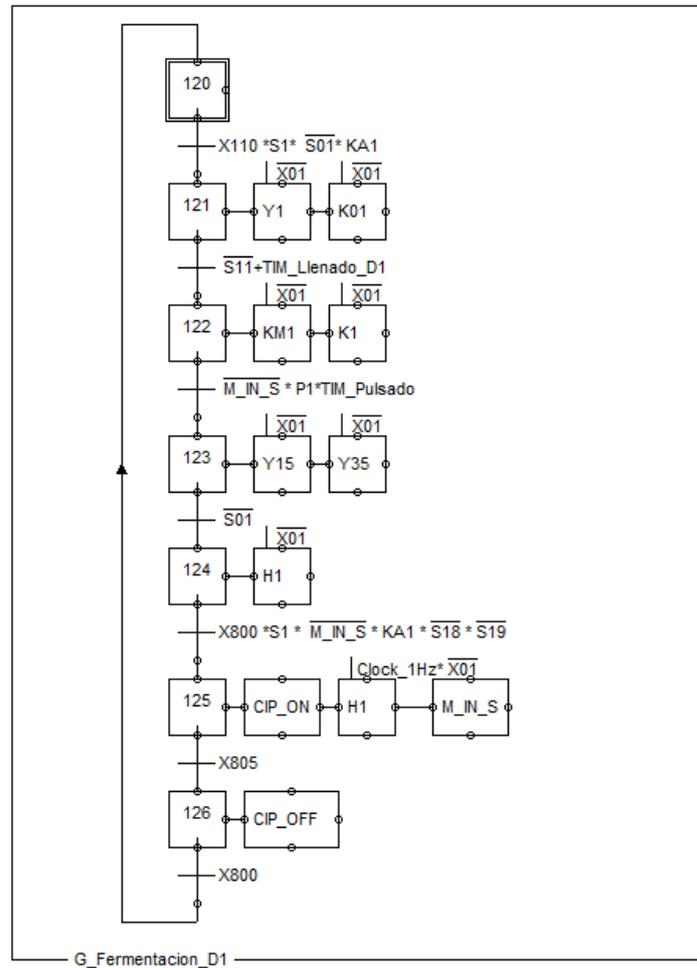


Figura 17. GRAFCET Producción Automática. Fuente: Elaboración propia.

Se programará uno para cada depósito. Corresponde al bloque F1 de la guía GEMMA.

Se ha tenido en cuenta un temporizador (TIM\_Llenado) para que en el caso de que el depósito no se llene en un tiempo razonable se active una alarma, pero que permita proseguir el programa.

La etapa 125 dará comienzo al CIP que corresponde con la marcha de cierre F3 de la guía GEMMA.

### 6.3.4 GRAFCET CIP

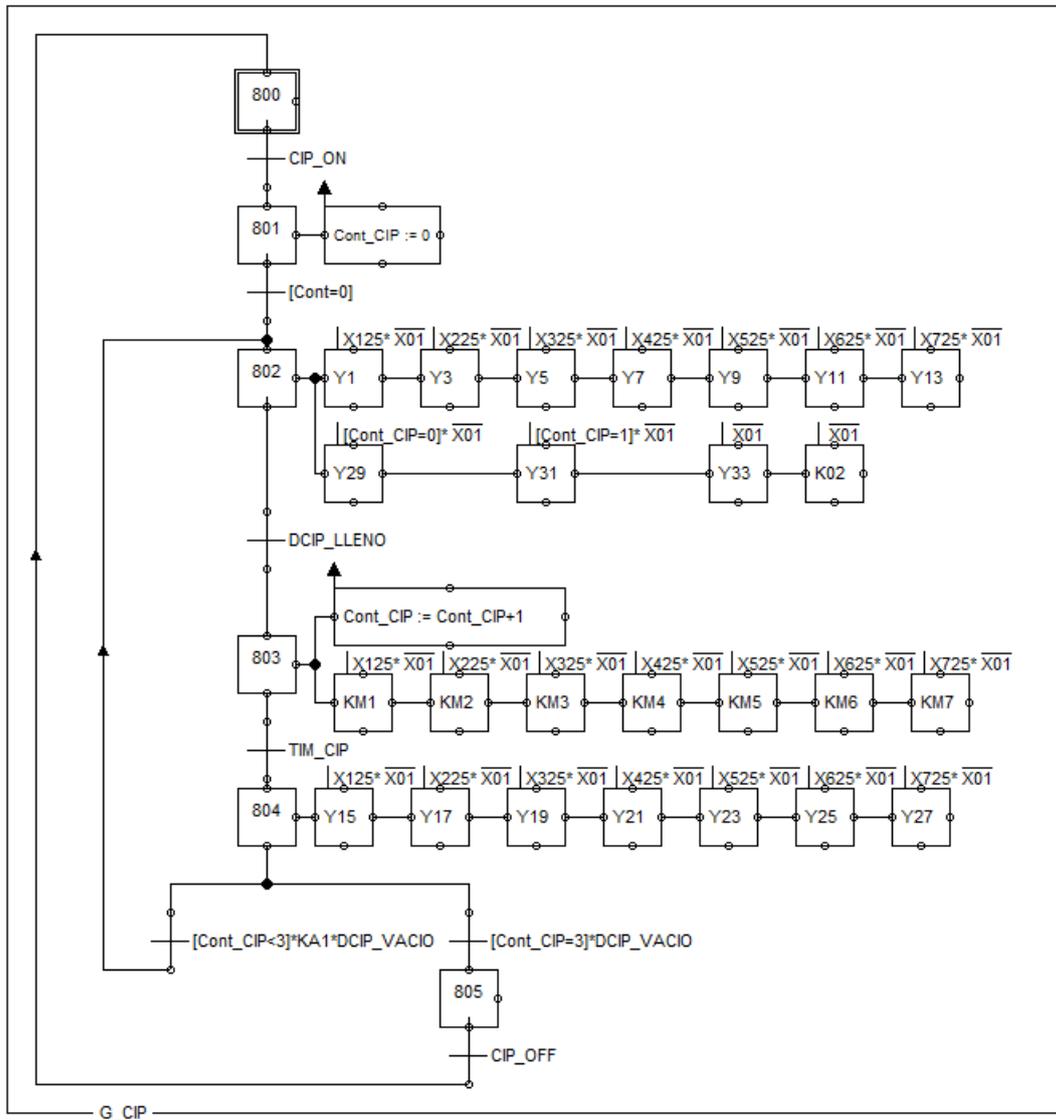


Figura 18. GRAFCET CIP. Fuente: Elaboración propia.

Único para todos los depósitos y encargado de gobernar la limpieza y desinfección en cada uno de ellos cuando corresponda. Nótese la importancia de la etapa X25 (donde X es el número del depósito) ya que es la encargada de señalar a que depósito se le debe realizar el CIP.

### 6.3.5 Control de la bomba

El programa de esta parte se encuentra en un PLC distinto.

Se ha elegido una comunicación mediante la conexión de entradas y salidas de los dos PLC, por ser una solución de bajo coste y suficiente para la complejidad de los programas.

Las entradas y salidas aludidas son las identificadas como KA1\_BOMBA DISPONIBLE, K01\_SOLICITUD BOMBA MOSTO y K02\_SOLICITUD BOMBA CIP.

El programa incluye tanto el control de la bomba 0.B1 como de las válvulas 0.01, 0.02 y 0.03 (ver planos).

## 6.4 Pantallas HMI

Pantallas elaboradas con WinCC V15 professional, integrado en TIA portal V15. Para más información ver anexo 3.

### 6.4.1 Pantalla Producción Automática

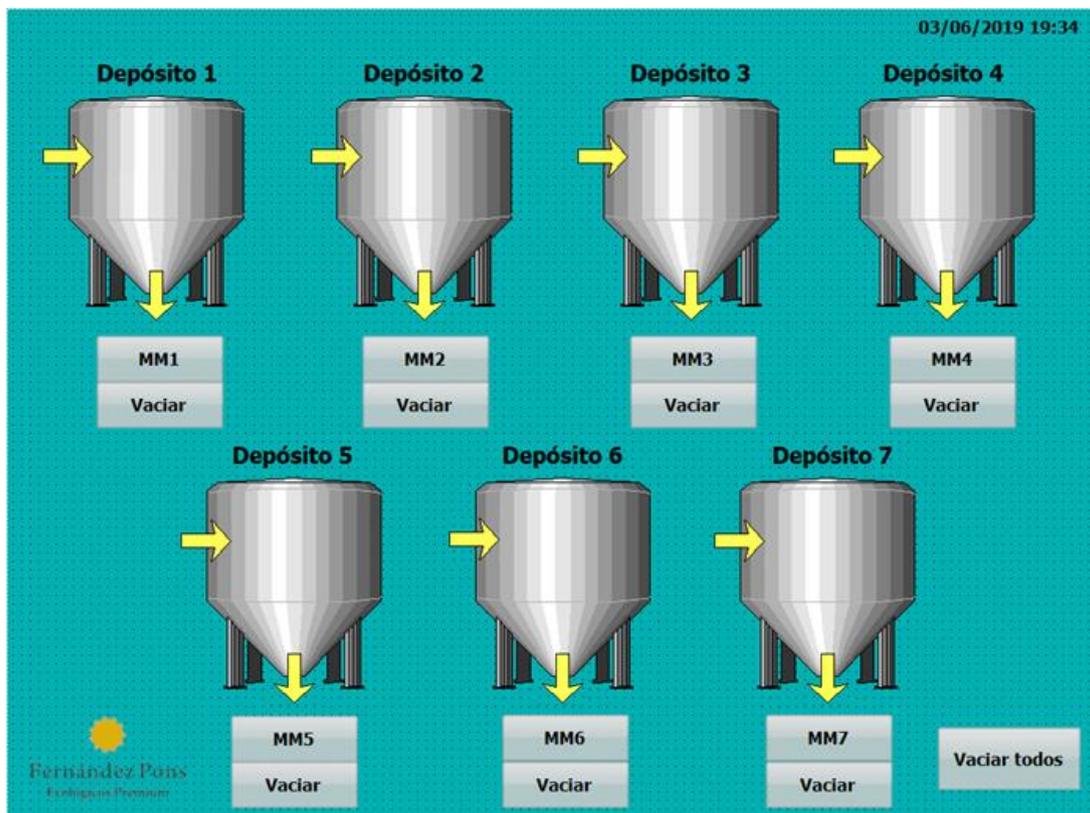


Figura 19. Pantalla HMI Producción automática. Fuente: Elaboración propia.

## 6.4.2 Pantalla Modo Manual

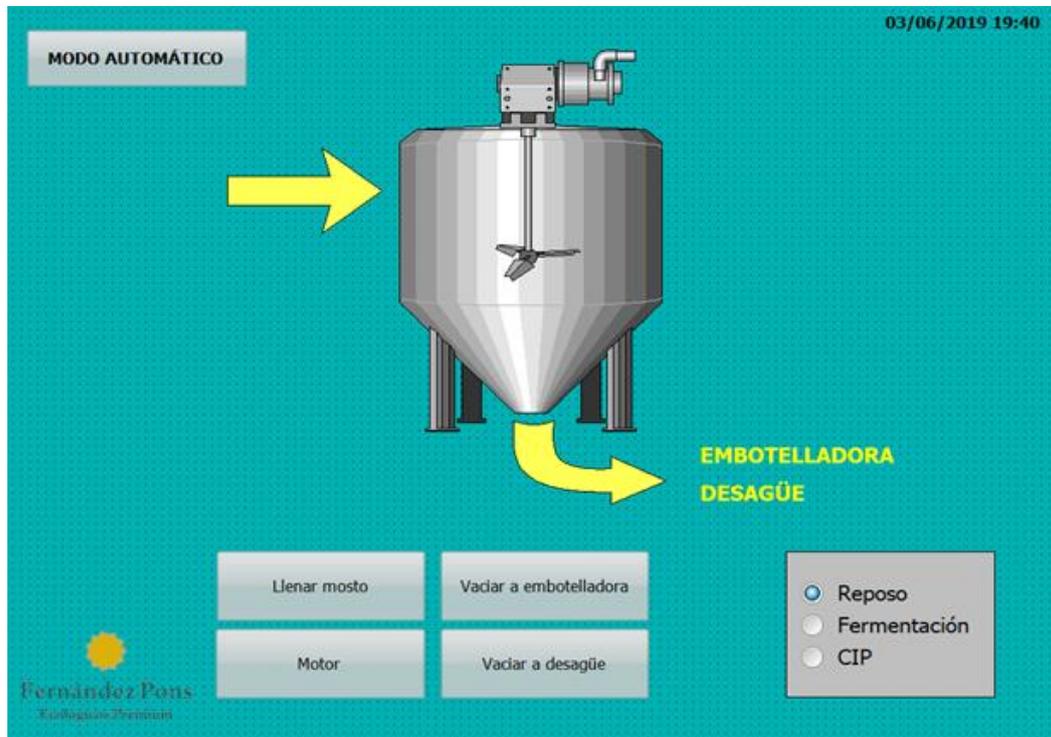


Figura 20. Pantalla HMI Modo Manual. Fuente: Elaboración propia.

## 7 CONCLUSIÓN

Se han logrado los objetivos marcados al inicio del trabajo puesto que se ha logrado elaborar un programa capaz de realizar las operaciones necesarias de una manera autónoma y segura.

Se han seleccionado los equipos más adecuados para la implementación de dicha automatización.

Se ha elaborado unas pantallas HMI para el control del modo manual y la supervisión del proceso.

Tanto el programa como las pantallas se han simulado satisfactoriamente con el software PLCSim.

### 7.1 Posibles mejoras

Se ha estudiado la instalación de sensores de densidad en los depósitos para monitorear esta variable ya que se considera fundamental en la fermentación.

A medida que la fermentación progresa la densidad del mosto va disminuyendo puesto que los azúcares se convierten en alcohol. La supervisión de esta variable es de interés porque se puede determinar con precisión cuando ha terminado la fermentación observando cuando la densidad deja de disminuir. Esta mejora tendría un sobrecoste aproximado de 5.600 € por depósito.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

González, M. (2017). *Principios de elaboración de las cervezas artesanales*. LULU COM.

Yuste, R., & Guerrero, V. (2017). *Autómatas programables SIEMENS Grafset y Guía Gemma con TIA Portal*. Barcelona: Marcombo.

Craft Beer Industry Market Segments. Disponible en la web:  
<https://www.brewersassociation.org/statistics/market-segments/>

AENOR - Buscador de normas (Licencia alumno UPV). (2019). Disponible en la web:  
<https://portal.aenormas.aenor.com>

West, B. (2009). S7-1200 Laser and Wiring Diagrams.zip. Disponible en la web:  
<https://support.industry.siemens.com/tf/WW/en/posts/s7-1200-cad-file/36141?page=0&pageSize=10>





**Fernández Pons**  
Ecológicos Premium



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

# **Diseño de la automatización del proceso de fermentación en una cervecera artesanal.**

---

## **II. ANEXOS**



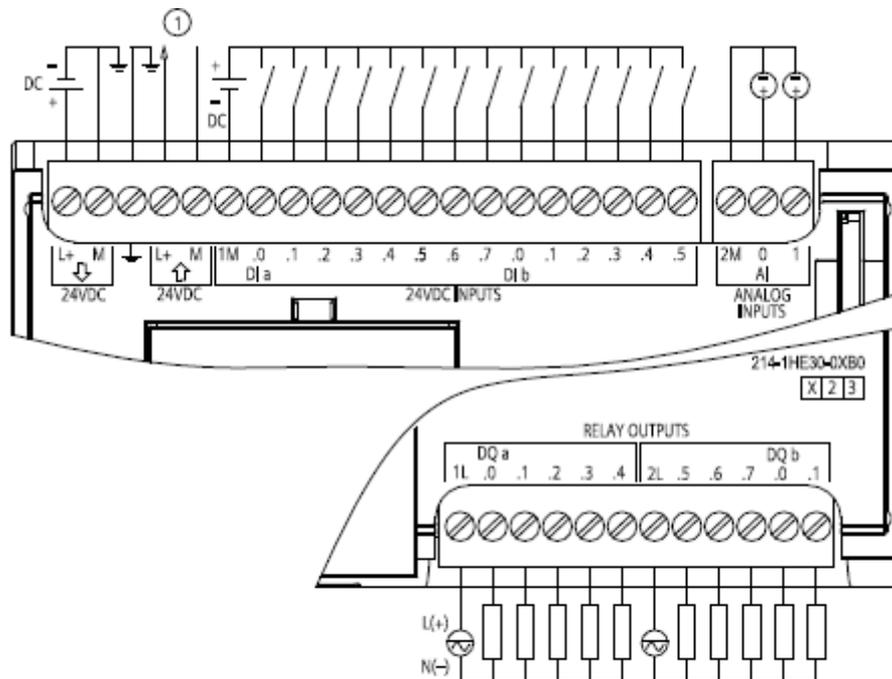
## ÍNDICE

ANEXO 1: HOJA DE BREW .....	40
ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PLC .....	42
ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS PANTALLA HMI .....	43





## ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PLC



① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-8 CPU 1214C DC/DC/relé (6ES7 214-1HE30-0XB0)

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 214-1BE30-0XB0	6ES7 214-1HE30-0XB0	6ES7 214-1AE30-0XB0
General			
Dimensiones A x A x P (mm)	110 x 100 x 75		
Peso	475 gramos	435 gramos	415 gramos
Disipación de potencia	14 W	12 W	
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1600 mA máx. (5 V DC)		
Intensidad disponible (24 V DC)	400 mA máx. (alimentación de sensores)		
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada		
Características de la CPU			
Memoria de usuario	50 KB de memoria de trabajo / 2 MB de memoria de carga / 2 KB de memoria remanente		
E/S digitales integradas	14 entradas/10 salidas		
E/S analógicas integradas	2 entradas		
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)		
Área de marcas (M)	8192 bytes		
Ampliación con módulos de señales	8 SMs máx.		

Fuente: Manual de sistema Simatic S7 Controlador programable S7-1200. Siemens.

## ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS PANTALLA HMI

### 1 PRODUCCIÓN AUTOMÁTICA

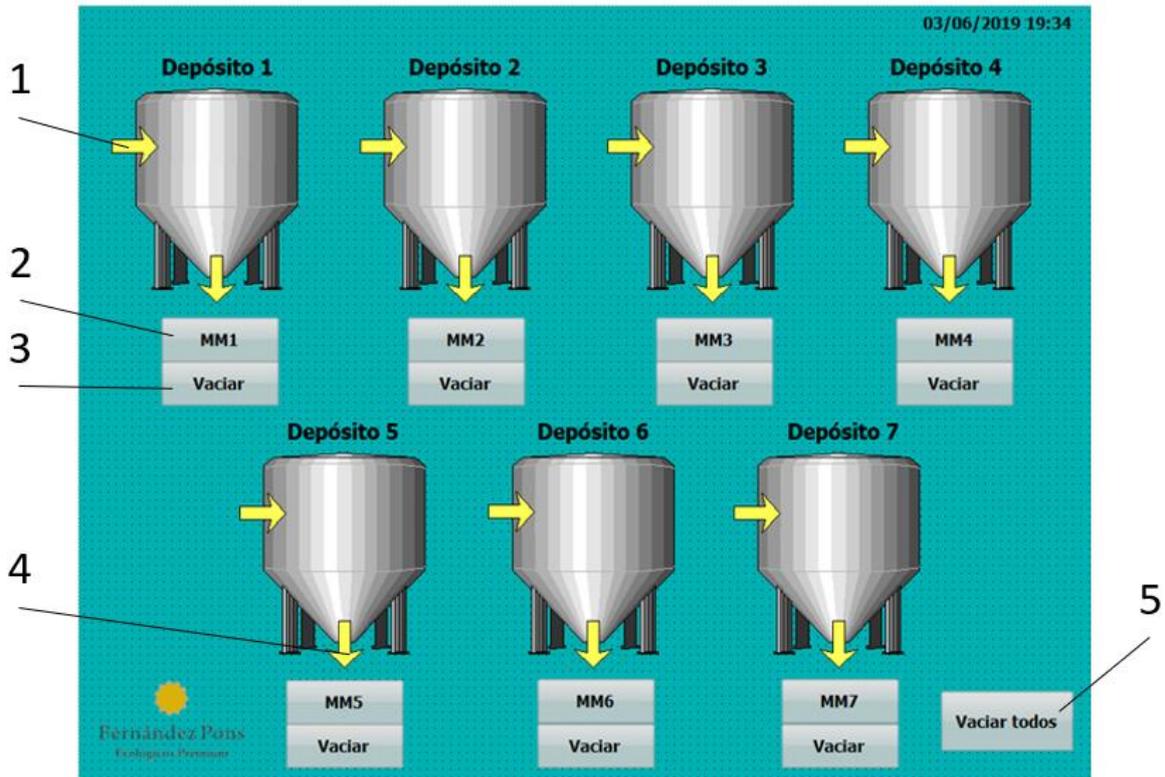


Figura 21. Leyenda pantalla Producción Automática. Fuente: elaboración propia.

- 1 – Indicador depósito llenándose.
- 2 – Botón selección modo manual.
- 3 – Botón vaciar depósito (emergencia).
- 4 – Indicador depósito vaciándose.
- 5 – Botón vaciar todos los depósitos (emergencia).

Tanto los botones de vaciado como los de Modo manual son inhabilitados cuando no se cumple los requisitos para activar dicha función.

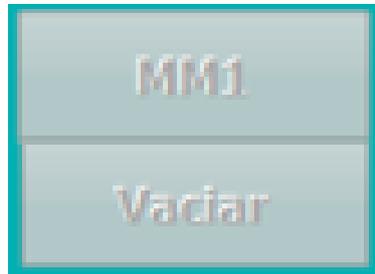


Figura 22. Botones inhabilitados. Fuente: Elaboración propia.

Los depósitos cambian de color para indicar el estado de cada uno:

- Gris: Depósito en estado inicial.
- Rojo: Depósitos en estado de emergencia.
- Verde: Depósito realizando una fermentación.
- Azul: Realizando CIP a depósito.

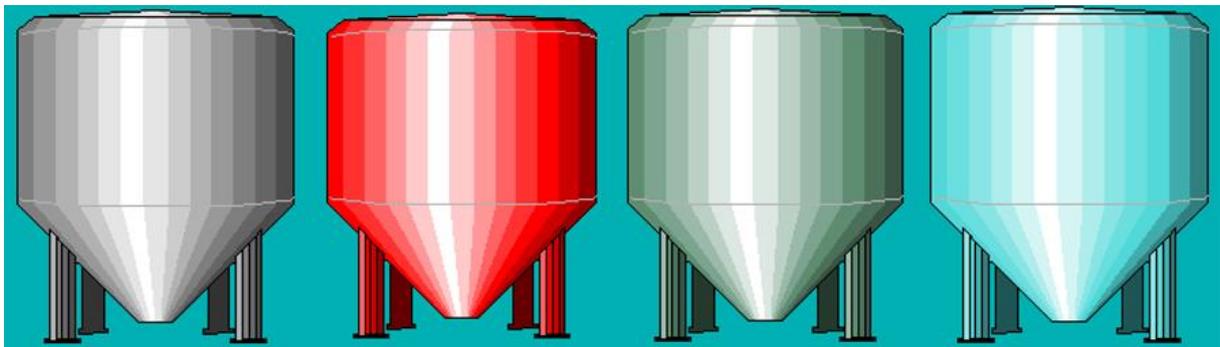


Figura 23. Colores depósitos según estado. Fuente: Elaboración propia.



Figura 24. Simulación de la pantalla de Producción Automática. Fuente: Elaboración propia.

## 2 PANTALLA MODO MANUAL

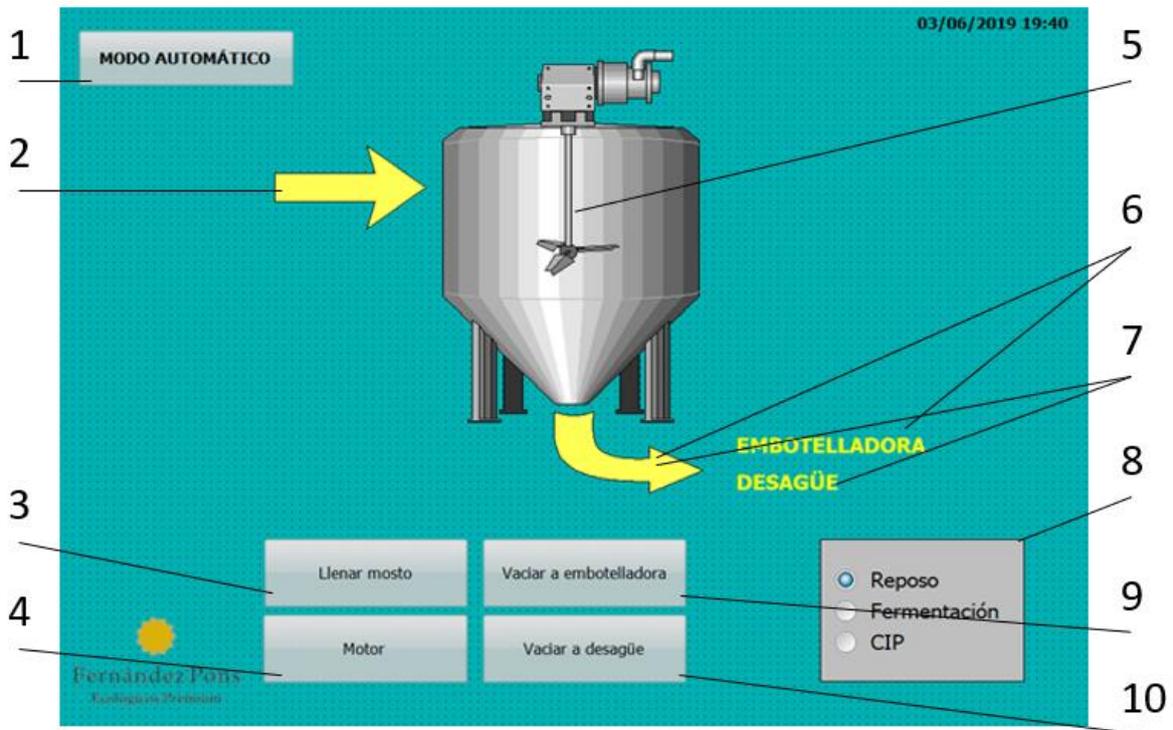


Figura 25. Leyenda pantalla Modo Manual. Fuente: Elaboración propia.

- 1 – Botón activación modo producción automática.
- 2 – Indicador depósito llenándose.
- 3 – Botón llenar depósito.
- 4 – Botón encender motor agitación.
- 5 – Indicador motor agitación encendido.
- 6 – Indicador depósito vaciando contenido hacia la embotelladora.
- 7 – Indicador depósito vaciando contenido hacia el desagüe.
- 8 – Selector para retorno a un estado concreto en producción automática.
- 9 – Botón vaciar contenido del depósito a la embotelladora.
- 10 – Botón vaciar contenido del depósito al desagüe.

## Diseño de la automatización del proceso de fermentación en una cervecera artesanal

### Anexos

Los botones, al igual que los de la pantalla de producción automática, son inhabilitados cuando no se cumplen las condiciones para su activación.

Los botones para el control de las acciones del modo manual cambian de color cuando están activados.

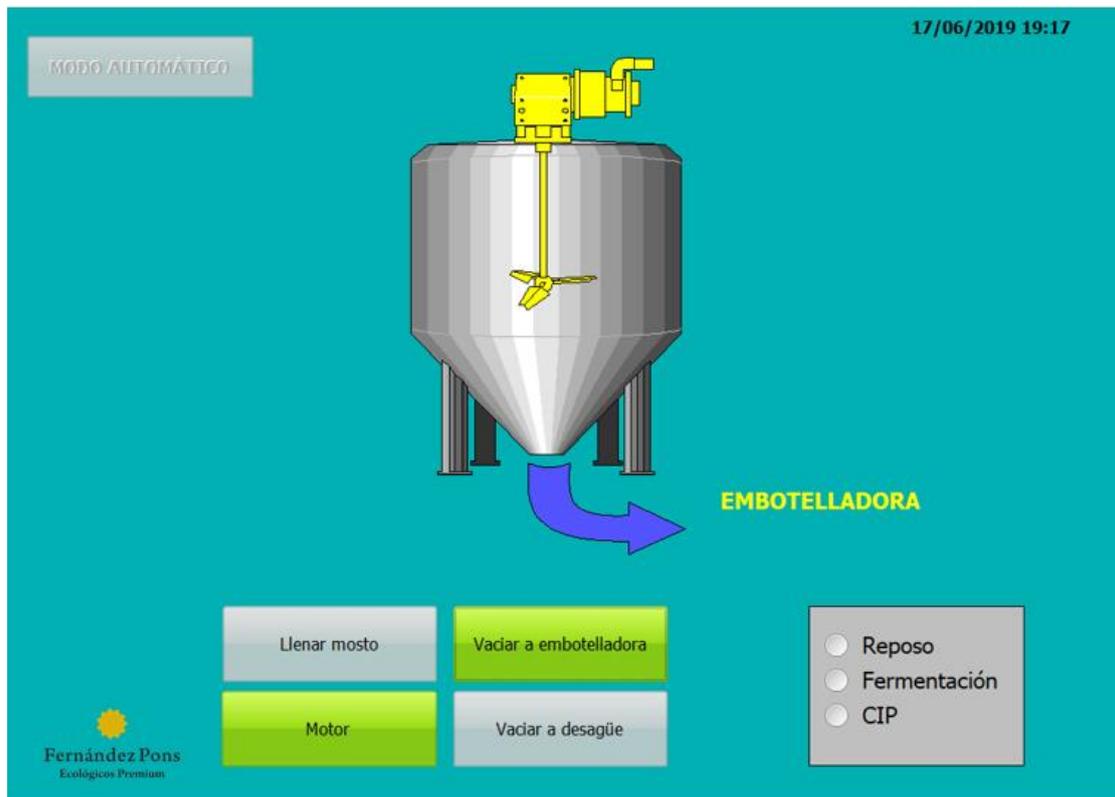


Figura 26. Simulación de la pantalla Modo Manual. Fuente: Elaboración propia.





**Fernández Pons**  
Ecológicos Premium



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



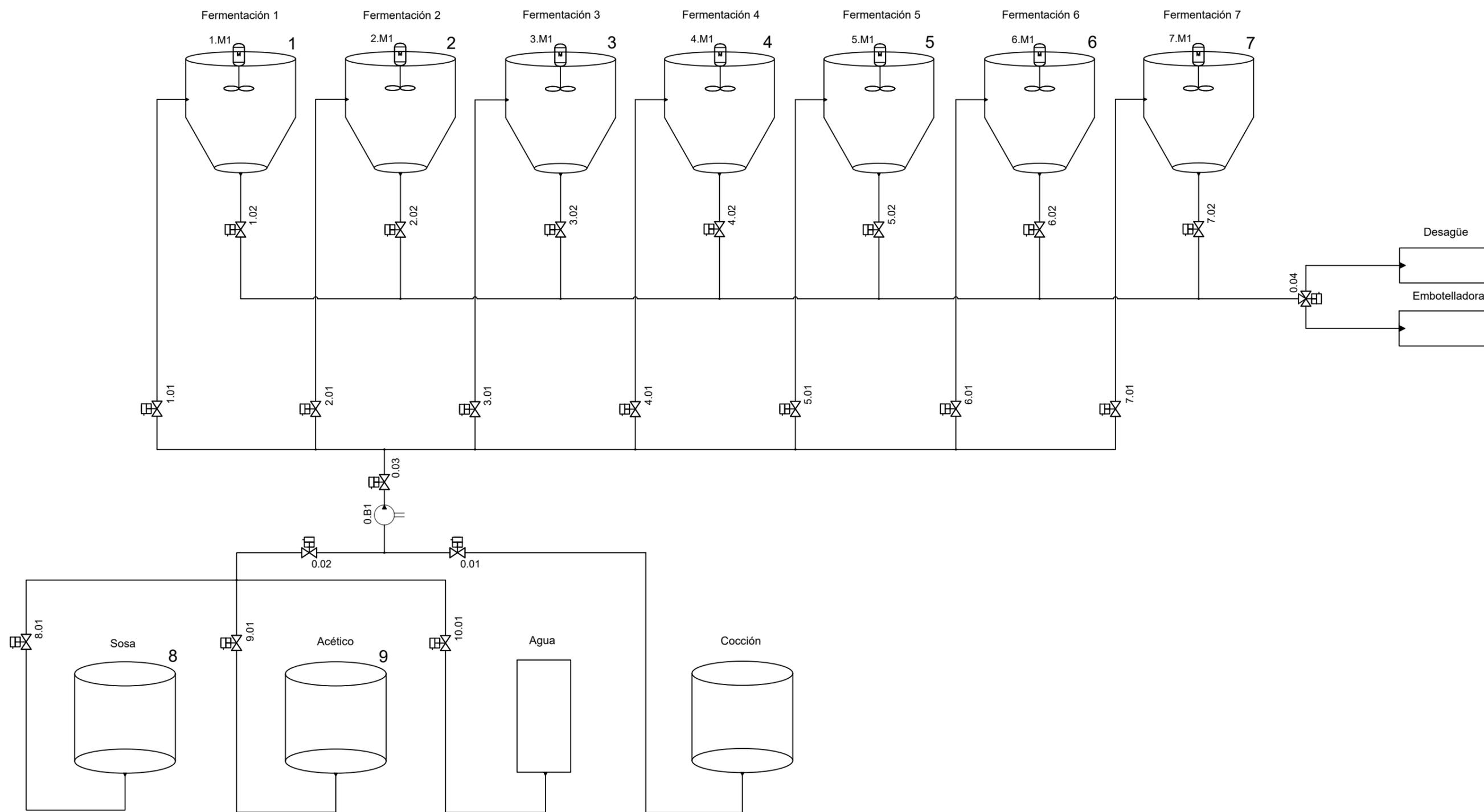
ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

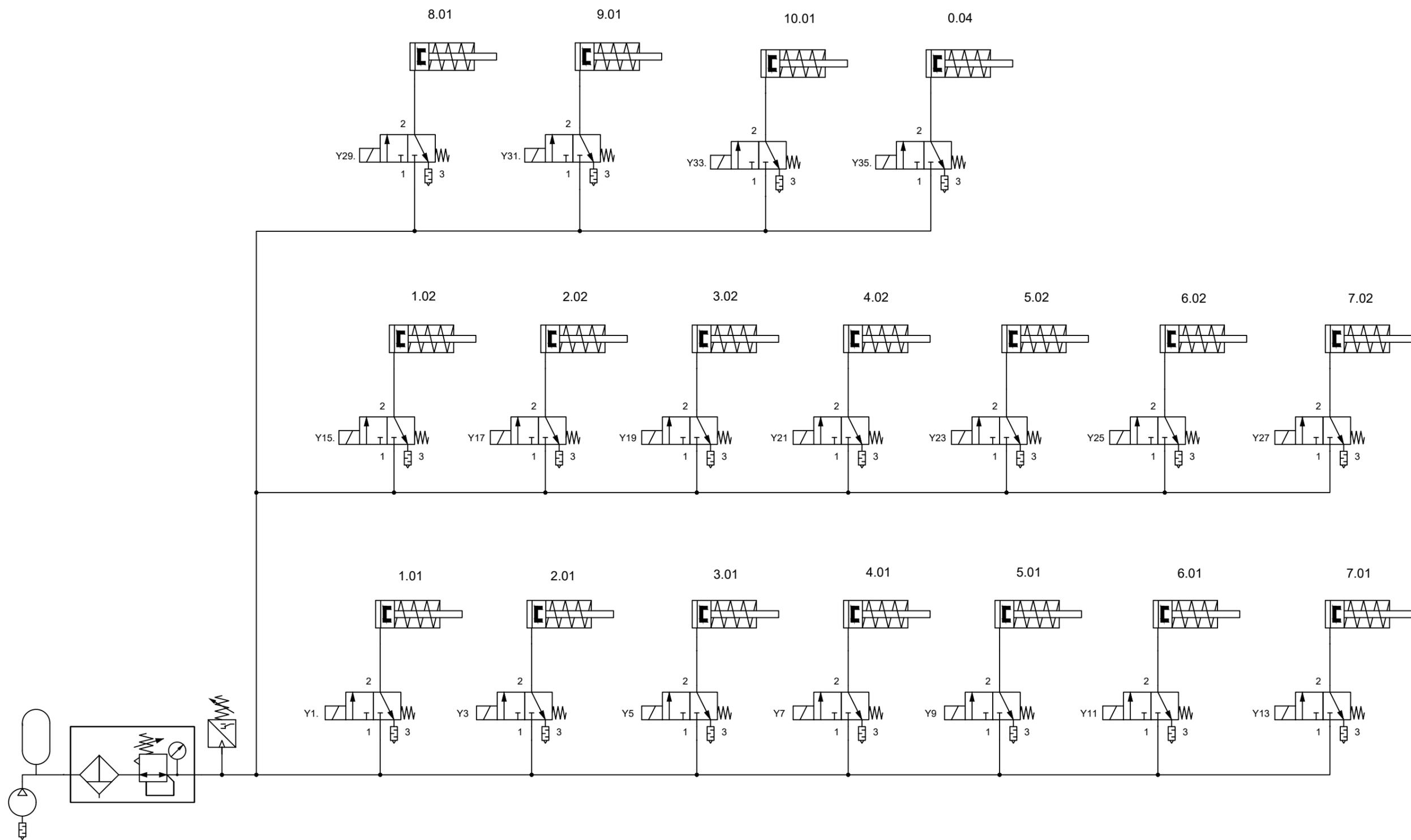
# **Diseño de la automatización del proceso de fermentación en una cervecera artesanal.**

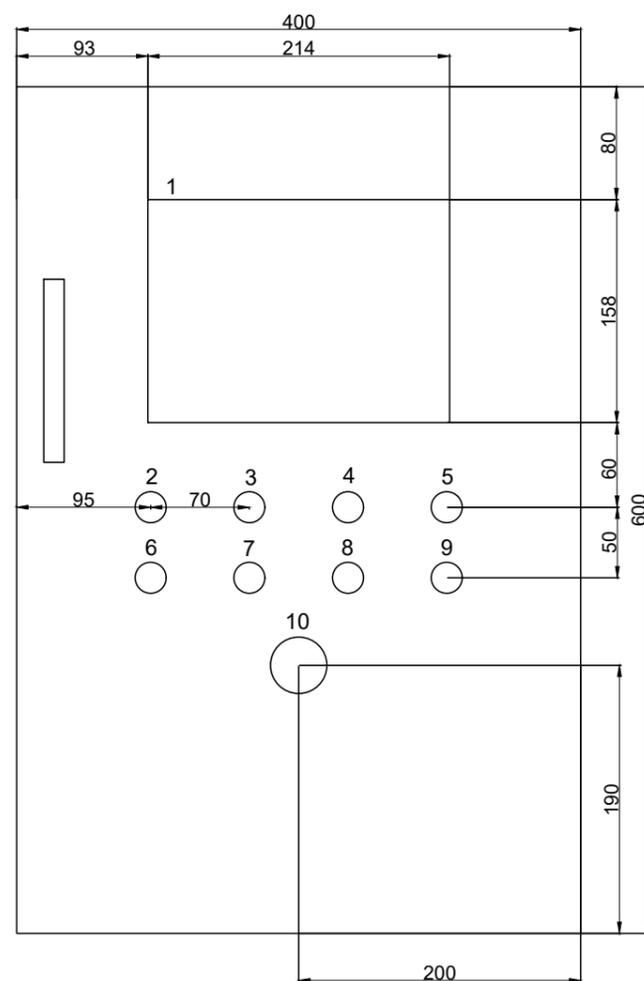
---

## **III. PLANOS**



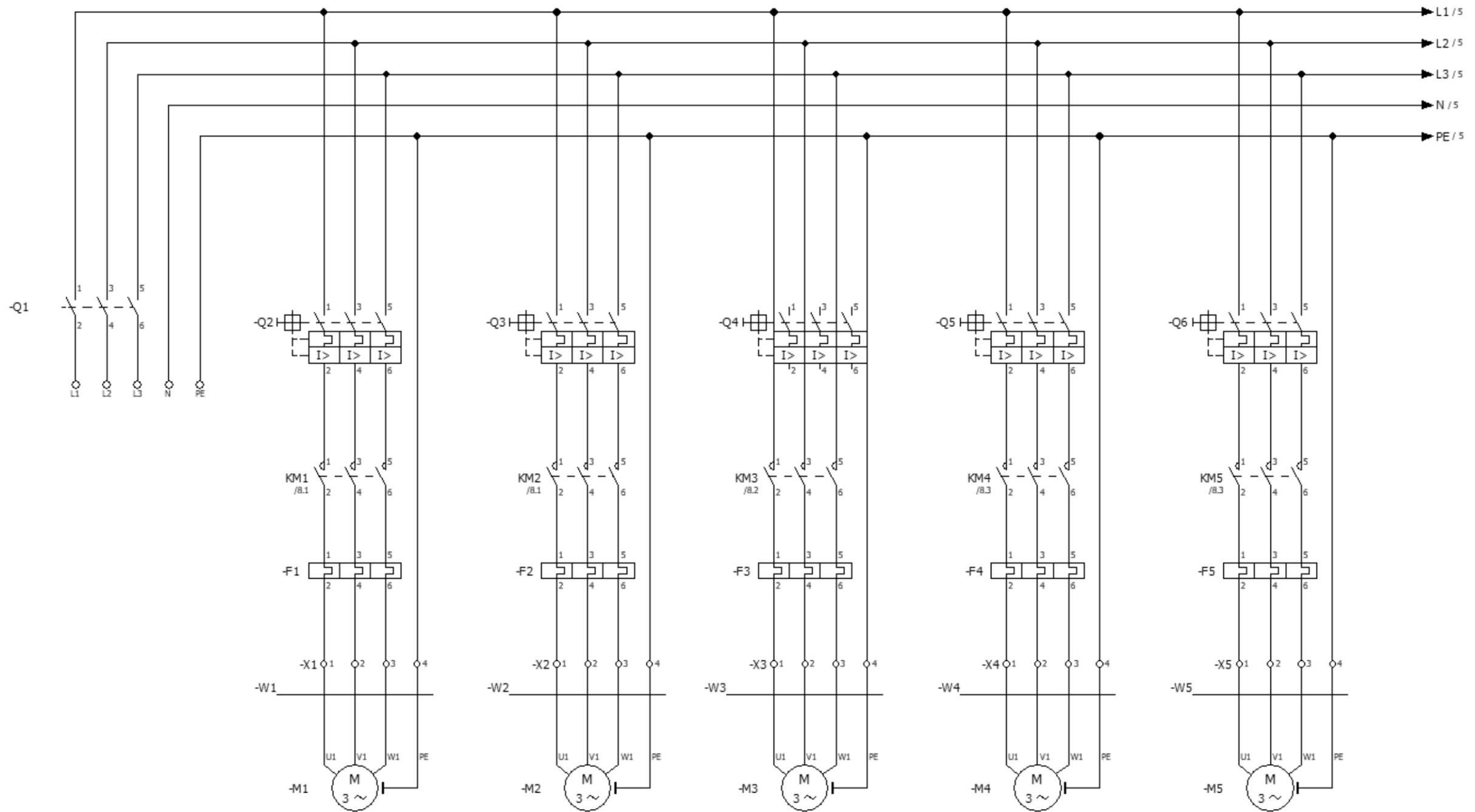




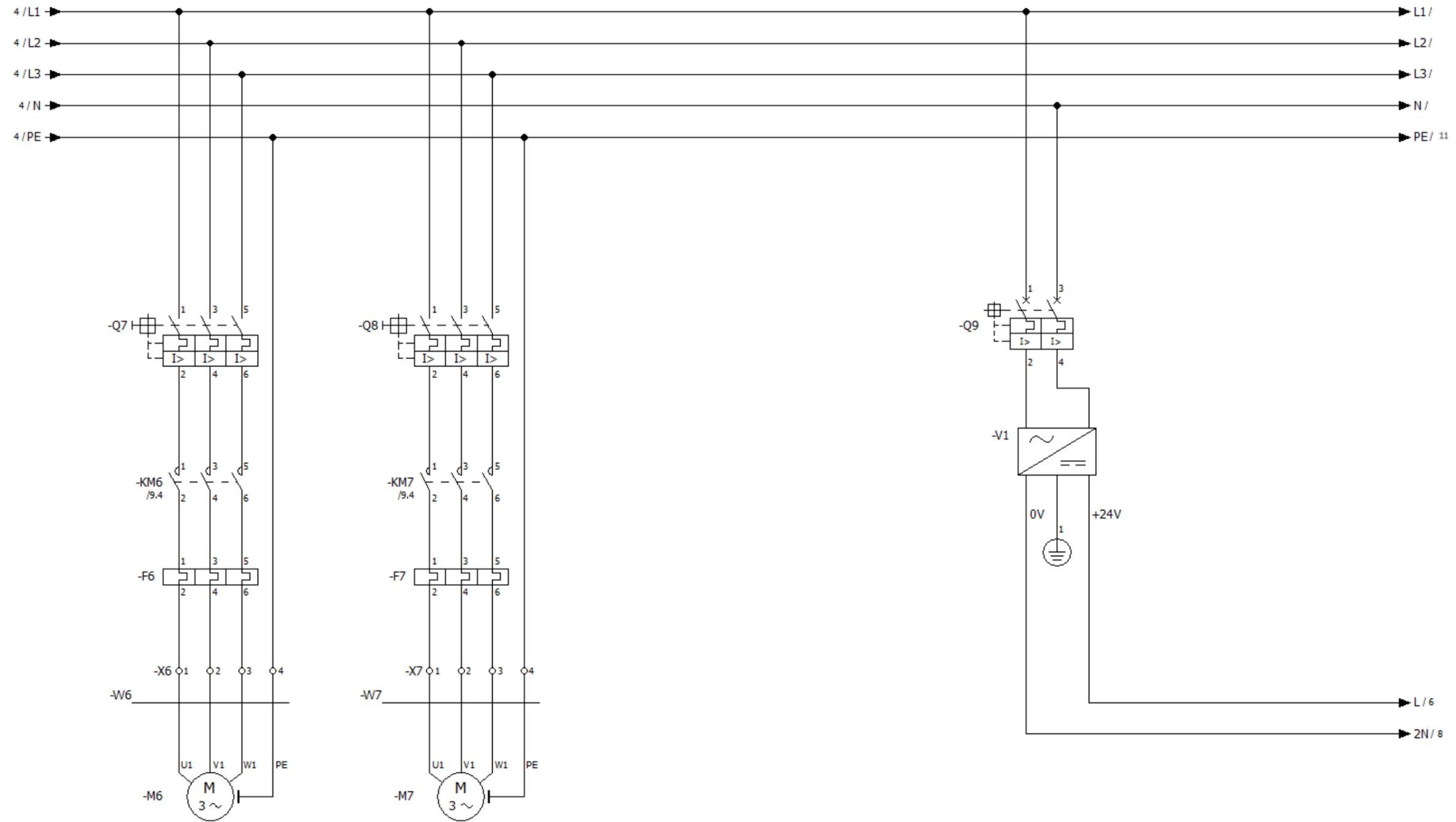


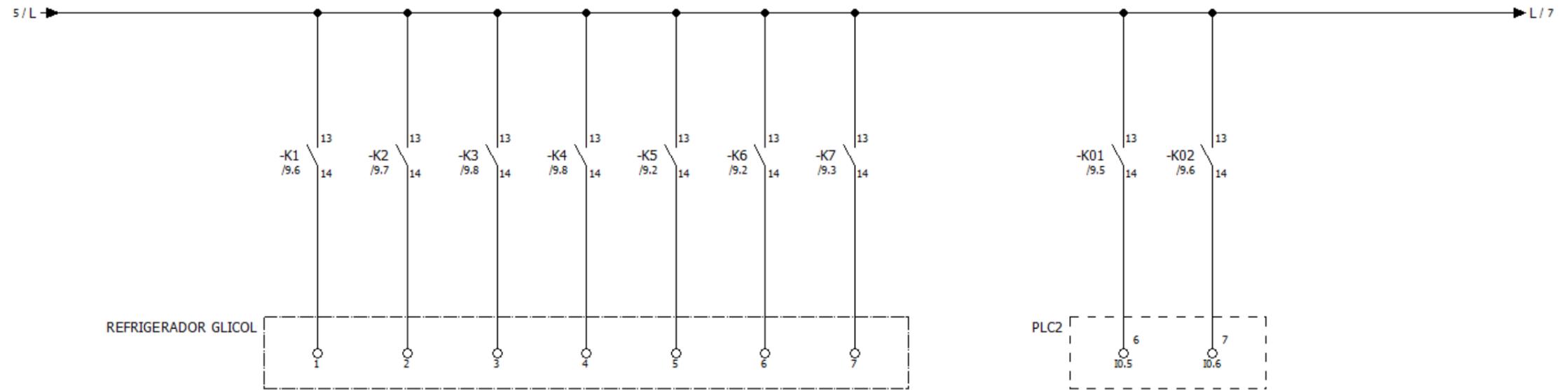
Lista elementos panel de mando

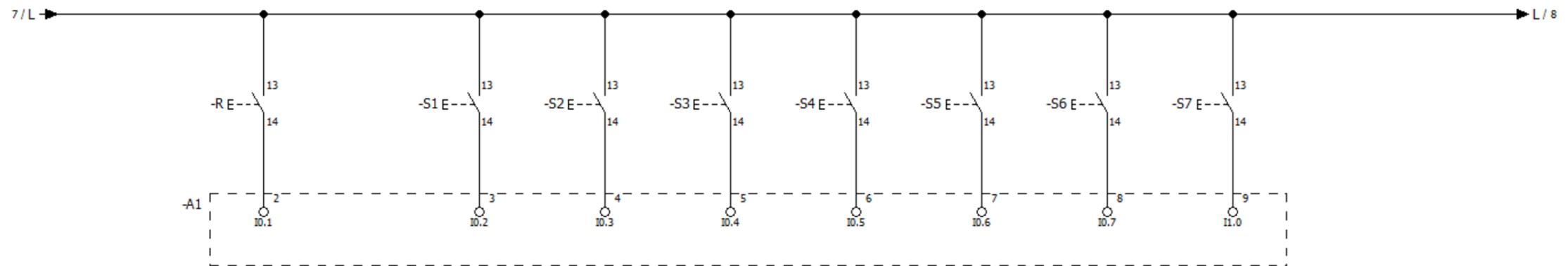
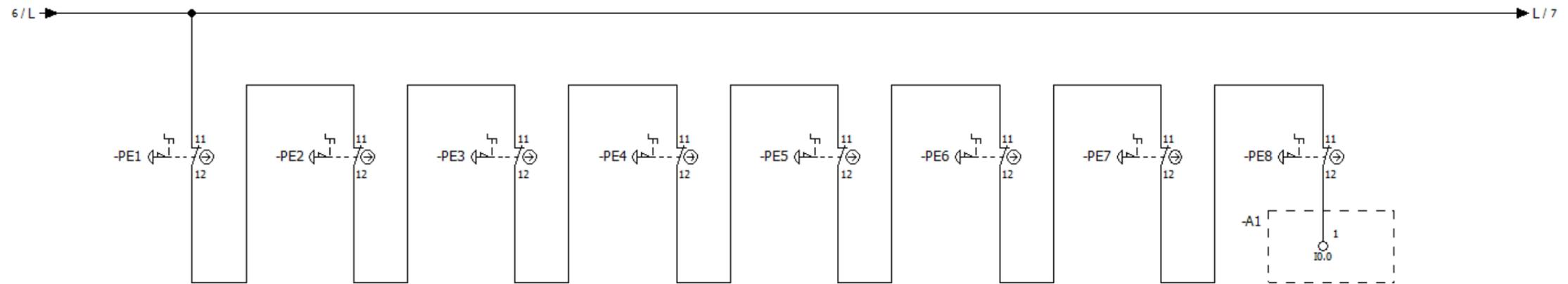
1. Pantalla HMI
2. Botón Marcha Depósito 1
3. Botón Marcha Depósito 2
4. Botón Marcha Depósito 3
5. Botón Marcha Depósito 4
6. Botón Marcha Depósito 5
7. Botón Marcha Depósito 6
8. Botón Marcha Depósito 7
9. Botón Rearme
10. Seta Emergencia

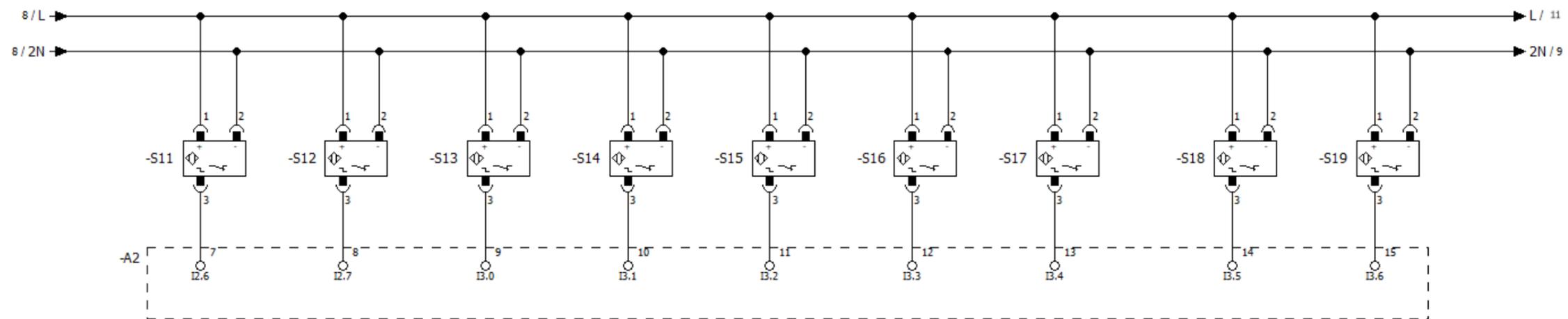
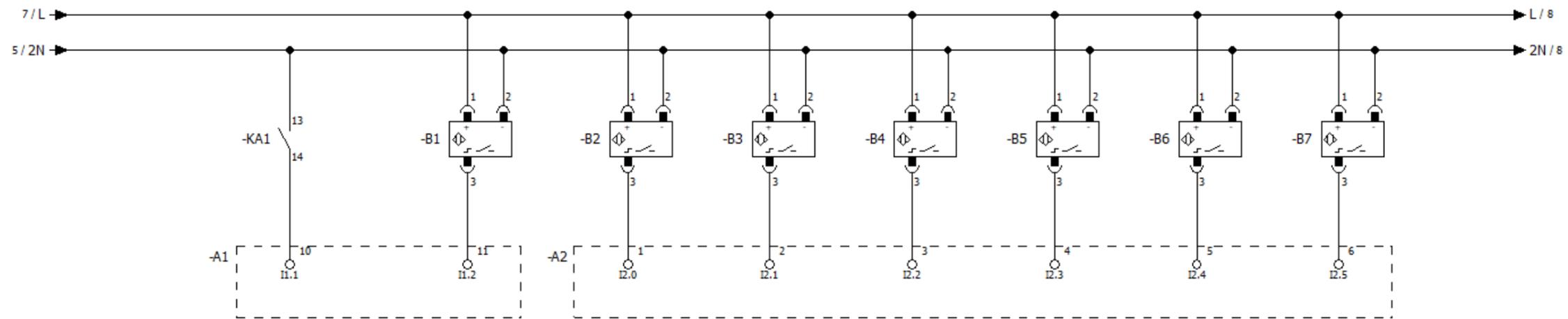


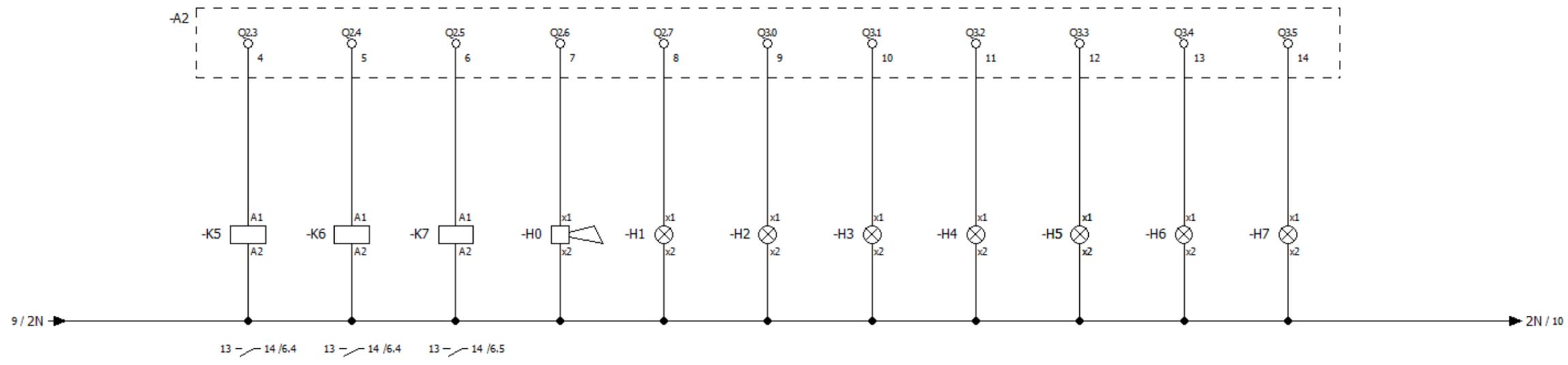
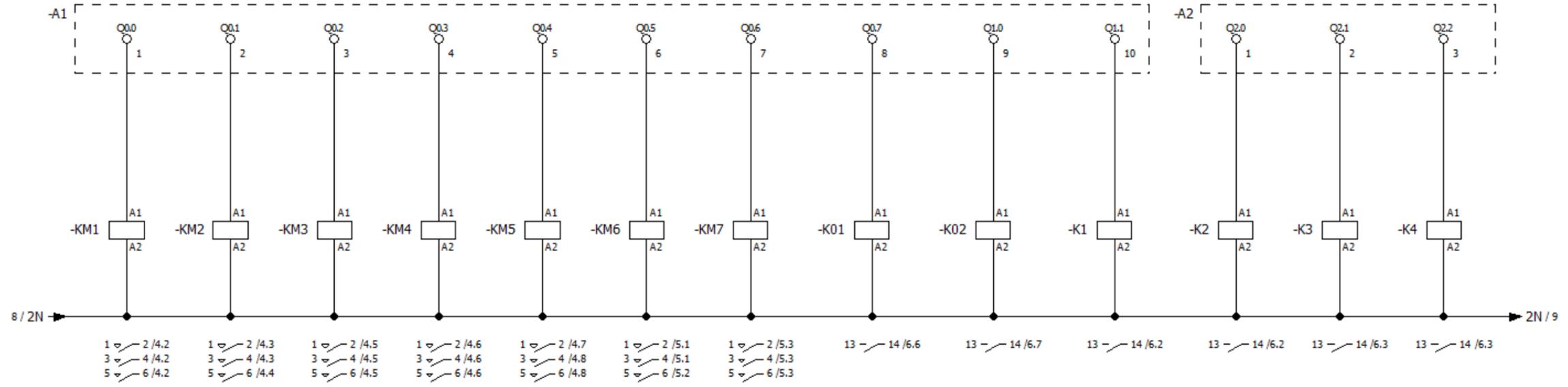
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

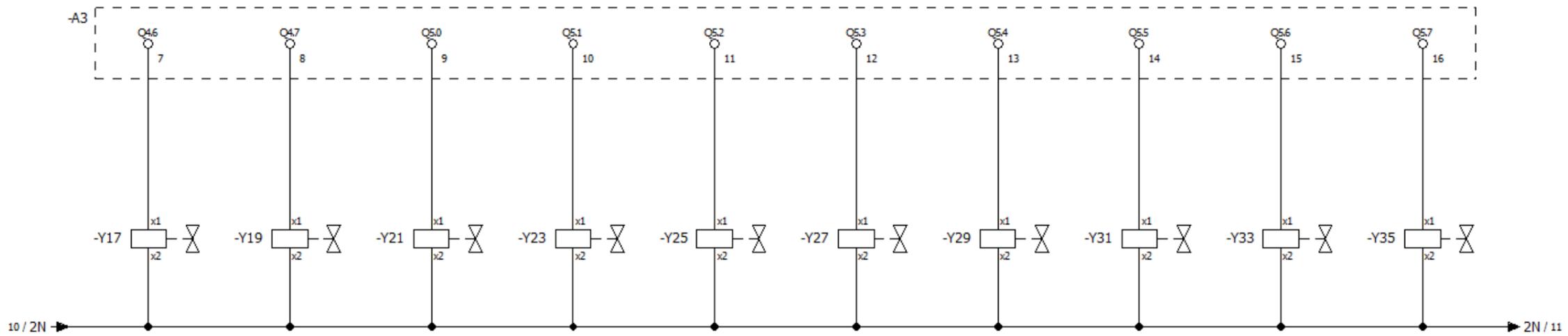
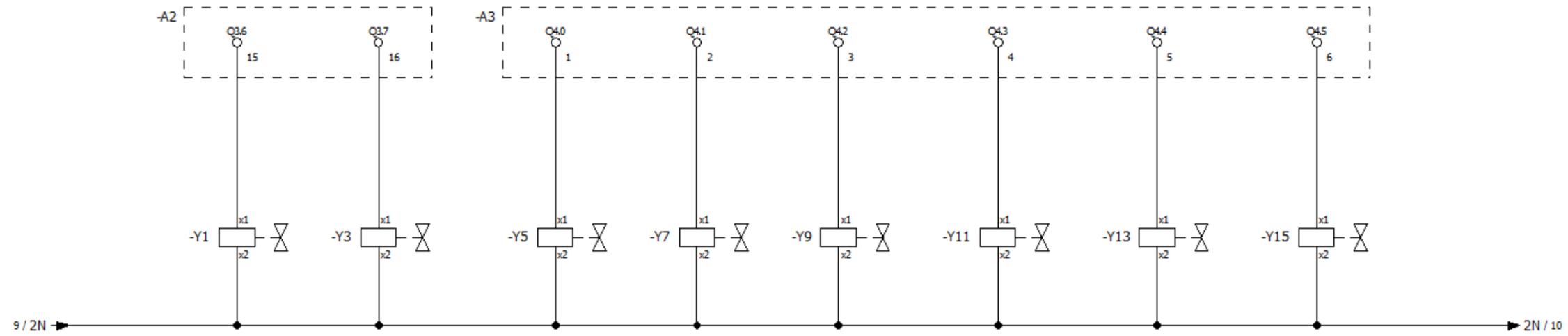


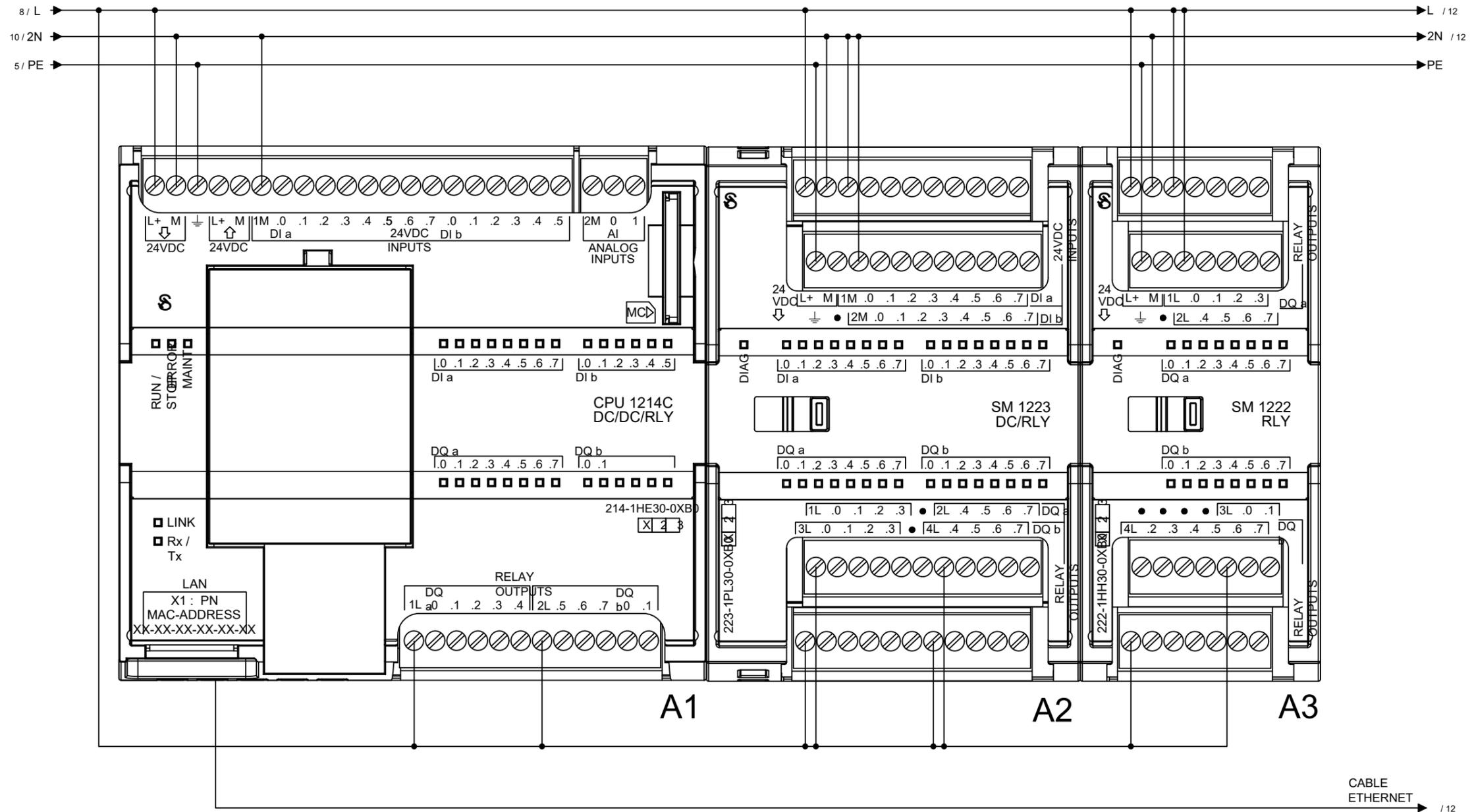


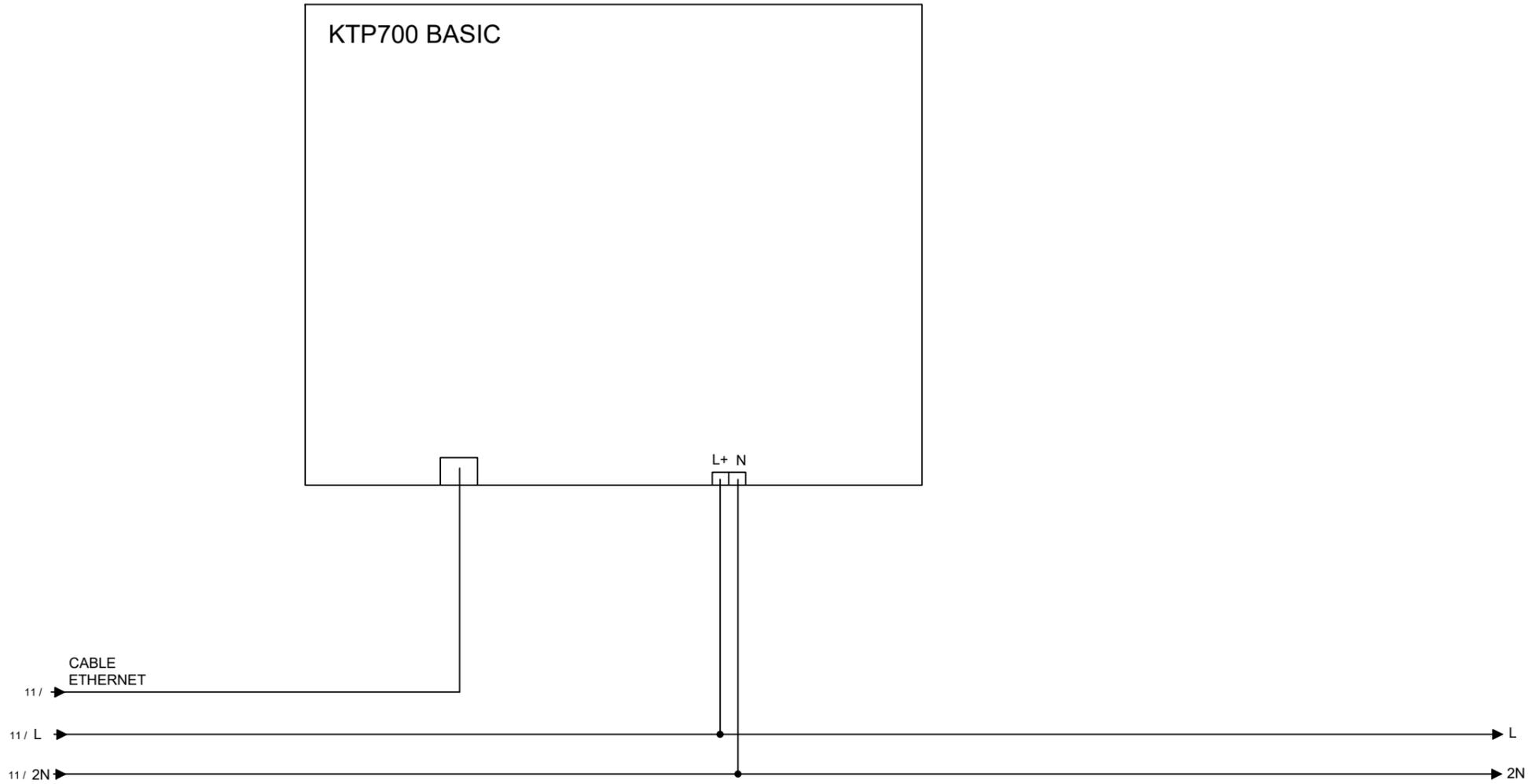












Diseño de la automatización del proceso de fermentación  
en una cervecera artesanal  
(Fermentación CFP)

Programa ladder

1

2

3

4

A

## Índice de contenido

Main [OB1]	3 - 1
Startup [OB100]	4 - 1
00_Grafcet emergencia [FC1]	5 - 1
11_Grafcet MM D1 [FC2]	6 - 1
12_Grafcet Fermentación D1 [FC3]	7 - 1
80_Grafcet CIP [FC80]	8 - 1
94_Variables internas [FC94]	9 - 1
95_Variables HMI [FC95]	10 - 1
96_Forzados [FC96]	11 - 1
97_Contadores [FC97]	12 - 1
98_Temporizadores [FC98]	13 - 1
99_Salidas [FC99]	14 - 1

B

C

D

E

F

Owner	Projectname Fermentación CFP	Date 20/06/2019
Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP	
	Location	
Designed By	Description 1st	
Checked By	Description 2nd	Language es-ES
Approved By	1st View	Version
		Sheet 2 - 1

# Main [OB1]

## Main Propiedades

### General

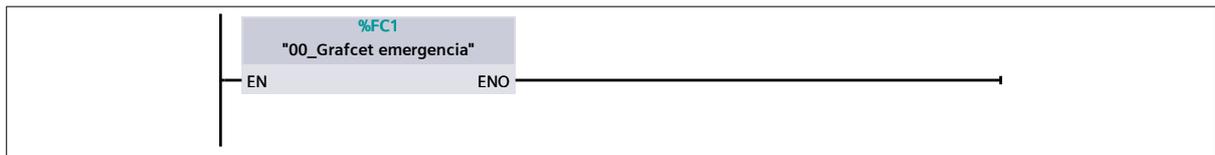
Nombre	Main	Número	1
Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático		

### Información

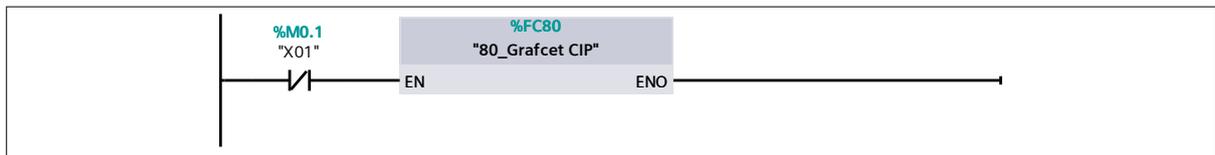
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
▼ Input		
Initial_Call	Bool	
Remanence	Bool	
Temp		
Constant		

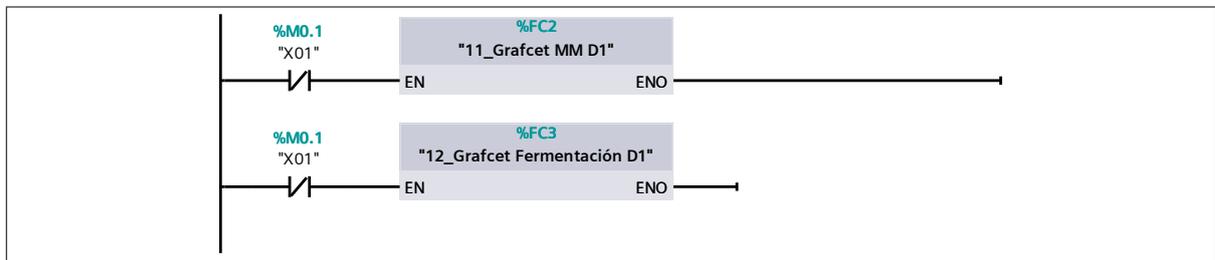
## Segmento 1: Llamada grafcet emergencia



## Segmento 2: Llamada grafcet CIP

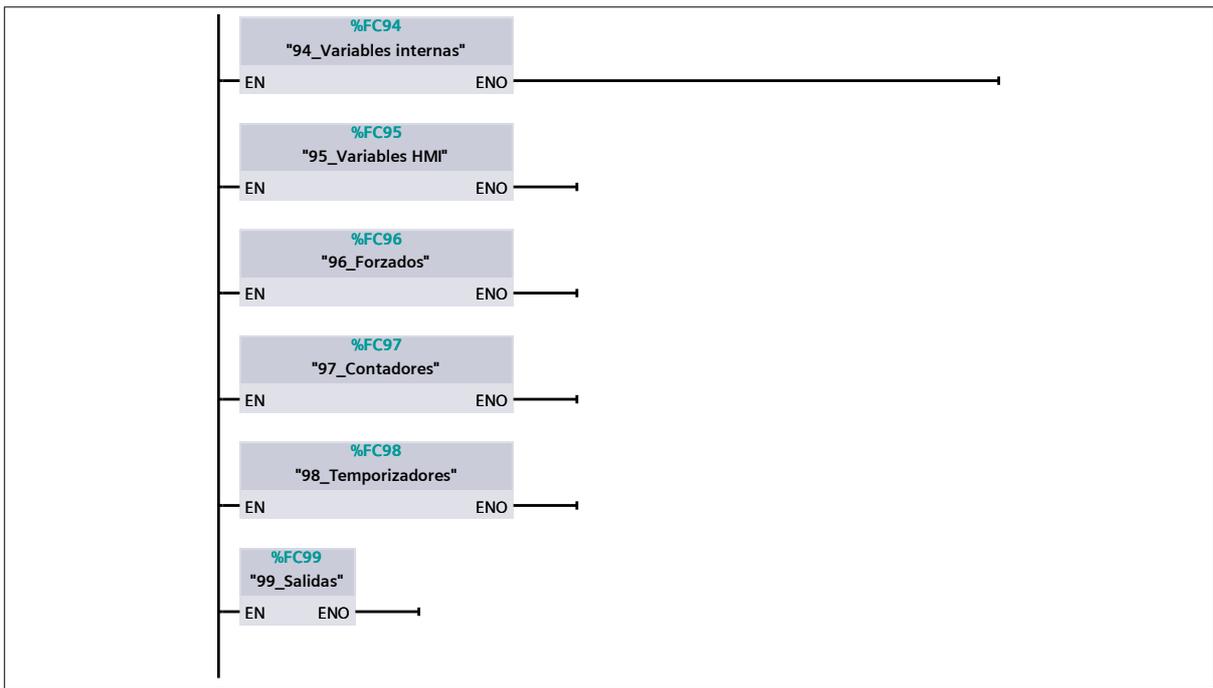


## Segmento 3: Llamada grafcets D1



Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st	Language		
Approved By	Description 2nd	es-ES	Version	
	1st View		Sheet 3 - 1	

Segmento 4: Llamada otros bloques de programa



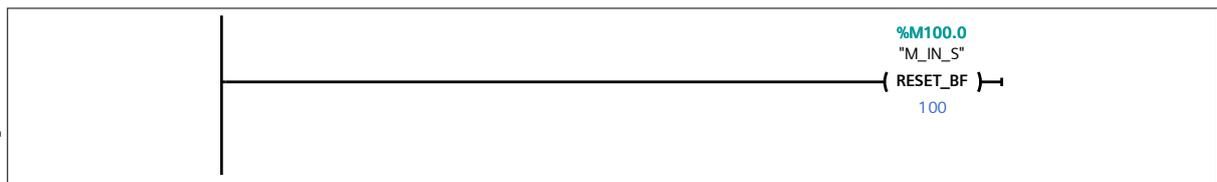
Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st		Language es-ES	
Approved By	Description 2nd		Version	Sheet 3 - 2
	1st View			

# Startup [OB100]

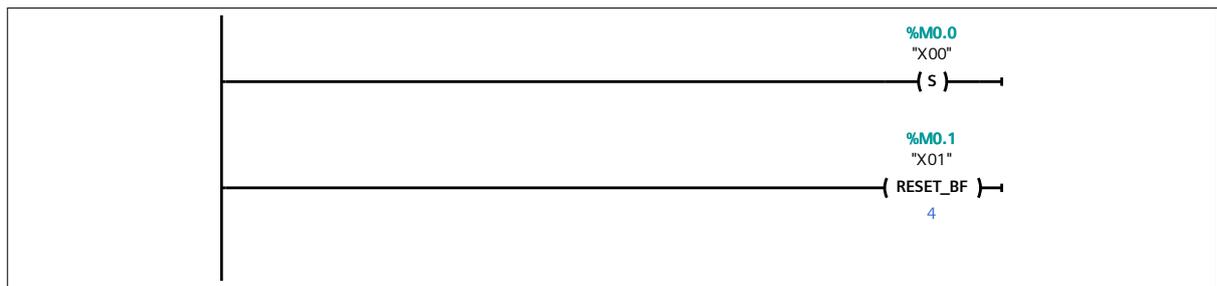
Startup Propiedades			
General			
Nombre	Startup	Número	100
Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático		
Información			
Título	"Complete Restart"	Autor	
Comentario	Inicialización etapas iniciales y variables.	Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
▼ Input		
LostRetentive	Bool	
LostRTC	Bool	
Temp		
Constant		

## Segmento 1: Reset variables internas y HMI



## Segmento 2: Grafcet emergencia. Inicialización



## Segmento 3: Grafcet CIP. Inicialización

Owner	Project name Fermentación CFP	Date 20/06/2019
Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP	
Designed By	Location	
Checked By	Description 1st	Language es-ES
Approved By	Description 2nd	Version
	1st View	Sheet 4 - 1

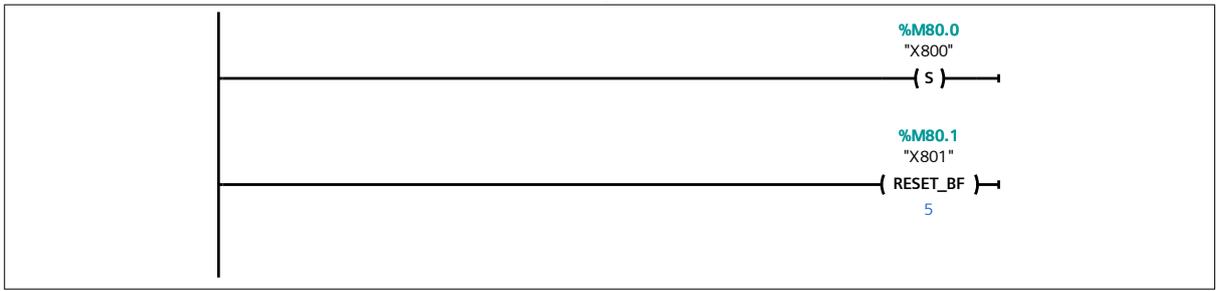
1

2

3

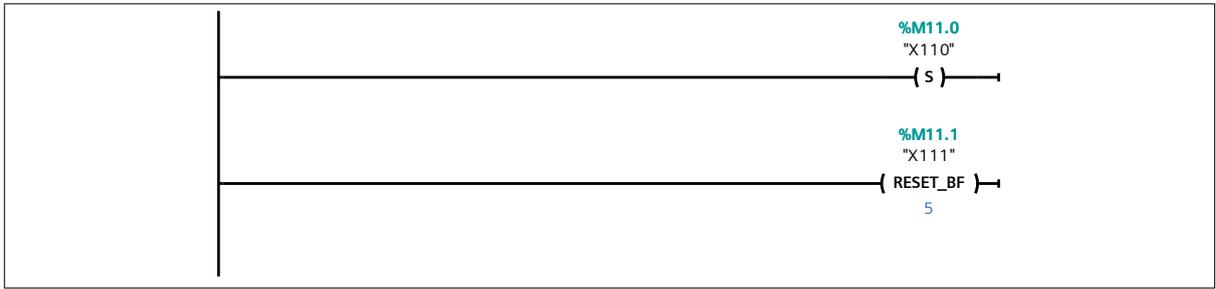
4

A



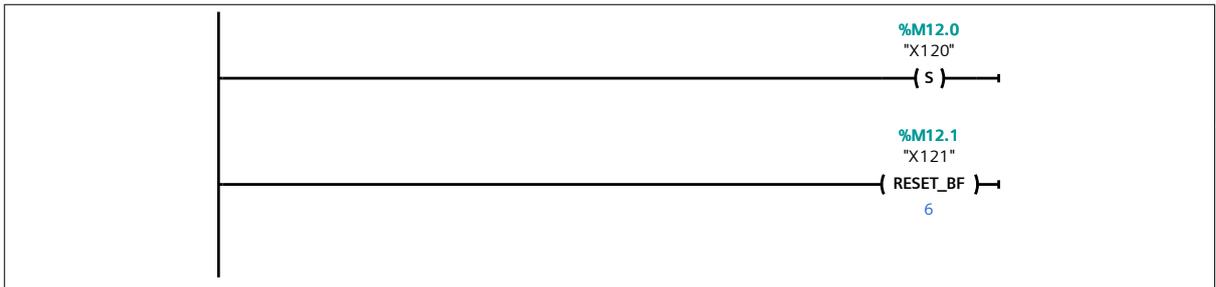
**Segmento 4: Grafcet MM D1. Inicialización**

B



**Segmento 5: Grafcet Fermentación D1. Inicialización**

C



D

E

F

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st	Language es-ES		
Approved By	Description 2nd	1st View	Version	Sheet 4 - 2

# 00\_Grafcet emergencia [FC1]

## 00\_Grafcet emergencia Propiedades

### General

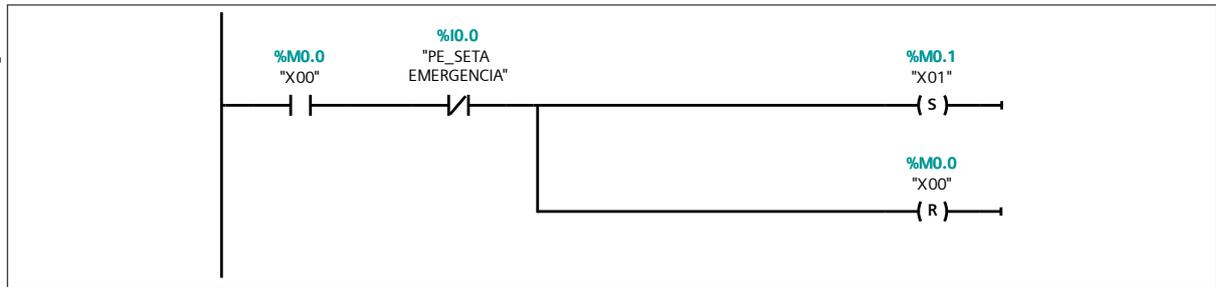
Nombre	00_Grafcet emergencia	Número	1
Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Manual		

### Información

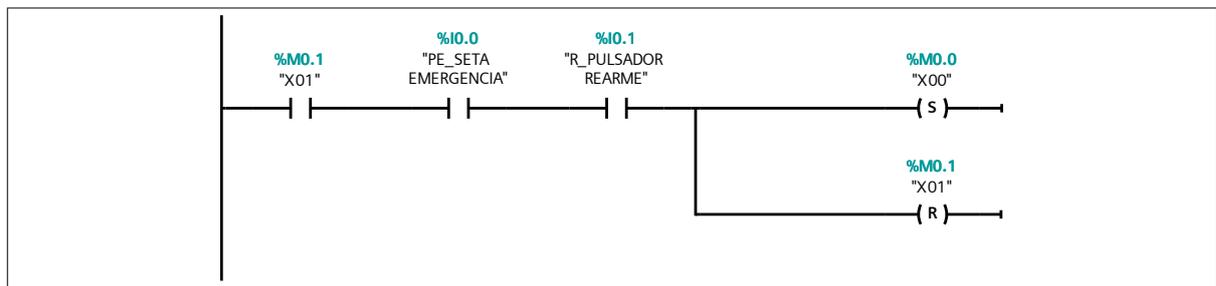
Título	Grafcet emergencia todos los depósitos	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
Return		
00_Grafcet emergencia	Void	

## Segmento 1: Grafcet emergencia. Desactivación ET 00 activación ET 01

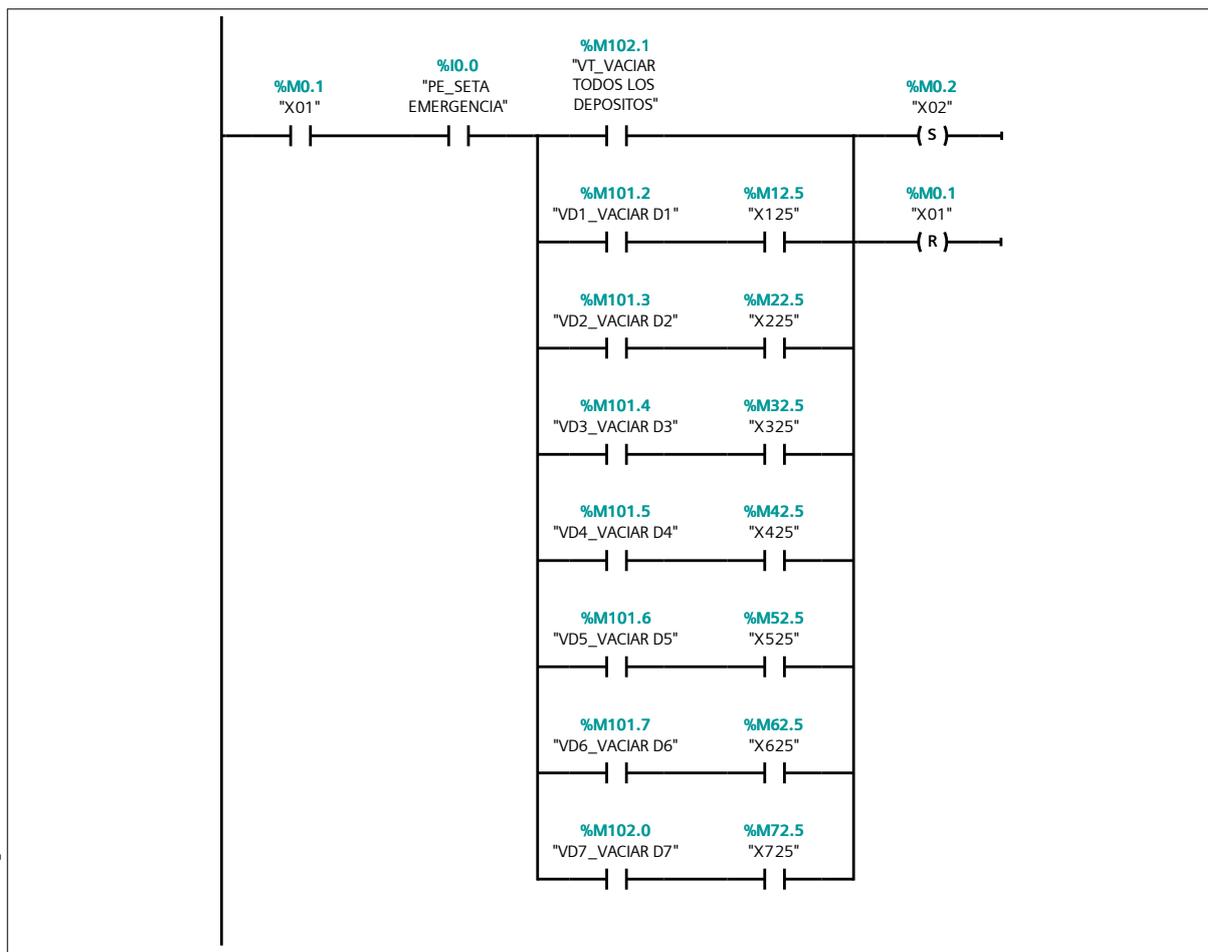


## Segmento 2: Grafcet emergencia. Desactivación ET 01 activación ET 00



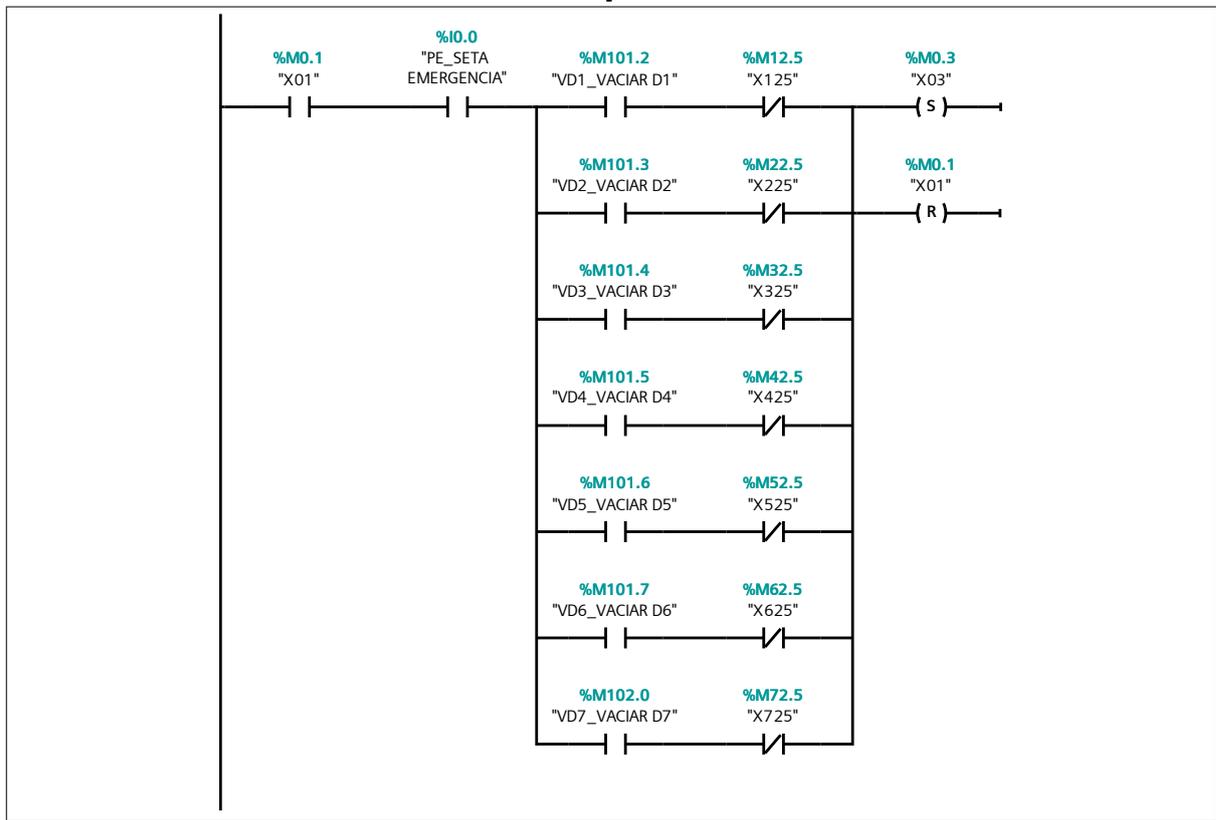
Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019	
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP			
Designed By	Location				
	Description 1st				
Checked By	Description 2nd		Language		es-ES
	Approved By		1st View	Version	Sheet 5 - 1

Segmento 3: Grafcet emergencia. Desactivación ET 01 activación ET 02

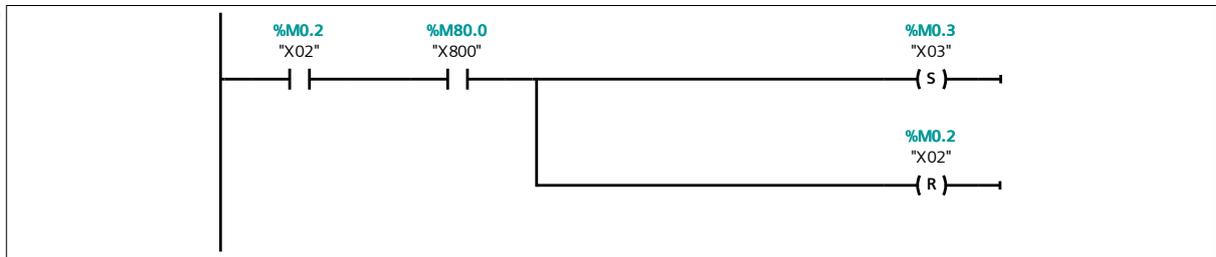


Segmento 4: Grafcet emergencia. Desactivación ET 01 activación ET 03

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st		Language	
Approved By	Description 2nd		es-ES	
	1st View		Version	Sheet 5 - 2



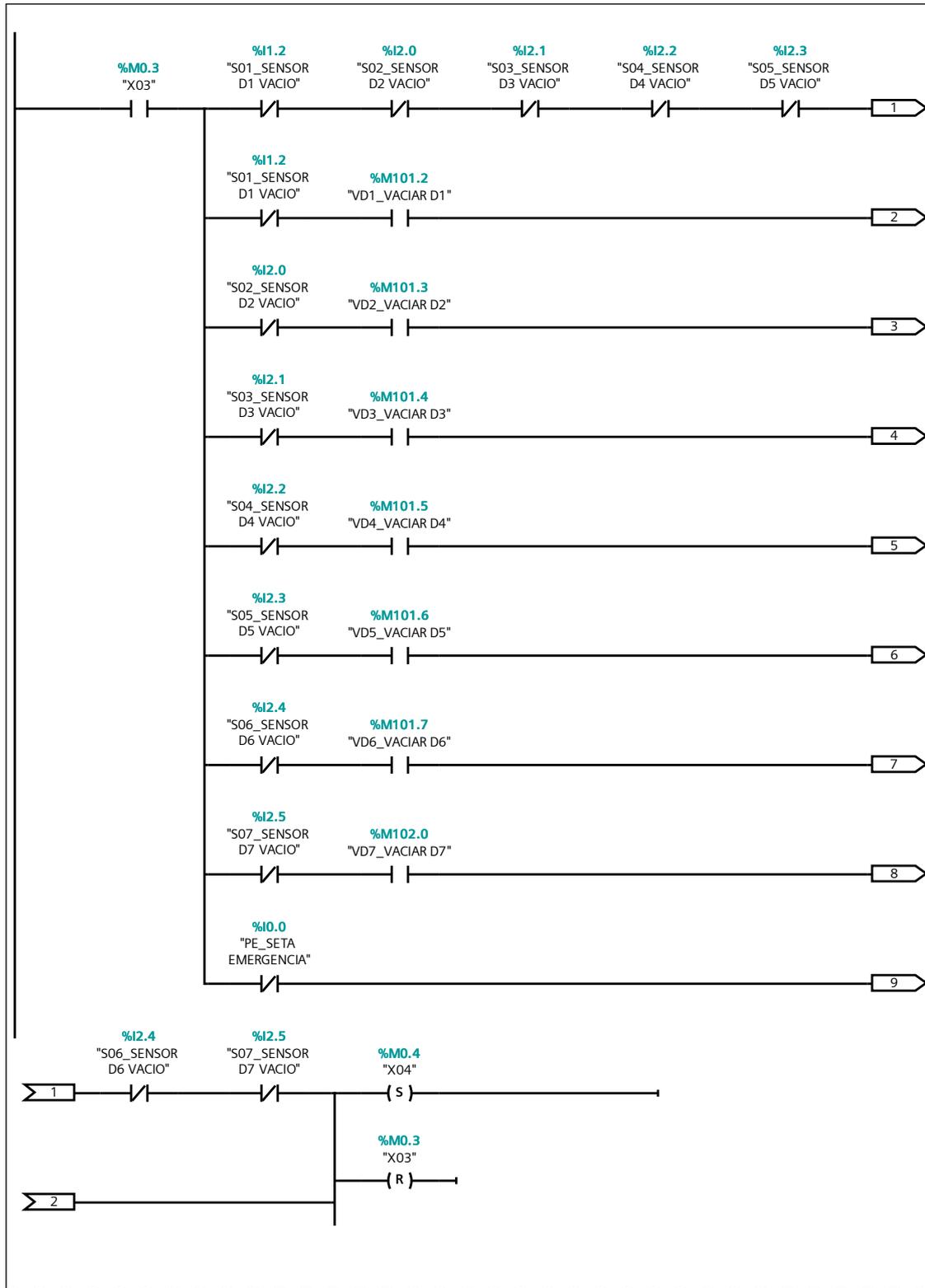
**Segmento 5: Grafcet emergencia. Desactivación ET 02 activación ET 03**



**Segmento 6: Grafcet emergencia. Desactivación ET 03 activación ET 04**

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Project path	C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Operator	Location			
	Designed By	Description 1st		
Checked By	Description 2nd	Language	es-ES	
	Approved By	1st View	Version	Sheet 5 - 3

Segmento 6: Grafcet emergencia. Desactivación ET 03 activación ET 04 (1.1 / 2.1)



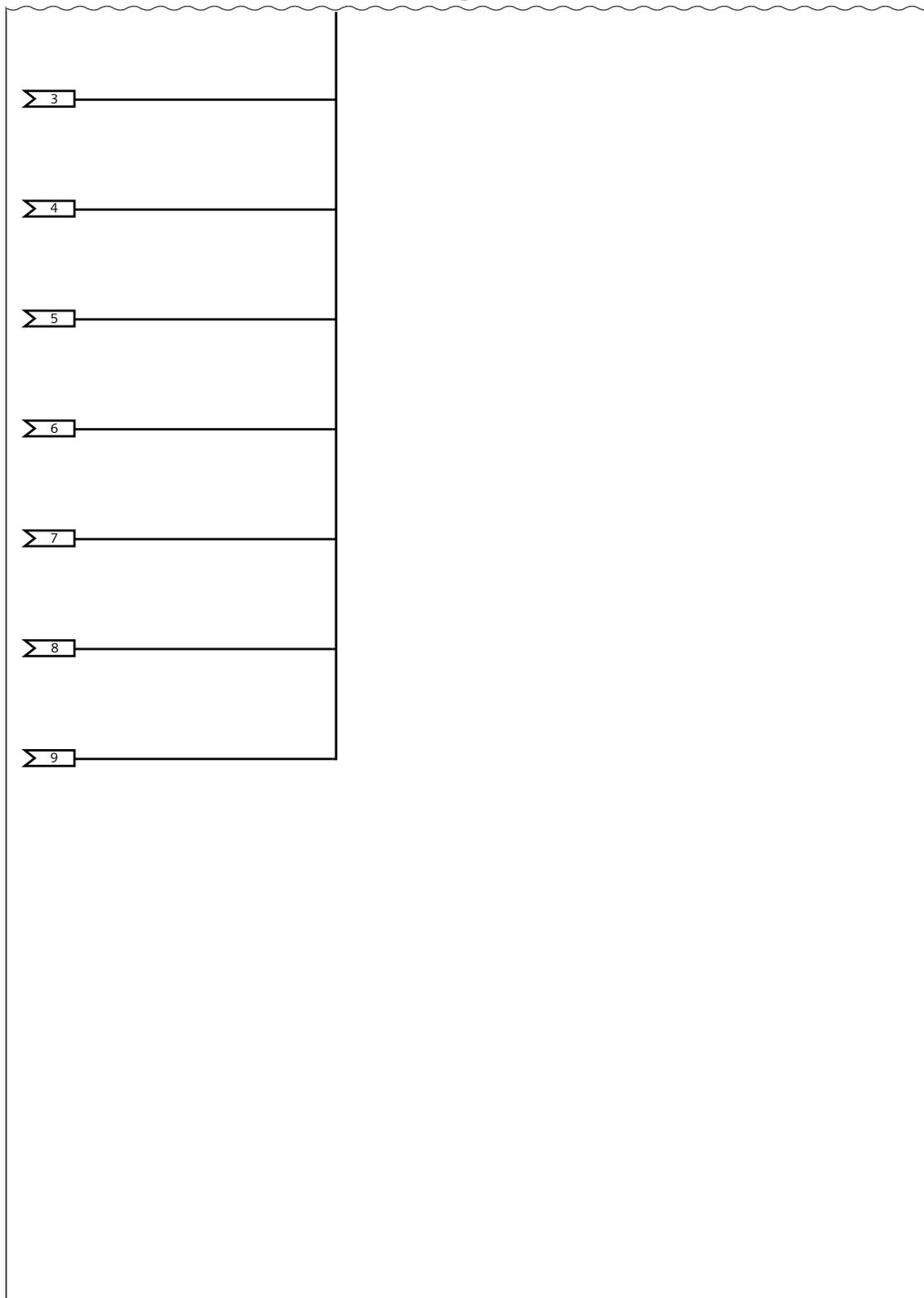
2.1 ( Página5 - 5)

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
	Description 1st			
Checked By	Description 2nd		Language	es-ES
Approved By	1st View	Version	Sheet 5 - 4	

A

### Segmento 6: Grafcet emergencia. Desactivación ET 03 activación ET 04 (2.1 / 2.1)

1.1 ( Página5 - 4)



B

C

D

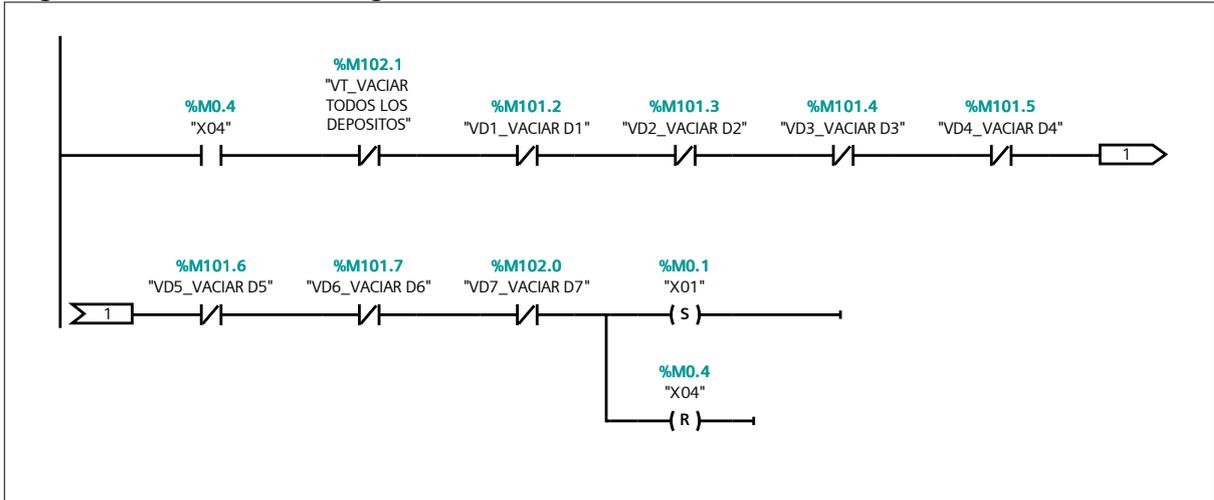
E

F

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st	Language es-ES		
Approved By	Description 2nd	1st View	Version	Sheet 5 - 5

Segmento 7: Grafcet emergencia. Desactivación ET 04 activación ET 01

Segmento 7: Grafcet emergencia. Desactivación ET 04 activación ET 01



Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st	Language es-ES		
Approved By	Description 2nd	1st View	Version	Sheet 5 - 6

## 11\_Grafcet MM D1 [FC2]

### 11\_Grafcet MM D1 Propiedades

#### General

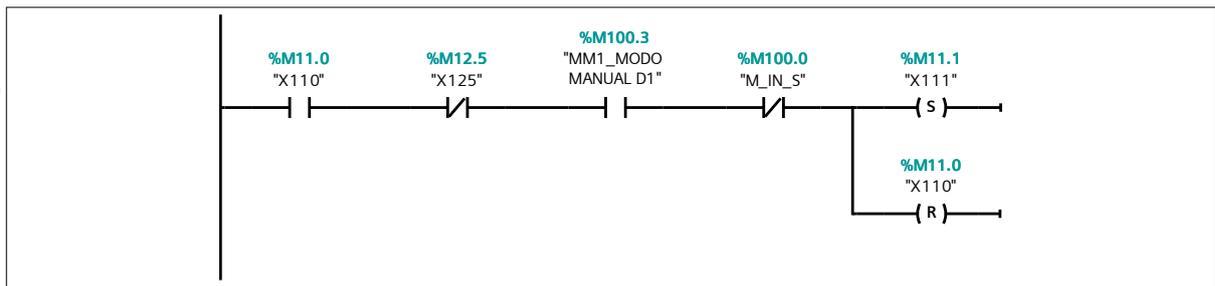
Nombre	11_Grafcet MM D1	Número	2
Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Automático		

#### Información

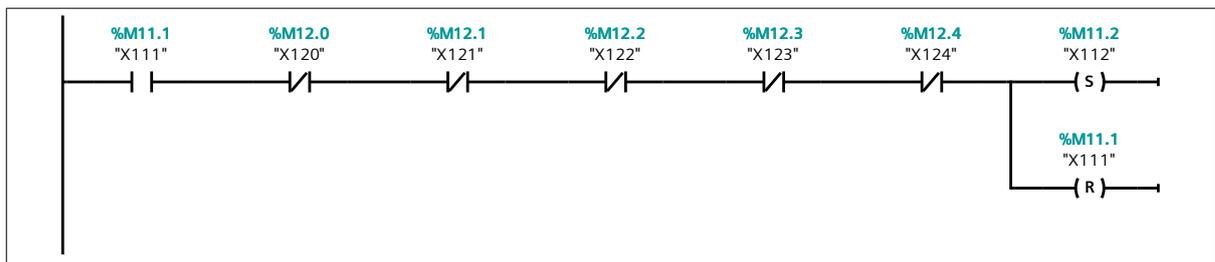
Título	Grafcet Modo Manual D1	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
▼ Return		
11_Grafcet MM D1	Void	

### Segmento 1: Grafcet Modo Manual D1. Desactivación ET 110 activación ET 111.

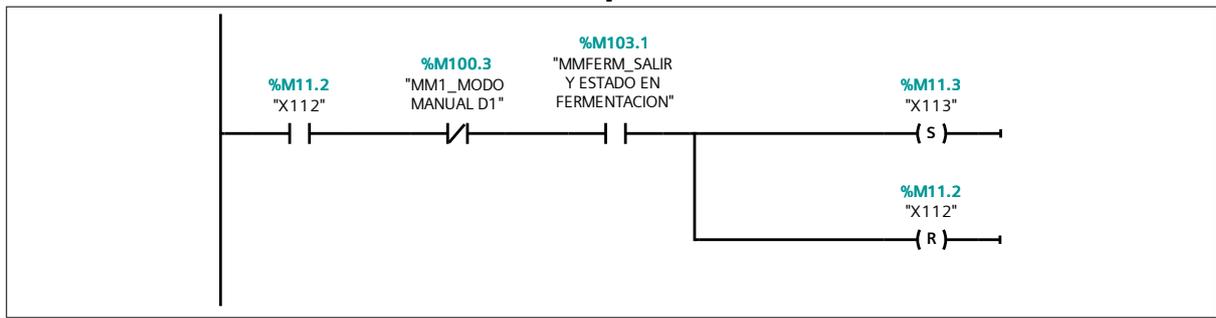


### Segmento 2: Grafcet Modo Manual D1. Desactivación ET 111 activación ET 112.

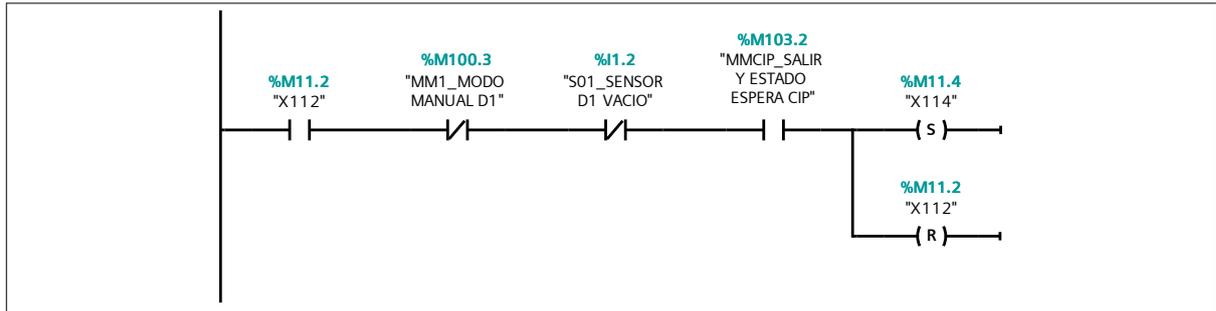


### Segmento 3: Grafcet Modo Manual D1. Desactivación ET 112 activación ET 113.

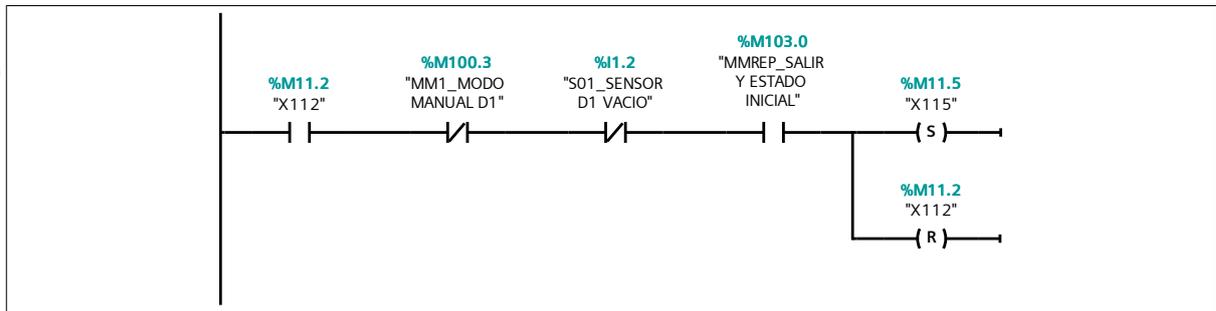
Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Project path	C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Operator	Location			
	Description 1st			
Designed By	Description 2nd	Language	es-ES	
Checked By	1st View	Version	Sheet 6 - 1	



**Segmento 4: Grafcet Modo Manual D1. Desactivación ET 112 activación ET 114.**

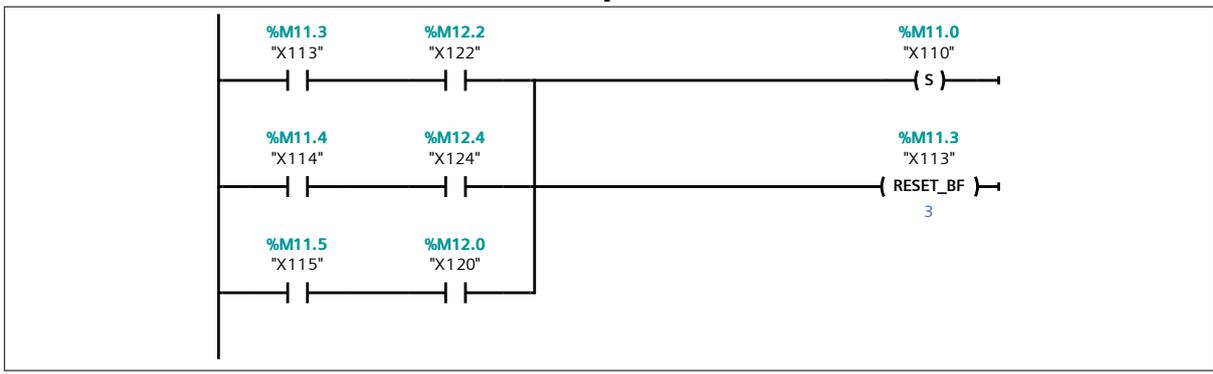


**Segmento 5: Grafcet Modo Manual D1. Desactivación ET 112 activación ET 115.**



**Segmento 6: Grafcet Modo Manual D1. Activación ET 110.**

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st	Language		
Approved By	Description 2nd	es-ES	Version	
	1st View		Sheet	6 - 2



	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
		Location		
	Designed By	Description 1st		
	Checked By	Description 2nd	Language	es-ES
	Approved By	1st View	Version	Sheet 6 - 3

## 12\_Grafcet Fermentación D1 [FC3]

### 12\_Grafcet Fermentación D1 Propiedades

#### General

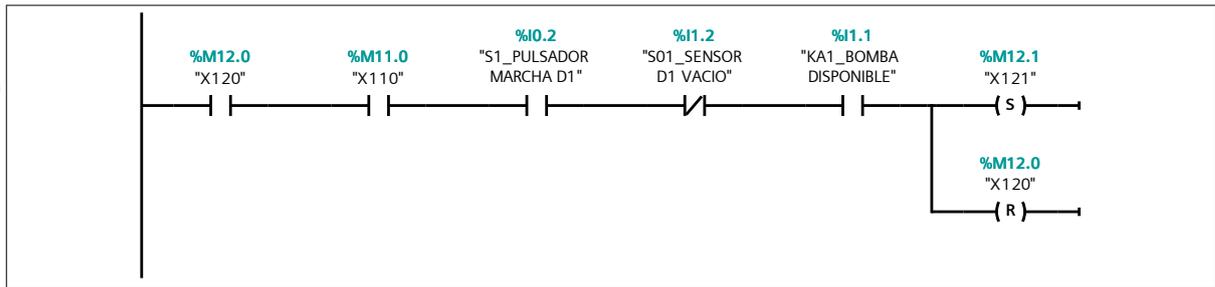
Nombre	12_Grafcet Fermentación D1	Número	3
Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Automático		

#### Información

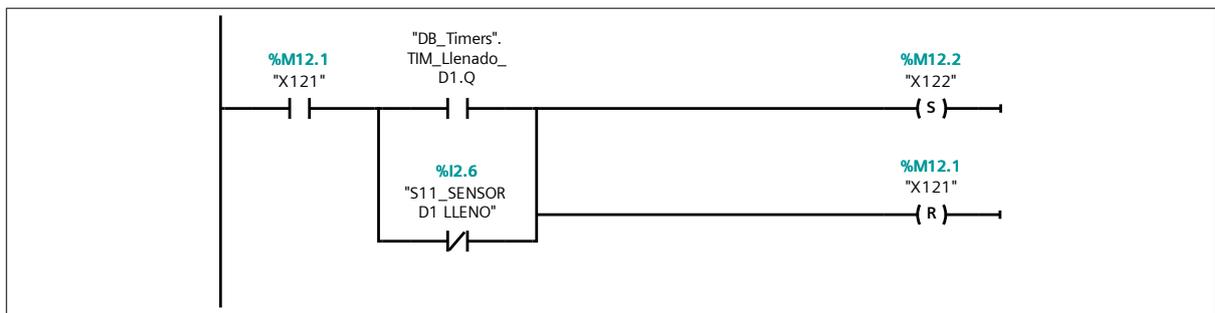
Título	Grafcet fermentación D1	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
▼ Return		
12_Grafcet Fermentación D1	Void	

### Segmento 1: Grafcet fermentación D1. Desactivación ET 120 activación ET 121.

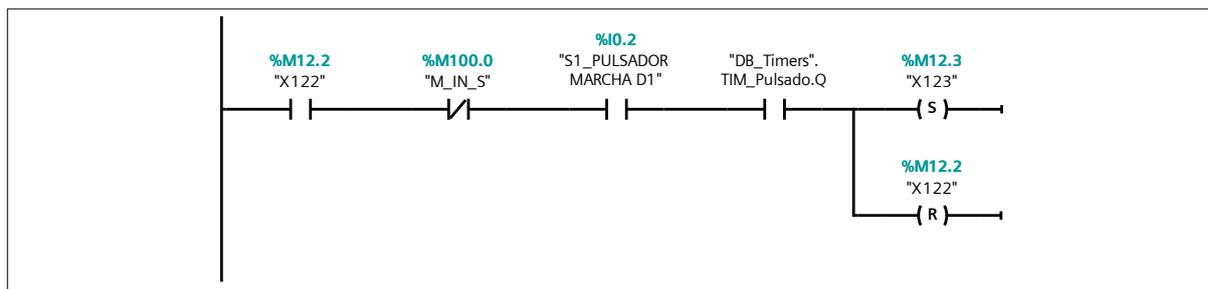


### Segmento 2: Grafcet fermentación D1. Desactivación ET 121 activación ET 122.

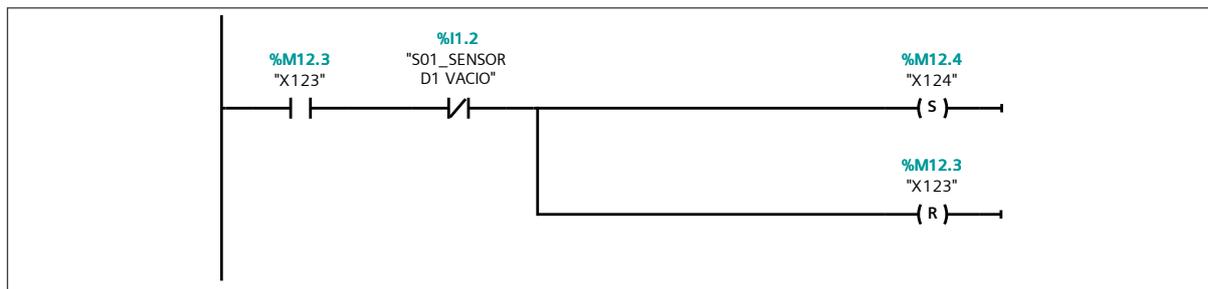


Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019	
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP			
Designed By	Location				
	Description 1st				
Checked By	Description 2nd		Language		es-ES
	Approved By		1st View	Version	Sheet 7 - 1

**Segmento 3: Grafcet fermentación D1. Desactivación ET 122 activación ET 123.**

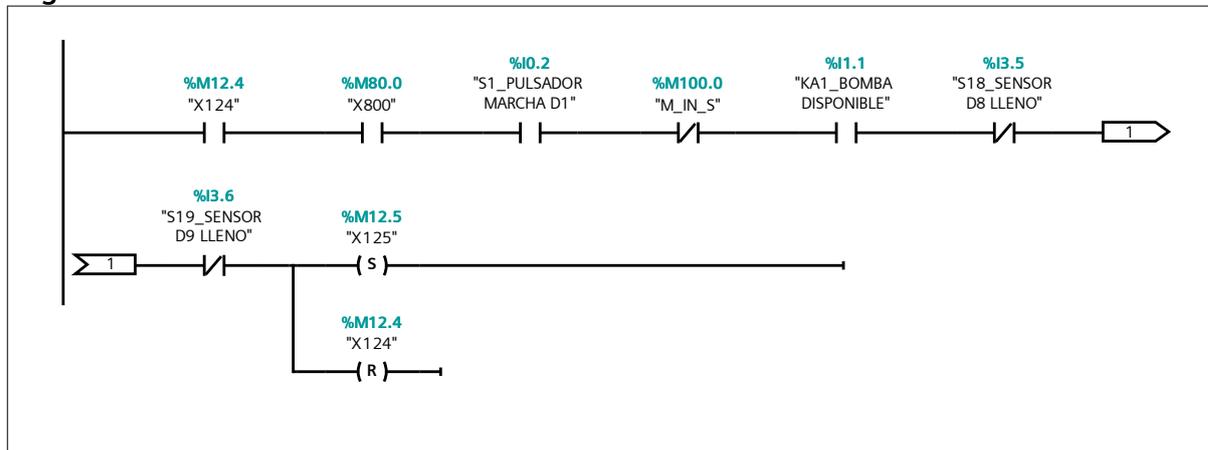


**Segmento 4: Grafcet fermentación D1. Desactivación ET 123 activación ET 124.**



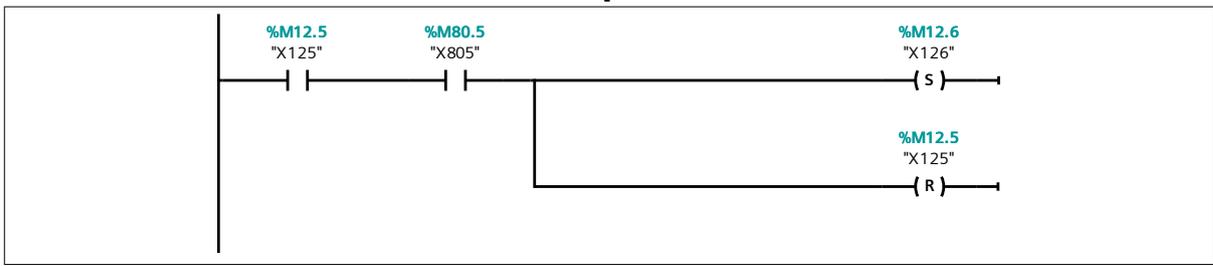
**Segmento 5: Grafcet fermentación D1. Desactivación ET 124 activación ET 125.**

**Segmento 5: Grafcet fermentación D1. Desactivación ET 124 activación ET 125.**

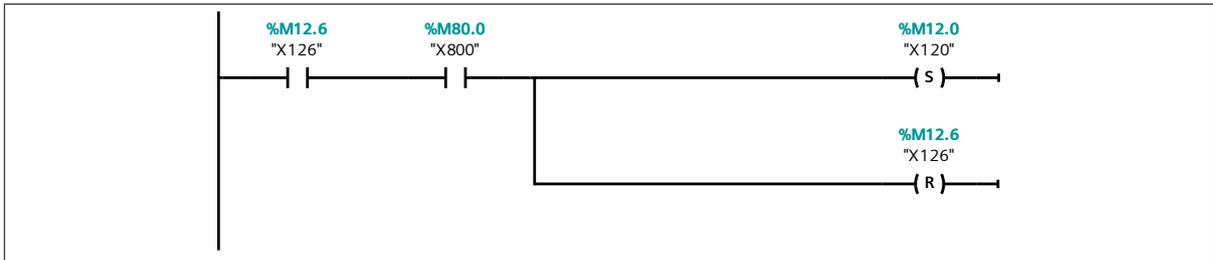


**Segmento 6: Grafcet fermentación D1. Desactivación ET 125 activación ET 126.**

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
	Description 1st			
Checked By	Description 2nd		Language	es-ES
Approved By	1st View	Version	Sheet 7 - 2	



**Segmento 7: Grafcet fermentación D1. Desactivación ET 126 activación ET 120.**



Owner	Project name Fermentación CFP	Date 20/06/2019
Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP	
	Location	
Designed By	Description 1st	
Checked By	Description 2nd	Language es-ES
Approved By	1st View	Version
		Sheet 7 - 3

## 80\_Grafcet CIP [FC80]

### 80\_Grafcet CIP Propiedades

#### General

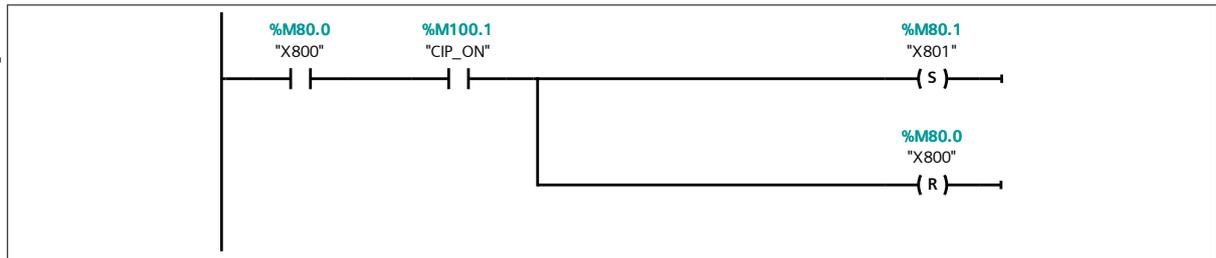
Nombre	80_Grafcet CIP	Número	80
Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Manual		

#### Información

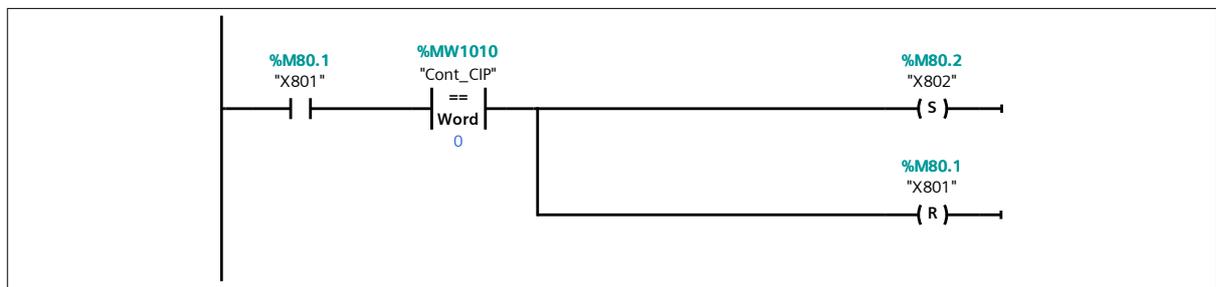
Título	Automatización CIP para todos los depósitos fermentación.	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
▼ Return		
80_Grafcet CIP	Void	

### Segmento 1: Grafcet CIP. Desactivación ET 800 activación ET 801.

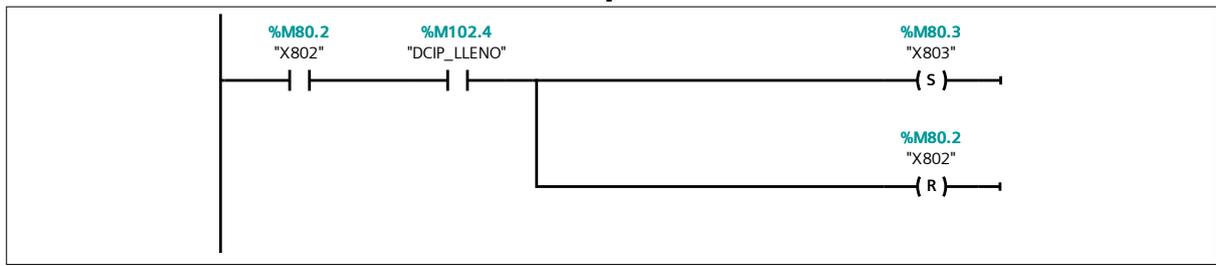


### Segmento 2: Grafcet CIP. Desactivación ET 801 activación ET 802.

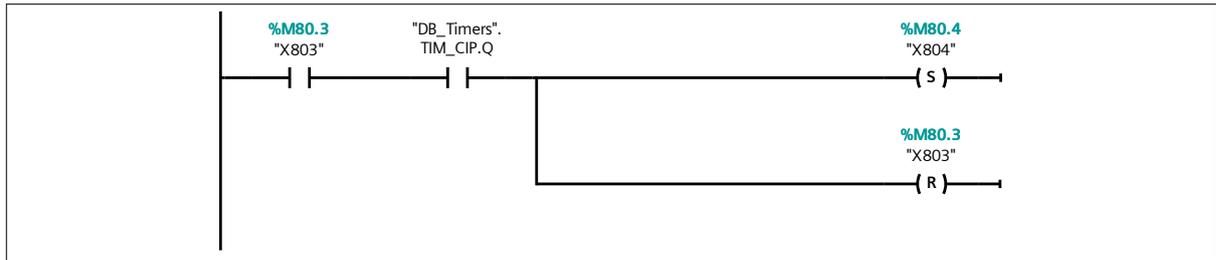


### Segmento 3: Grafcet CIP. Desactivación ET 802 activación ET 803.

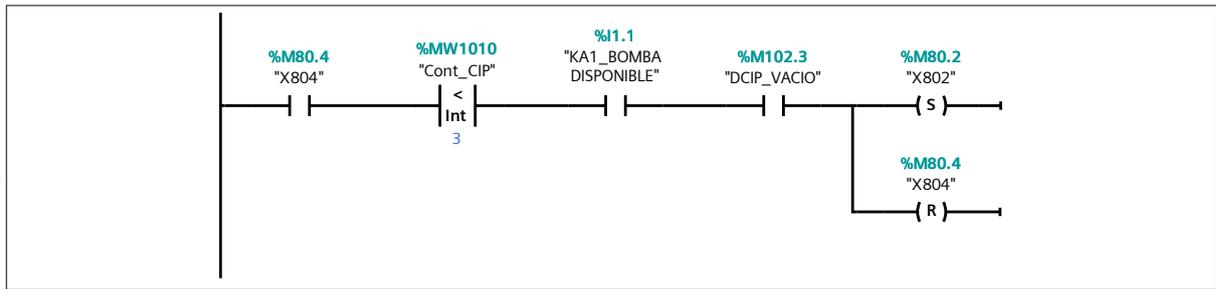
Owner	Project name	Fermentación CFP		Date	20/06/2019
Operator	Project path	C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP			
Designed By	Description 1st				
Checked By	Description 2nd	Language	es-ES		
Approved By	1st View	Version	Sheet 8 - 1		



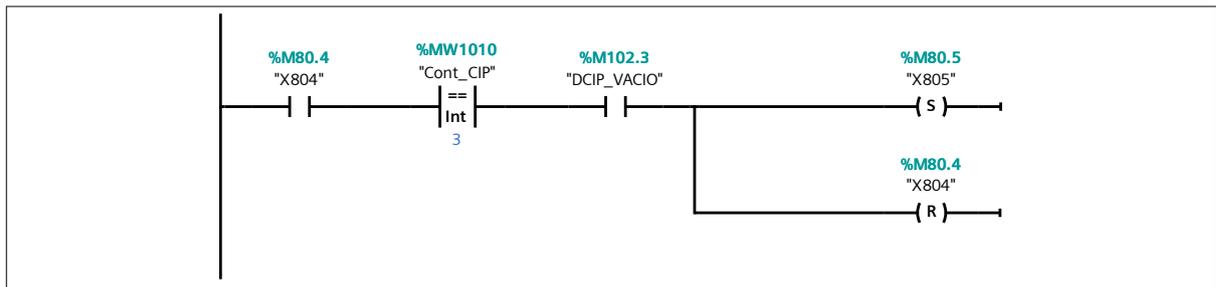
Segmento 4: Grafcet CIP. Desactivación ET 803 activación ET 804.



Segmento 5: Grafcet CIP. Desactivación ET 804 activación ET 802.



Segmento 6: Grafcet CIP. Desactivación ET 804 activación ET 805.



Segmento 7: Grafcet CIP. Desactivación ET 805 activación ET 800.

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019	
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP			
Designed By	Location				
	Description 1st				
Checked By	Description 2nd		Language		es-ES
	Approved By	1st View	Version	Sheet 8 - 2	

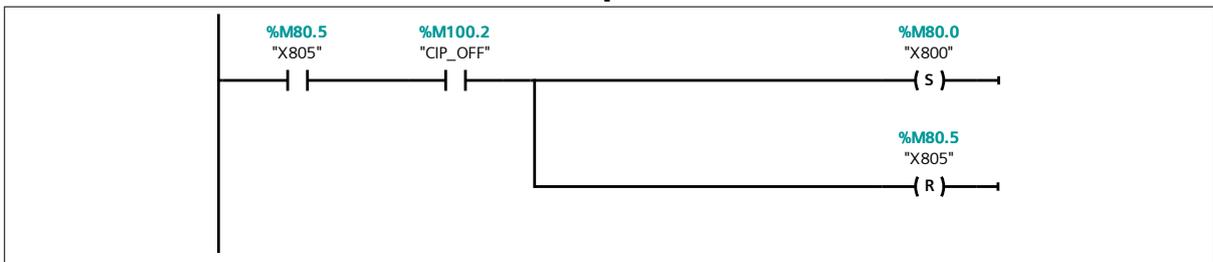
1

2

3

4

A



B

C

D

E

F

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st	Language es-ES		
Approved By	Description 2nd	1st View	Version	Sheet 8 - 3

## 94\_Variables internas [FC94]

### 94\_Variables internas Propiedades

#### General

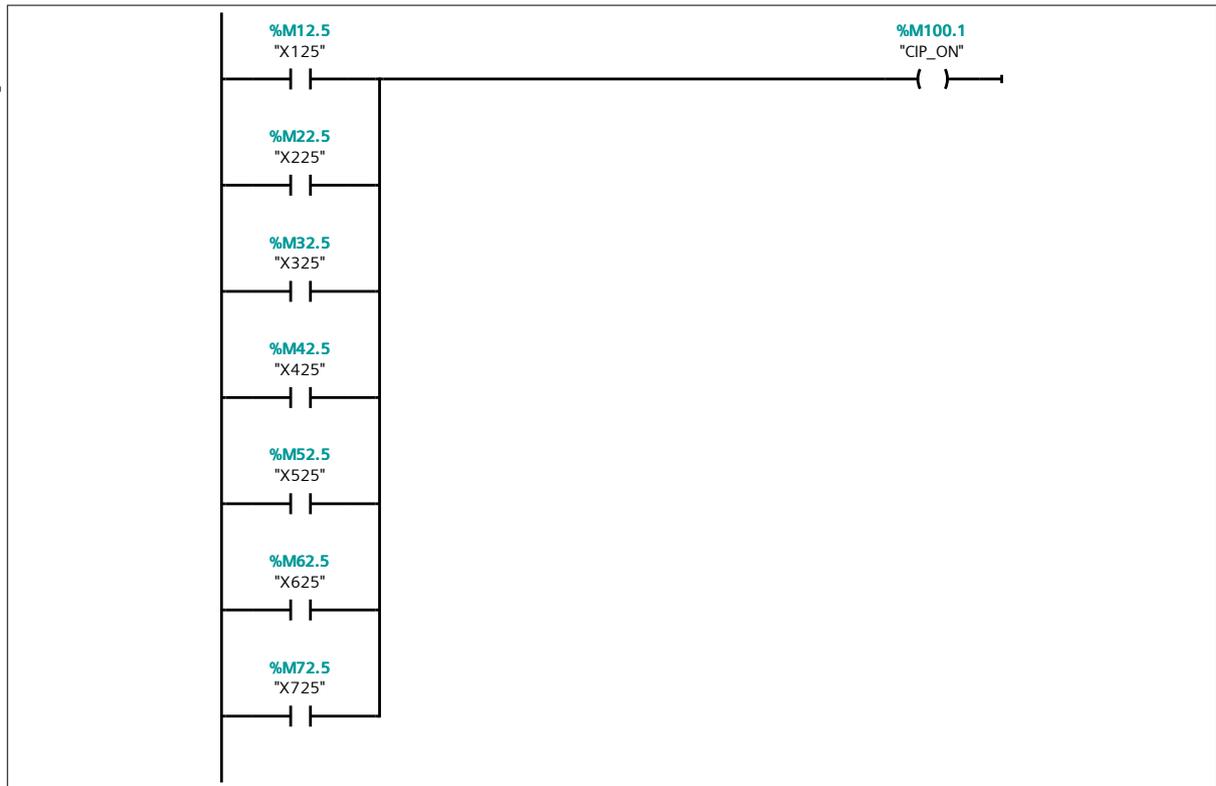
Nombre	94_Variables internas	Número	94
Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Manual		

#### Información

Título	Variables internas del PLC	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

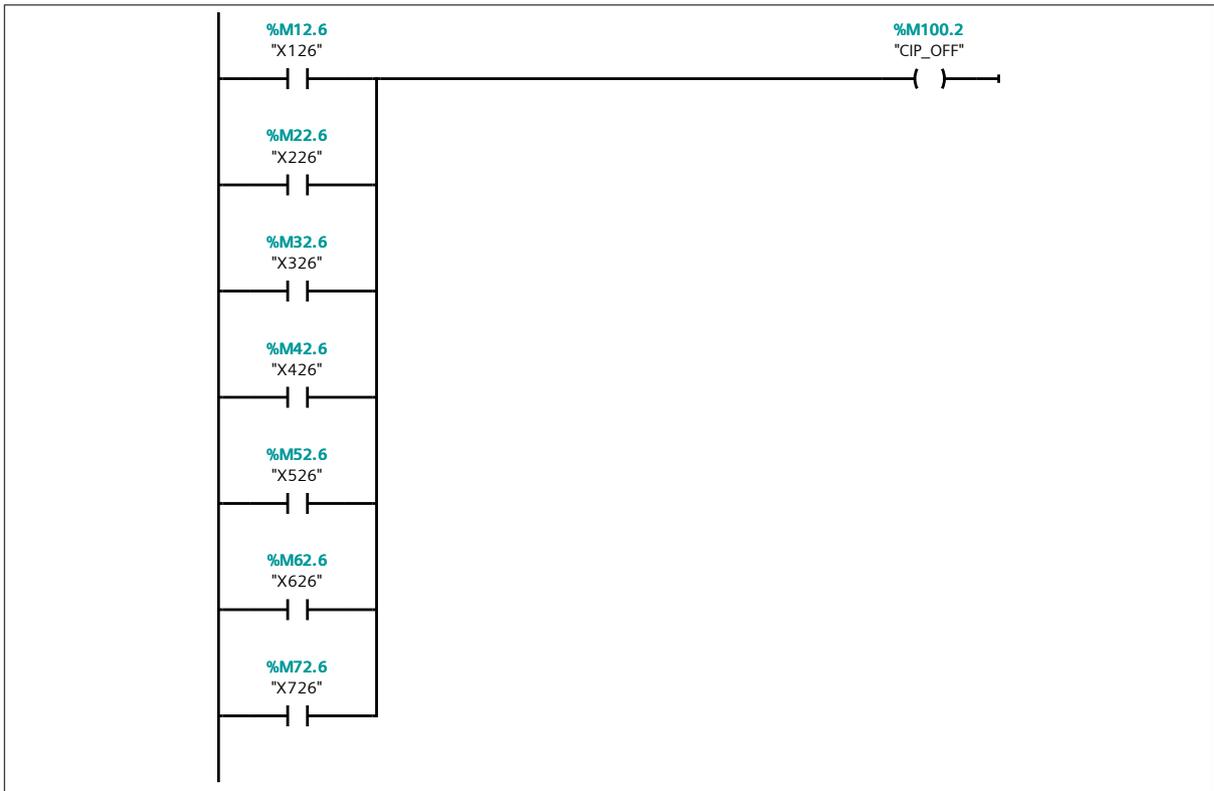
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
▼ Return		
94_Variables internas	Void	

### Segmento 1: CIP\_ON Empezar cip



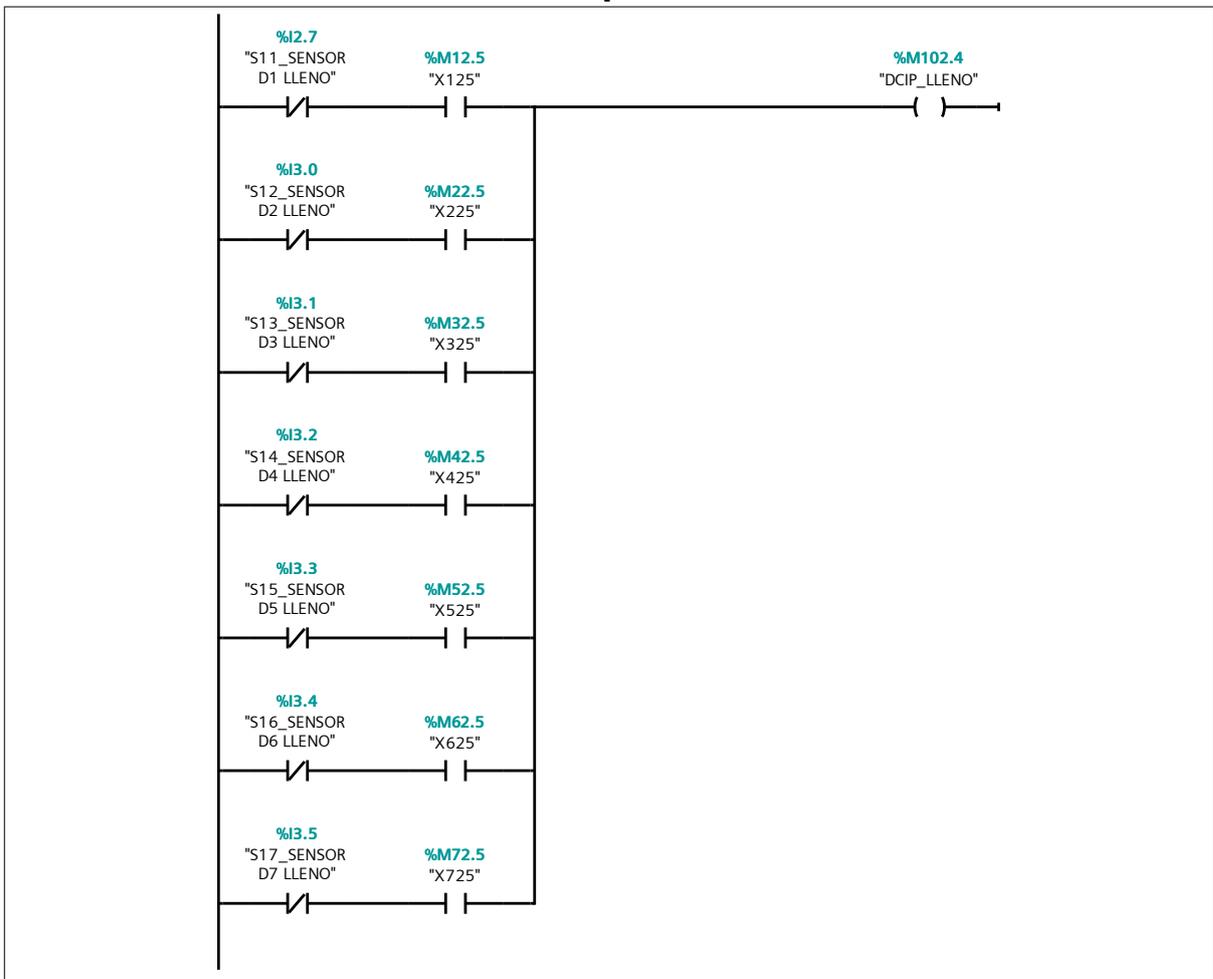
Owner	Project name	Fermentación CFP		Date	20/06/2019
Operator	Project path	C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP			
Designed By	Description 1st				
Checked By	Description 2nd	Language	es-ES		
Approved By	1st View	Version	Sheet 9 - 1		

Segmento 2: CIP\_OFF Acabar CIP



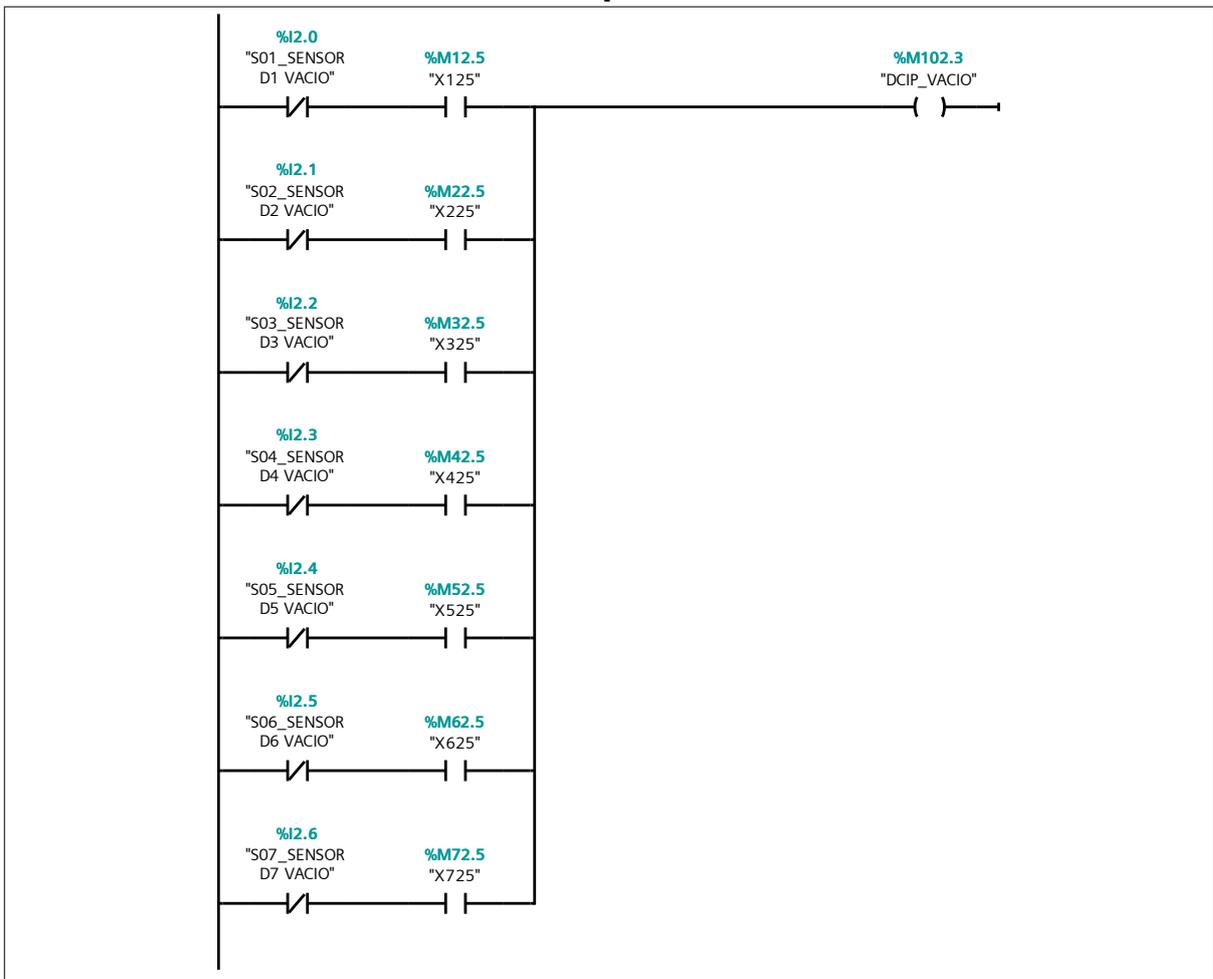
Segmento 3: DCIP\_LLENO

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st		Language	
	Description 2nd		es-ES	
Approved By	1st View	Version	Sheet 9 - 2	



**Segmento 4: DCIP\_VACIO**

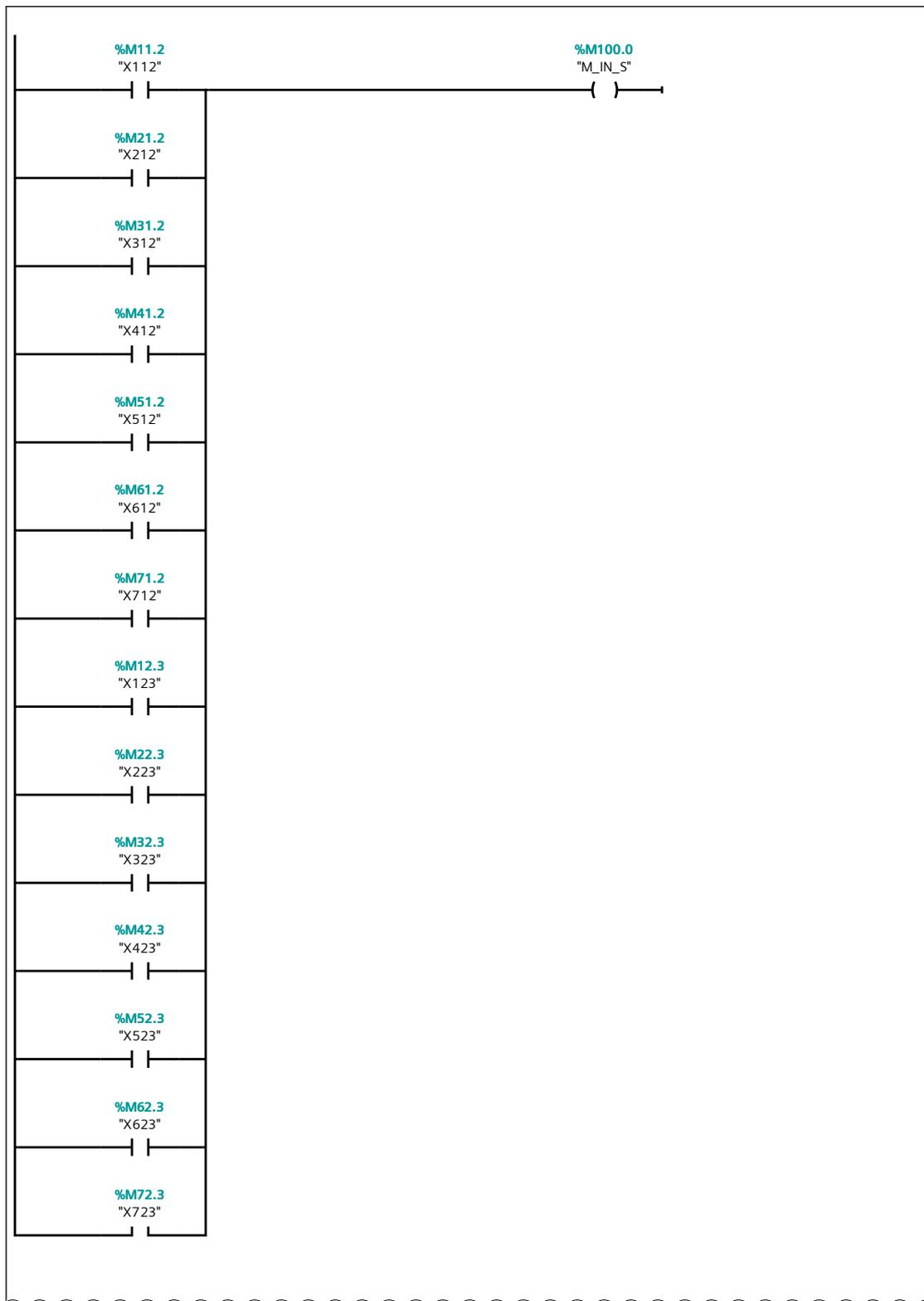
Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st	Language es-ES		
Approved By	Description 2nd	1st View	Version	Sheet 9 - 3



**Segmento 5: M\_IN\_S Inhabilitación de las salidas de los depósitos**

Owner	Project name Fermentación CFP		Date 20/06/2019
	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Operator	Location		
	Description 1st		
Designed By	Description 2nd		Language es-ES
Checked By	1st View	Version	Sheet 9 - 4
Approved By			

Segmento 5: M\_IN\_S Inhabilitación de las salidas de los depósitos (1.1 / 2.1)



2.1 ( Página9 - 6)

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st	Language es-ES		
Approved By	Description 2nd	1st View	Version	Sheet 9 - 5

1

2

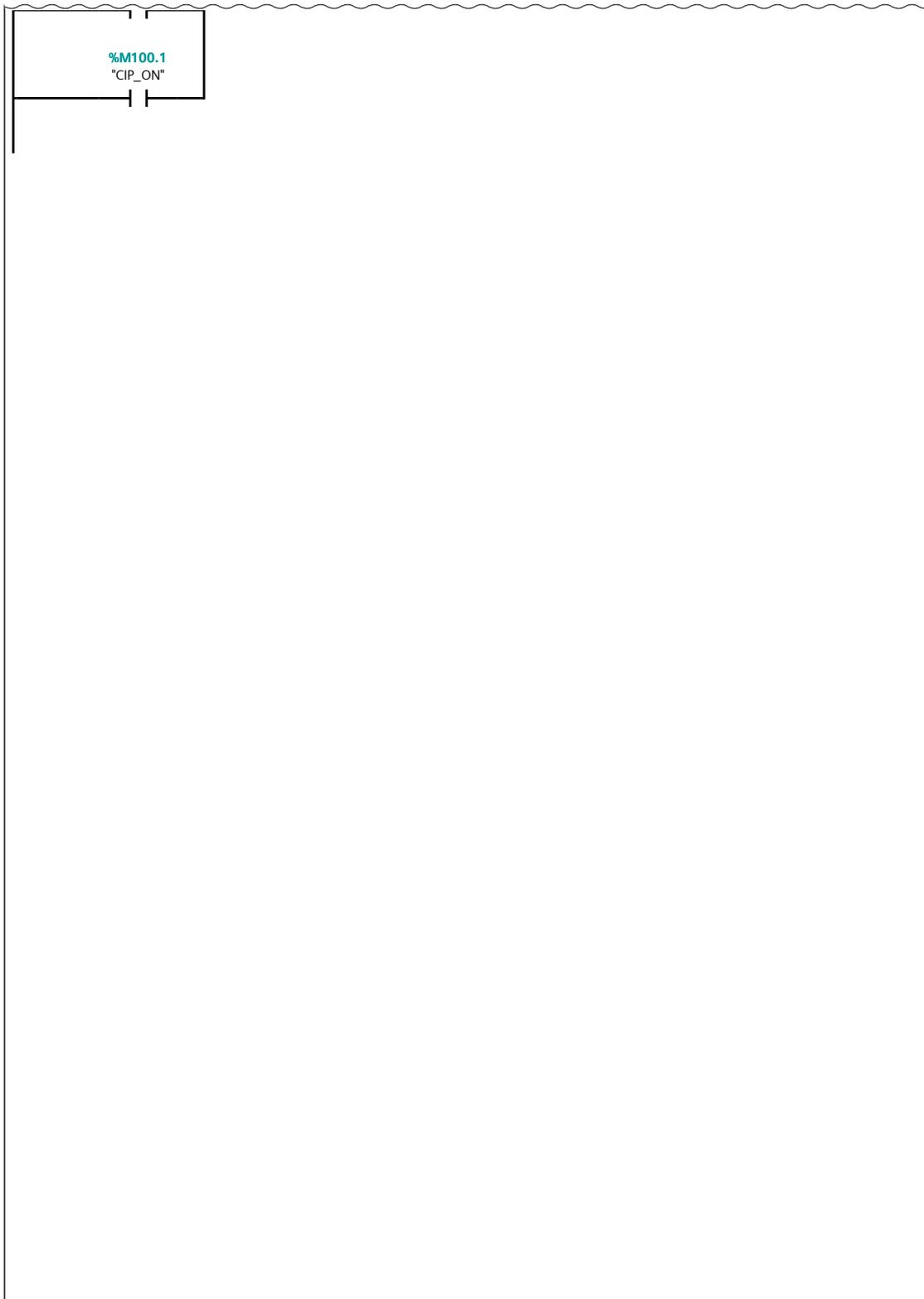
3

4

A

### Segmento 5: M\_IN\_S Inhabilitación de las salidas de los depósitos (2.1 / 2.1)

1.1 ( Página9 - 5)



B

C

D

E

F

Owner	Project name Fermentación CFP	Date 20/06/2019
Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP	
	Location	
Designed By	Description 1st	
Checked By	Description 2nd	Language es-ES
Approved By	1st View	Version
		Sheet 9 - 6

## 95\_Variables HMI [FC95]

### 95\_Variables HMI Propiedades

#### General

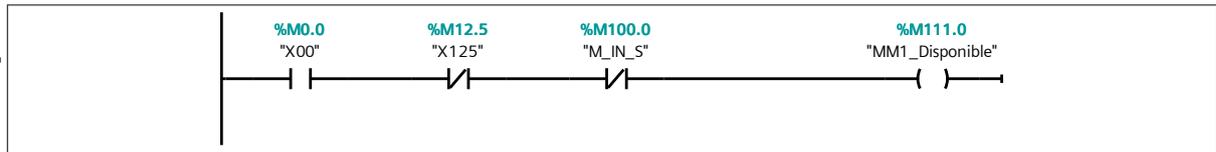
Nombre	95_Variables HMI	Número	95
Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Manual		

#### Información

Título	Variables visualización y activación botones HMI	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

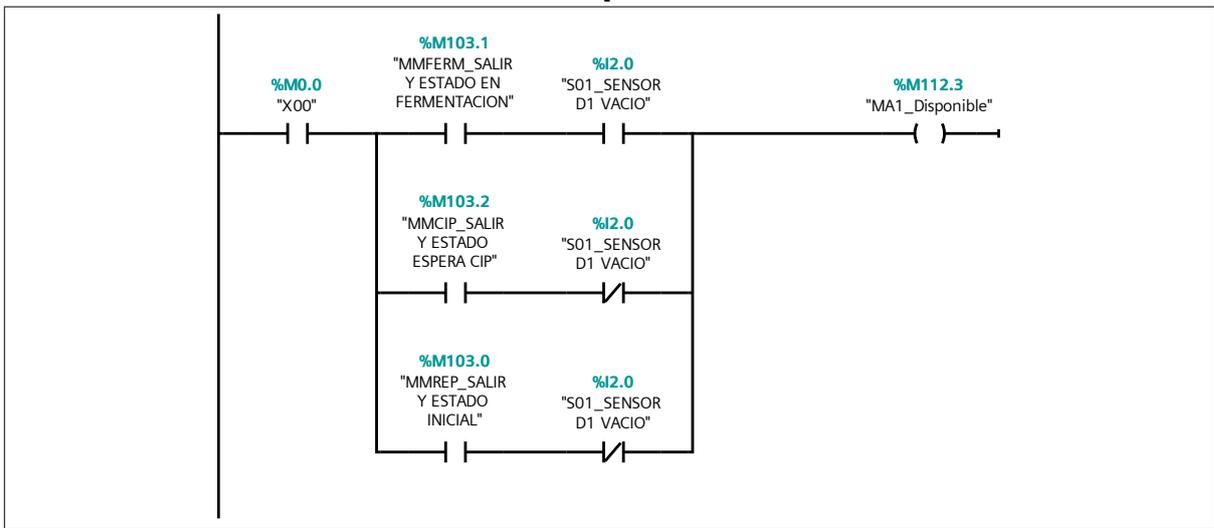
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
▼ Return		
95_Variables HMI	Void	

### Segmento 1: Boton MM1 disponible

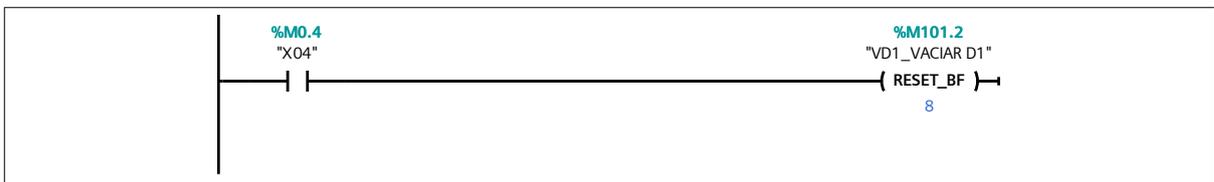


### Segmento 2: Botón Modo Automático D1 disponible

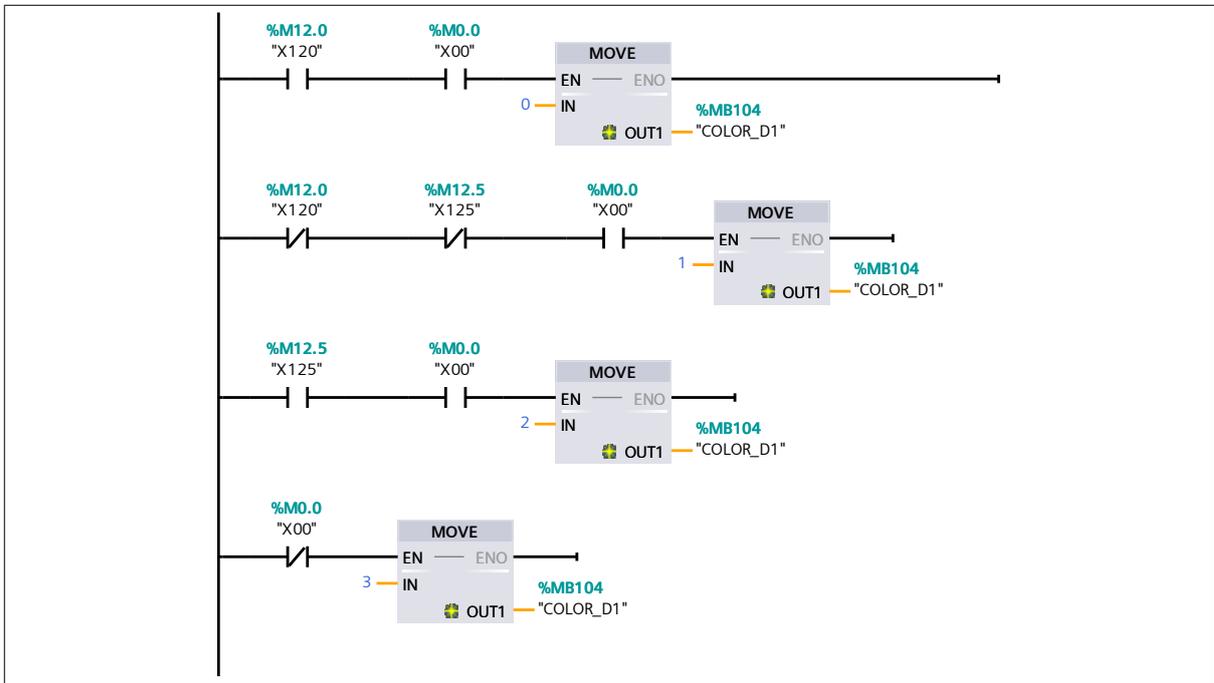
Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
	Description 1st			
Checked By	Description 2nd		Language es-ES	
	Approved By	1st View	Version	Sheet 10 - 1



Segmento 3: Resets marcas vaciar PE



Segmento 4: Colores D1



Owner	Project name Fermentación CFP		Date 20/06/2019
	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Operator	Location		
Designed By	Description 1st		
Checked By	Description 2nd	Language es-ES	
Approved By	1st View	Version	Sheet 10 - 2

## 96\_Forzados [FC96]

### 96\_Forzados Propiedades

#### General

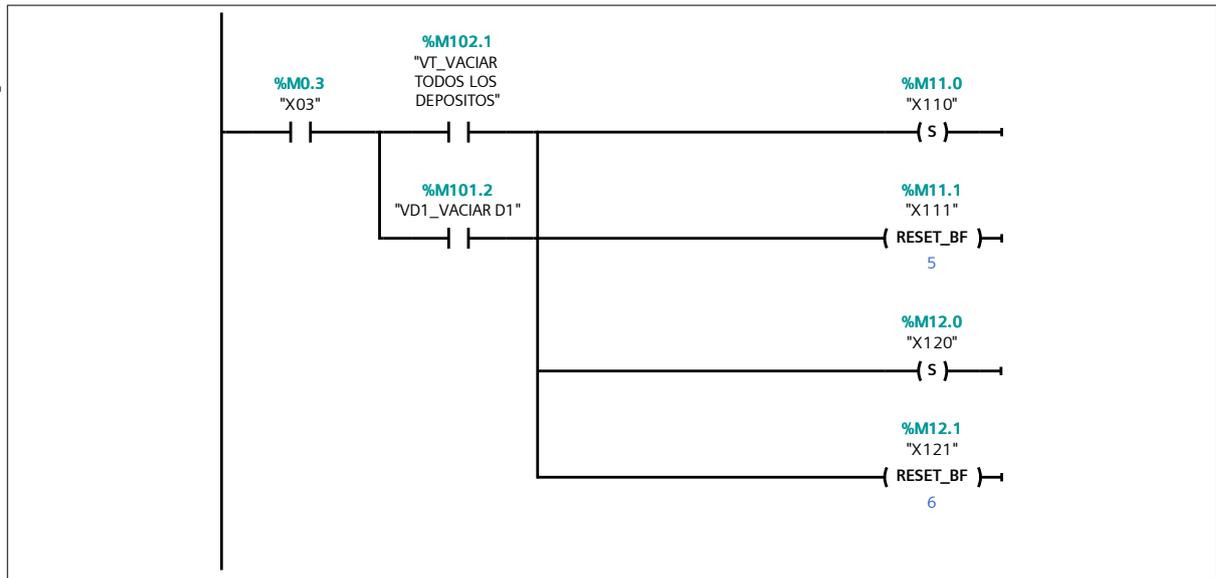
Nombre	96_Forzados	Número	96
Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Manual		

#### Información

Título	Forzados	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

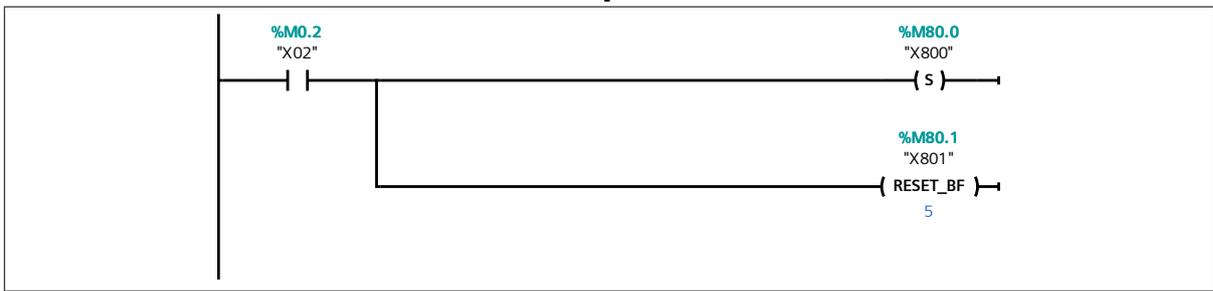
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
▼ Return		
96_Forzados	Void	

### Segmento 1: Forzados PE D1

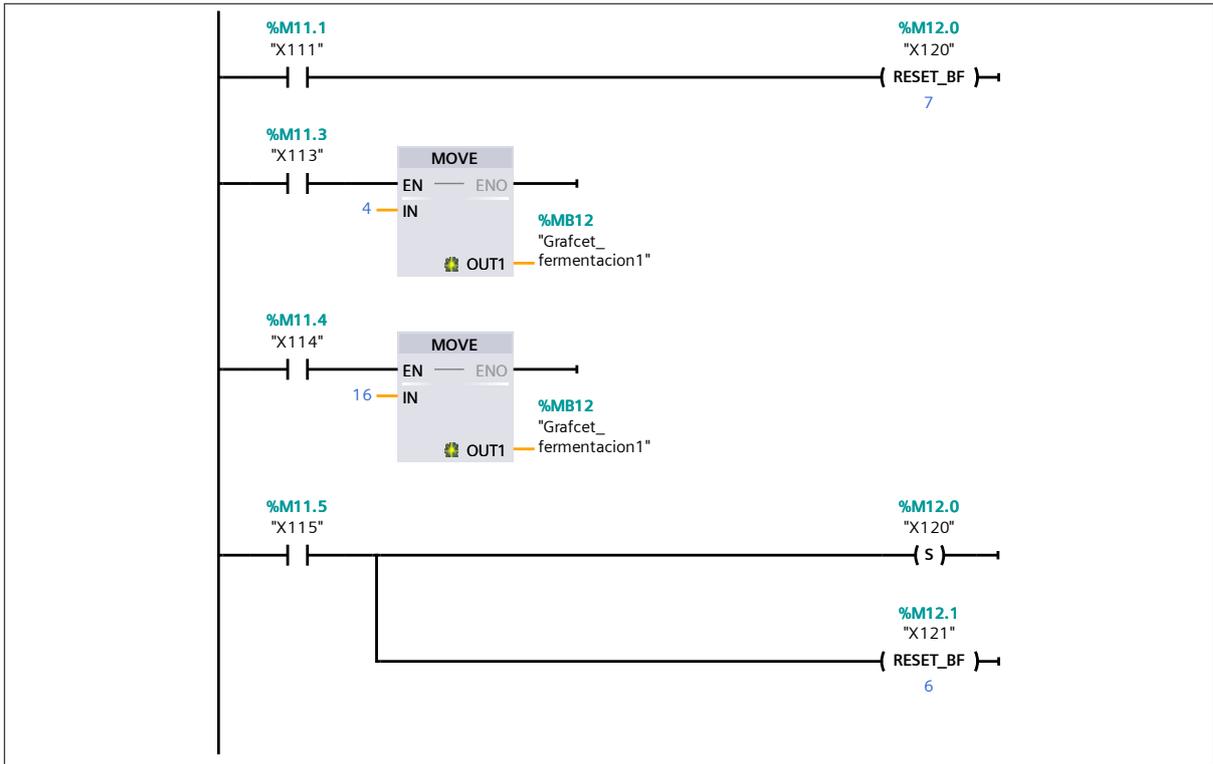


### Segmento 2: Forzado PE CIP

Owner	Project name	Fermentación CFP		Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP			
Location					
Designed By	Description 1st				
Checked By	Description 2nd			Language	es-ES
Approved By	1st View	Version	Sheet 11 - 1		



**Segmento 3: Forzados MM D1**



Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st		Language	
	Description 2nd		es-ES	
Approved By	1st View	Version	Sheet 11 - 2	

## 97\_Contadores [FC97]

### 97\_Contadores Propiedades

#### General

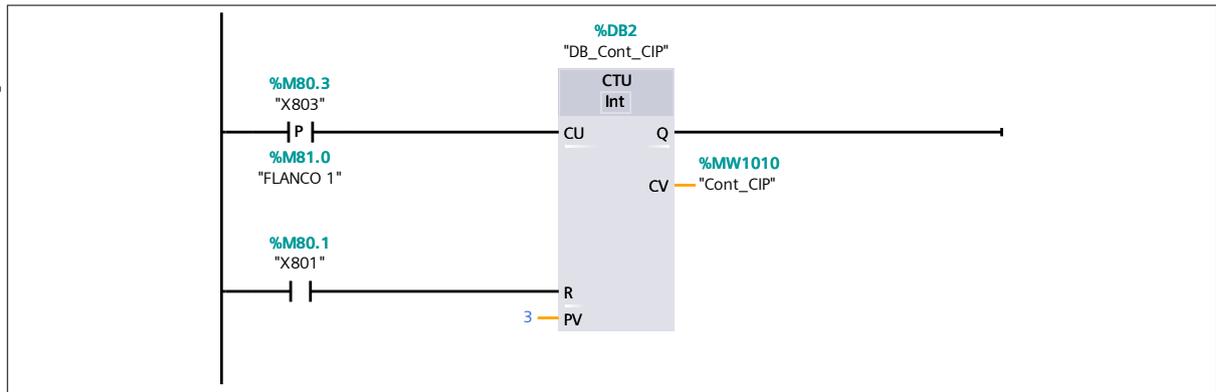
Nombre	97_Contadores	Número	97
Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Manual		

#### Información

Título	Contadores	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
▼ Return		
97_Contadores	Void	

### Segmento 1: Contador CIP



Owner	Project name	Fermentación CFP		Date	20/06/2019
Operator	Project path	C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP			
Designed By	Description 1st				
Checked By	Description 2nd	Language	es-ES		
Approved By	1st View	Version	Sheet 12 - 1		

## 98\_Temporizadores [FC98]

### 98\_Temporizadores Propiedades

#### General

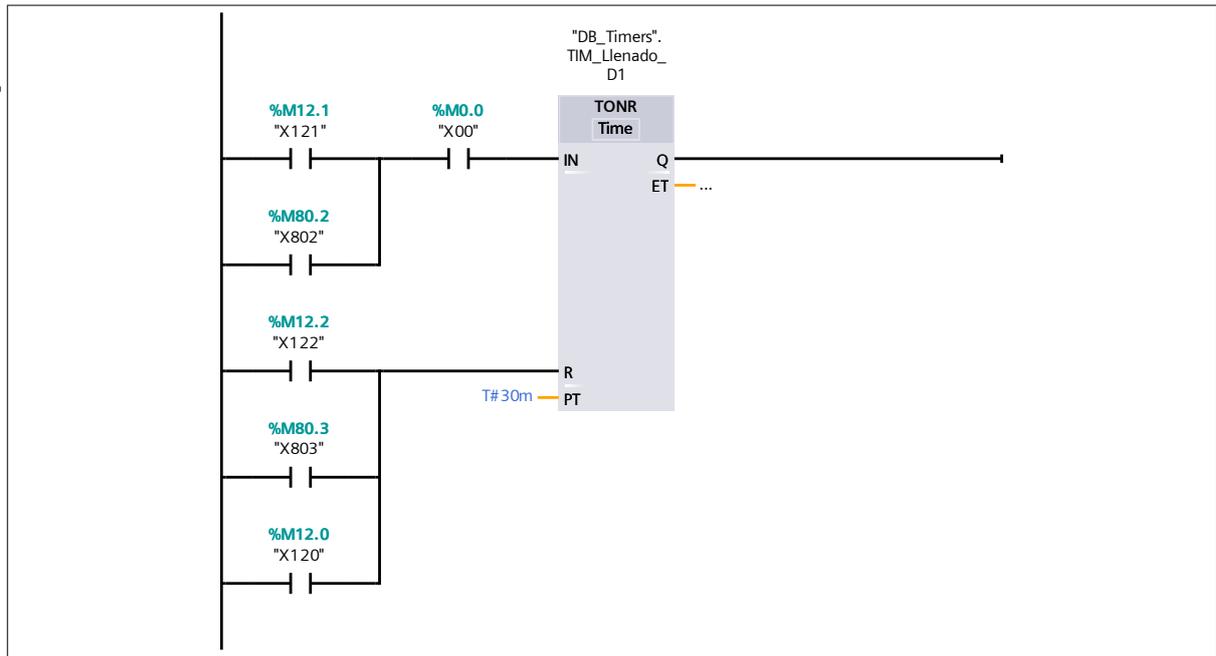
Nombre	98_Temporizadores	Número	98
Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Manual		

#### Información

Título	Temporizadores	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

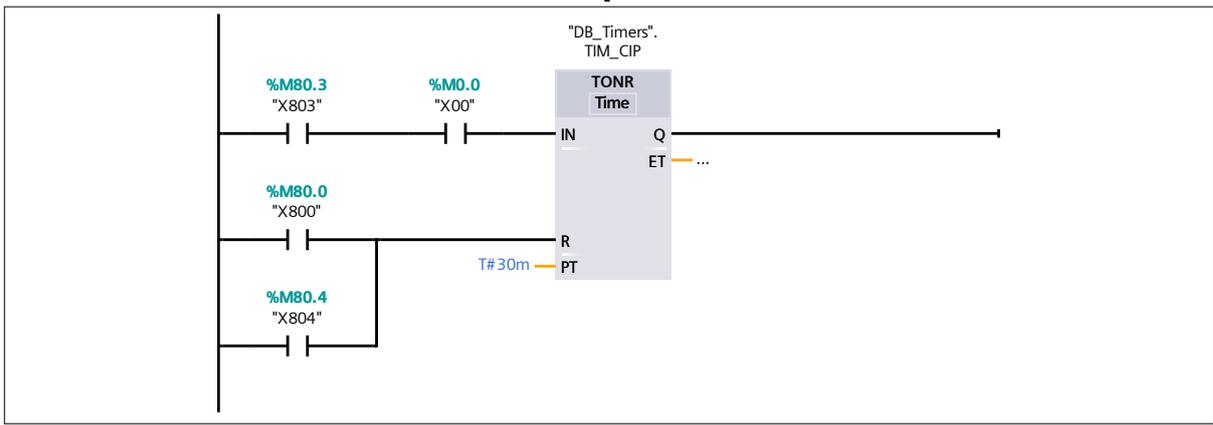
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
▼ Return		
98_Temporizadores	Void	

### Segmento 1: Activación temporizador llenado D1

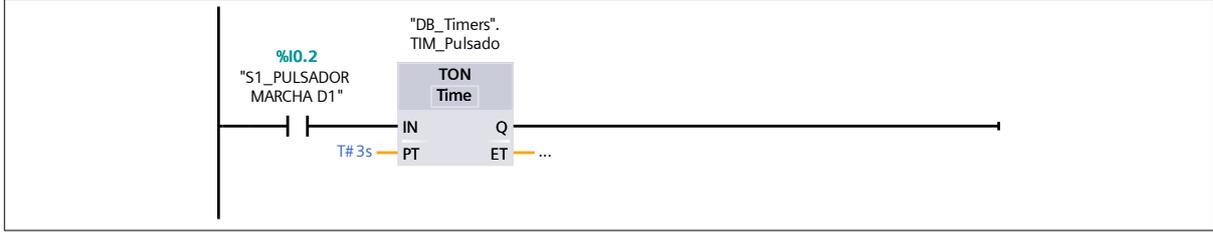


### Segmento 2: Tiempo agitación CIP

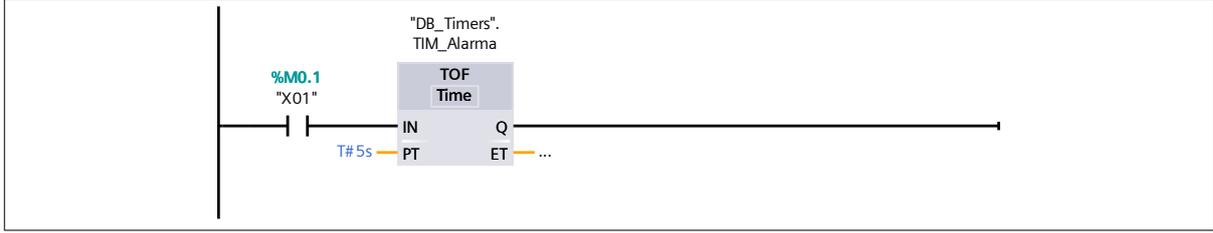
Owner	Projectname Fermentación CFP	Date 20/06/2019
Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP	
Designed By	Location	
Checked By	Description 1st	Language es-ES
Approved By	Description 2nd	Version
	1st View	Sheet 13 - 1



**Segmento 3: Mantener pulsador accionado finalizar fermentación**



**Segmento 4: Tiempo sirena sonando en PE**



Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st		Language	
Approved By	Description 2nd		es-ES	
	1st View	Version	Sheet 13 - 2	

## 99\_Salidas [FC99]

### 99\_Salidas Propiedades

#### General

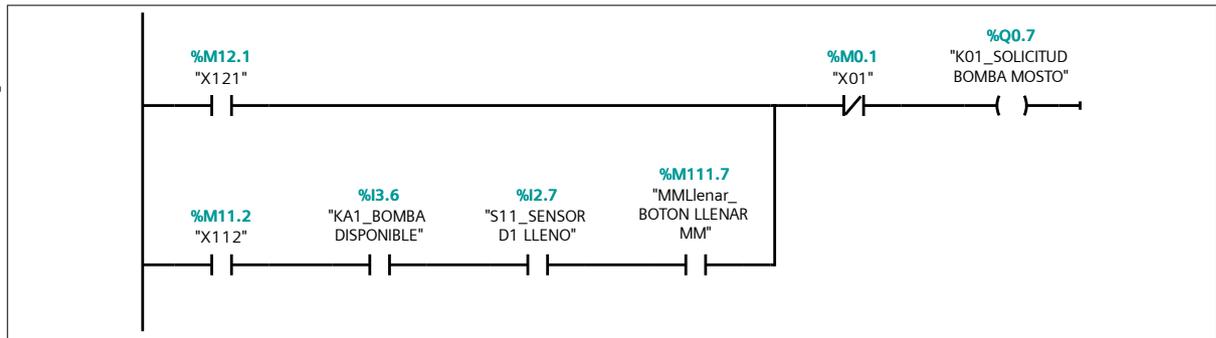
Nombre	99_Salidas	Número	99
Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Manual		

#### Información

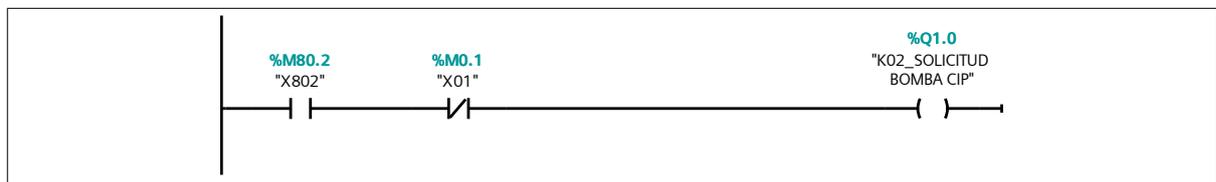
Título	Activación salidas	Autor	
Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Output		
InOut		
Temp		
Constant		
▼ Return		
99_Salidas	Void	

### Segmento 1: K01 SOLICITUD BOMBA MOSTO

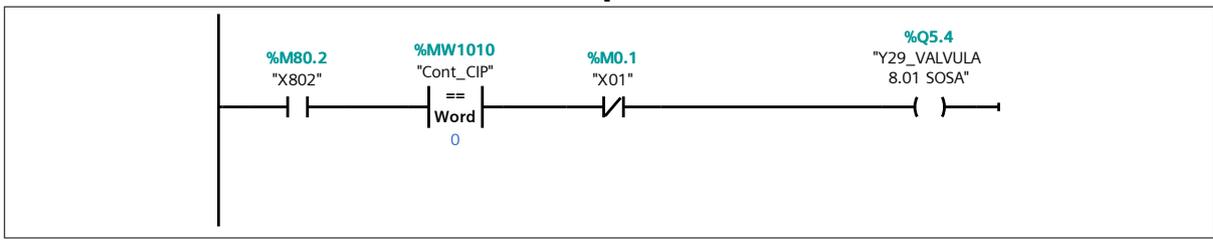


### Segmento 2: K02 SOLICITUD BOMBA CIP

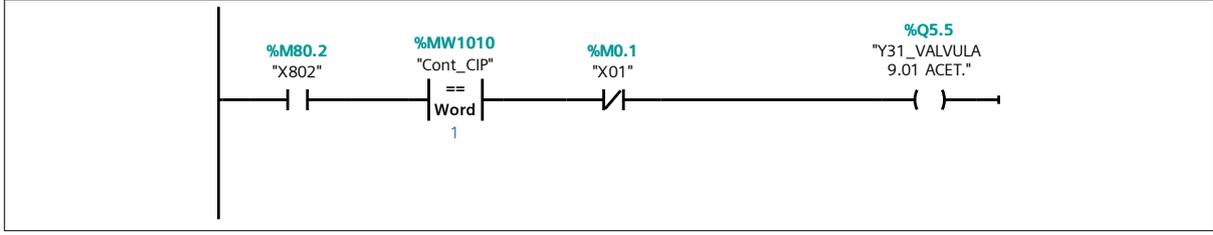


### Segmento 3: Y29 VÁLVULA 8.01 SOSA

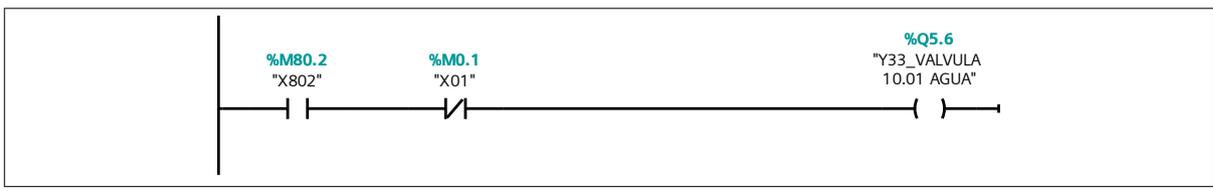
Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st	Language es-ES		
Approved By	Description 2nd	1st View	Version	Sheet 14 - 1



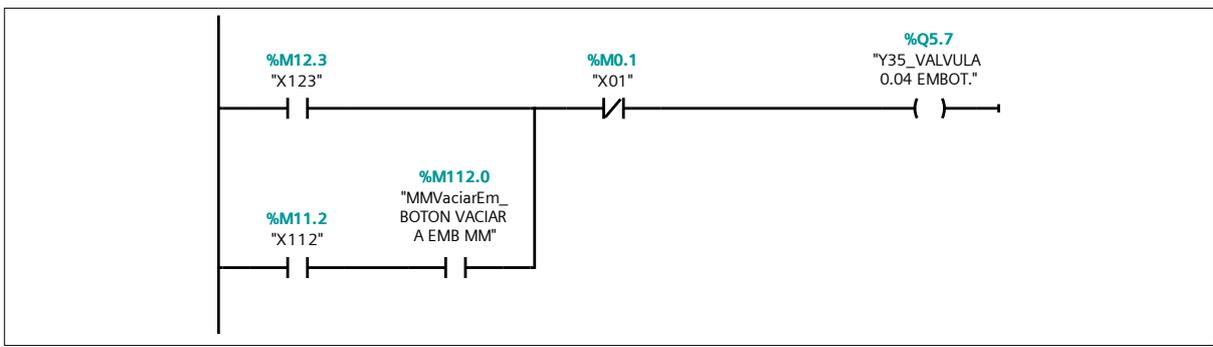
**Segmento 4: Y31 VÁLVULA 9.01 ACÉTICO**



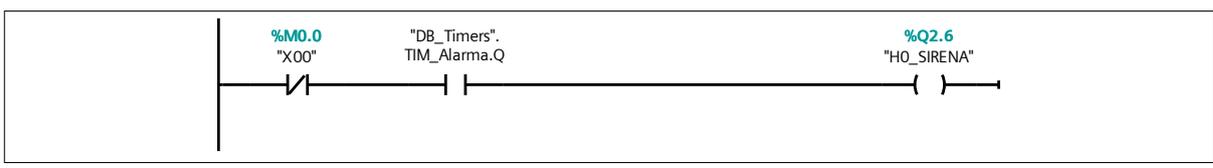
**Segmento 5: Y33 VÁLVULA 10.01 AGUA**



**Segmento 6: Y35 VÁLVULA 0.04 EMBOTELLADORA**

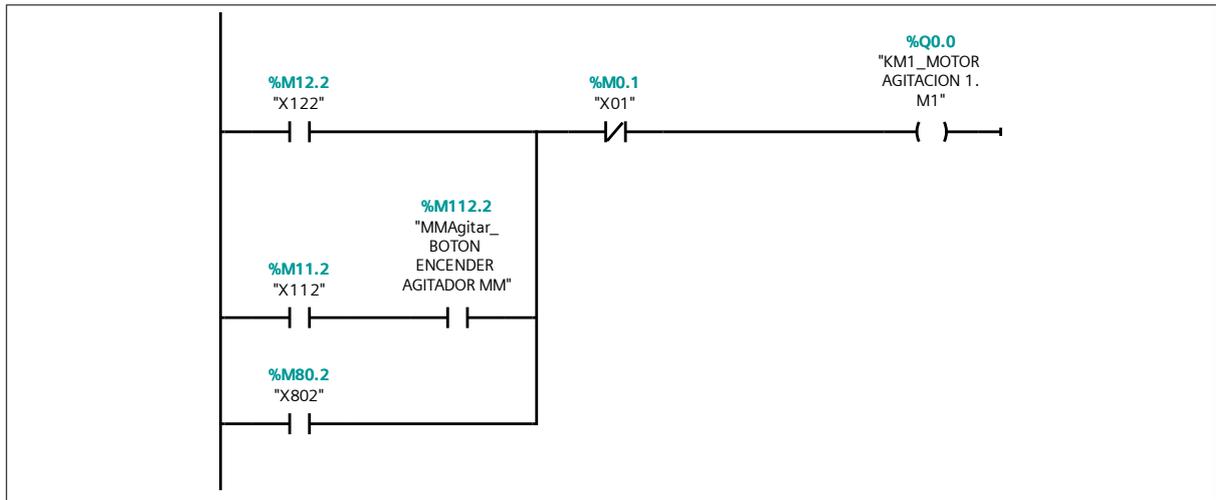


**Segmento 7: H0 SIRENA**

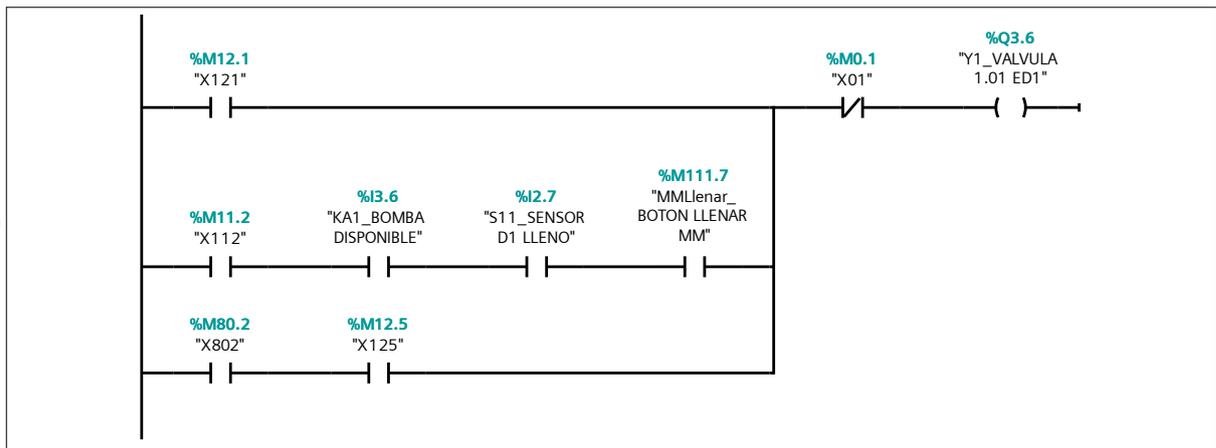


Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
	Description 1st			
Checked By	Description 2nd		Language es-ES	
	Approved By	1st View	Version	Sheet 14 - 2

**Segmento 8: KM1 MOTOR AGITACIÓN D1**

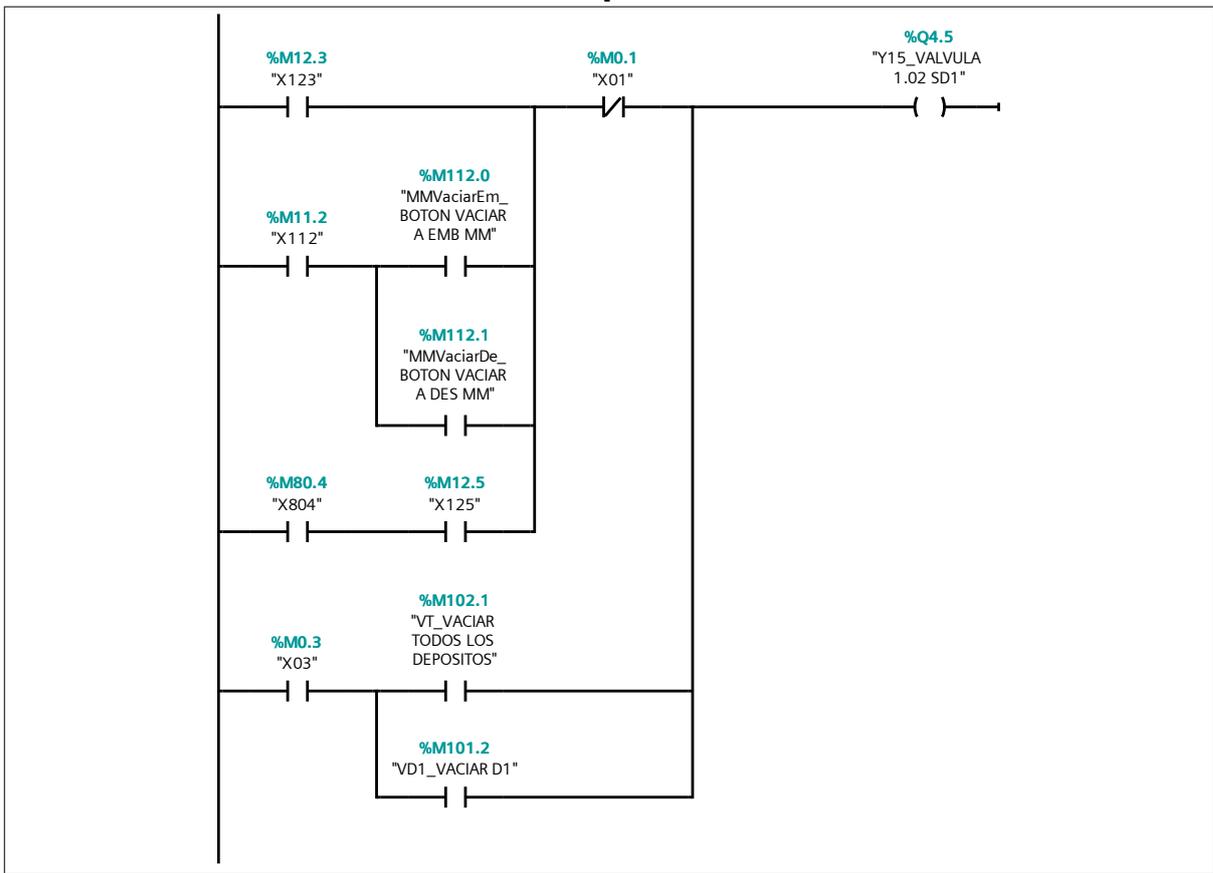


**Segmento 9: Y1 VÁLVULA 1.01 ENTRADA D1**

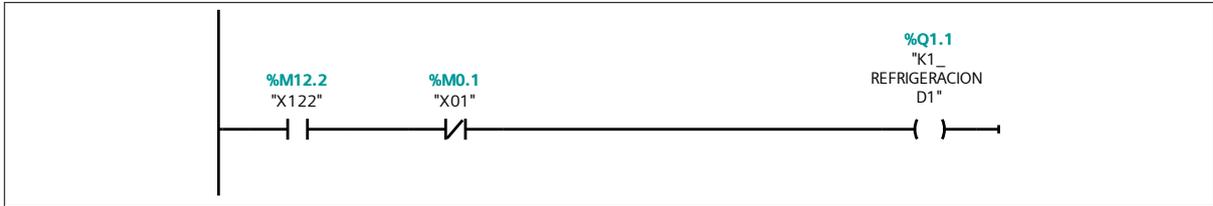


**Segmento 10: Y15 VÁLVULA 1.02 SALIDA D1**

Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
	Description 1st			
Checked By	Description 2nd	Language	es-ES	
Approved By	1st View	Version	Sheet 14 - 3	

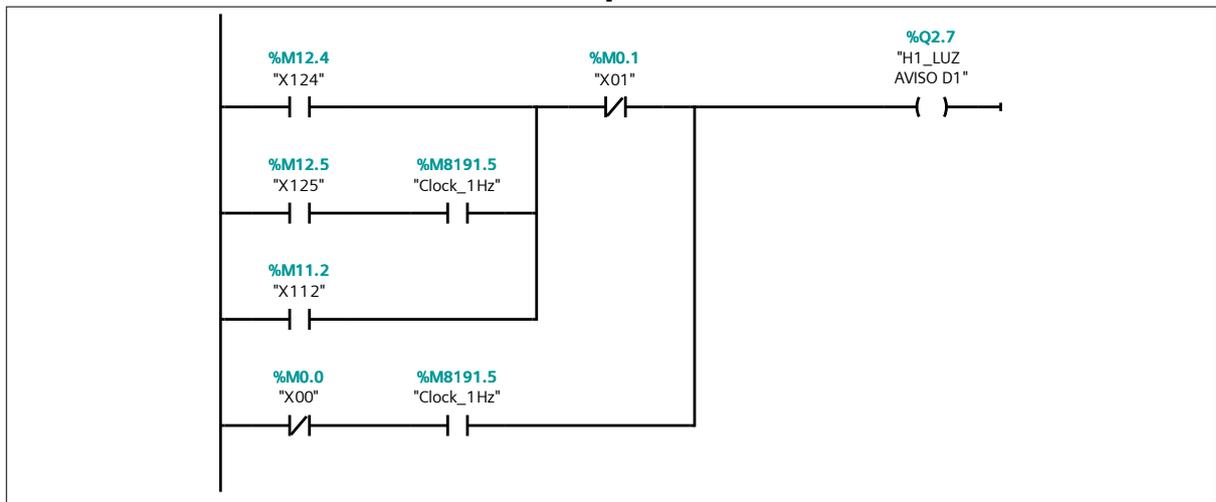


**Segmento 11: K1 REFRIGERACIÓN D1**

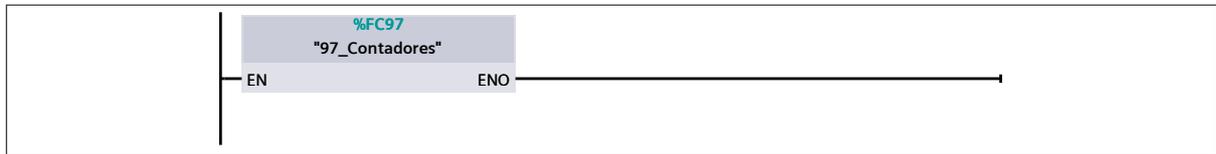


**Segmento 12: H1 LUZ AVISO D1**

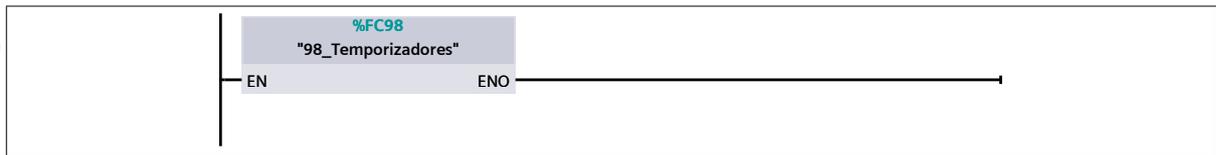
Owner	Project name	Fermentación CFP	Date	20/06/2019
	Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP		
Designed By	Location			
	Description 1st			
Checked By	Description 2nd		Language	
	1st View		es-ES	
Approved By	Version		Sheet	
			14 - 4	



**Segmento 13: Llamada bloque contadores**



**Segmento 14: Llamada bloque temporizadores**



Owner	Project name Fermentación CFP	Date 20/06/2019
Operator	Project path C:\Users\alex\Documents\Automation\Fermentación CFP	
	Location	
Designed By	Description 1st	
Checked By	Description 2nd	Language es-ES
Approved By	1st View	Version
		Sheet 14 - 5



**Fernández Pons**  
Ecológicos Premium



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

# **Diseño de la automatización del proceso de fermentación en una cervecera artesanal.**

---

## **IV. PLIEGO DE CONDICIONES**



## **ÍNDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>107</b>
1.1	Objeto .....	107
1.2	Alcance.....	107
<b>2</b>	<b>MARCO NORMATIVO .....</b>	<b>108</b>
2.1	General .....	108
2.2	Seguridad en las máquinas .....	108
<b>3</b>	<b>DIRECCIÓN FACULTATIVA .....</b>	<b>109</b>
<b>4</b>	<b>CONDICIONES PARTICULARES .....</b>	<b>109</b>
4.1	Especificaciones técnicas .....	109
4.1.1	Calidad de los materiales .....	109
4.1.2	Autómata programable.....	109
4.1.3	Válvulas de proceso .....	109
4.1.4	Automatización del proceso de fermentación .....	110
4.1.5	Automatización limpieza y desinfección .....	110
4.1.6	Función parada de emergencia .....	110
4.1.7	Rearme manual .....	111
4.1.8	Control del funcionamiento .....	111
4.2	Especificaciones facultativas.....	111
4.2.1	Promotor .....	111
4.2.2	Contratista.....	111
4.2.3	Dirección Facultativa.....	112
4.2.4	Coordinador de Seguridad y Salud.....	112
4.2.5	Interpretaciones y modificaciones de los documentos del proyecto.....	112
4.2.6	Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa.....	113
4.3	Especificaciones económicas .....	113
4.3.1	Pagos.....	113
4.3.2	Acopio de materiales .....	113
4.3.3	Incremento de precios .....	113
4.4	Especificaciones legales .....	114

**Diseño de la automatización del proceso de fermentación en una cervecera artesanal**  
**Pliego de Condiciones**

---

4.4.1   Carácter contractual .....114

4.4.2   Rescisión del contrato.....114

## **1 INTRODUCCIÓN**

Las actuaciones a las que se refiere el presente proyecto se desarrollarán en la empresa Cervezas Fernández Pons (en adelante CFP) situada en la Avenida del Escultor Andreu Alfaro, nº 2, C.P. 46110, Godella, (Valencia).

CFP se dedica principalmente a la elaboración de cerveza artesanal y ecológica entre otros productos.

Así pues, este proyecto obedece a la intención de CFP de mejorar la producción de cerveza y reducir costes mediante la automatización y control del proceso de fermentación.

### **1.1 Objeto**

El objeto del presente documento (junto a lo dispuesto en los planos del proyecto) es fijar las condiciones generales y particulares mínimas para la implementación de un sistema automático para el proceso anteriormente mencionado.

Dicho documento forma parte de un proyecto único formado por los siguientes escritos:

- Memoria.
- Anexos.
- Planos.
- Pliego de condiciones.
- Presupuesto.

Quedan excluidos por no formar parte del proyecto los trabajos de instalación de la estructura eléctrica y neumática, que deberán ser objeto de especificación aparte y responsabilidad de la empresa que se ocupe de la correspondiente instalación.

Debido al carácter contractual de este documento y siendo el presente proyecto un Trabajo Final de Grado, se han supuesto distintos apartados de obligada aceptación para poder llevar a cabo el proyecto por parte de la empresa promotora.

### **1.2 Alcance**

En el presente pliego de condiciones se contemplarán especificaciones de diversas índoles con el fin de concretar la implementación satisfactoria del proyecto en cuestión.

Se tratará la normativa general que deberá cumplir el proyecto, las características técnicas de los materiales a emplear, las funciones principales de los sistemas automáticos y sus modos de funcionamiento.

También se acotarán las funciones básicas de cada figura jurídica que participe en el proyecto, así como especificaciones económicas y legales.

## **2 MARCO NORMATIVO**

Los equipos y procesos descritos en este proyecto cumplirán con el marco normativo vigente, así como las normas y recomendaciones indicadas en el proyecto o por los fabricantes de los componentes.

### **2.1 General**

- **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- **Real Decreto 486/1997**, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Real Decreto 485/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- **Real Decreto 1215/1997**, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- **Real Decreto 1644/2008**, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

Referente a la elaboración de cerveza:

- **Ley 17/2011**, de 5 de julio, de seguridad alimentaria y nutrición.
- **Real Decreto 678/2016**, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta.

### **2.2 Seguridad en las máquinas**

Normativa relativa al diseño y modos de funcionamiento que debe tener una máquina para cumplir con los requisitos de seguridad e higiene para el uso previsto de estas mismas. Se enumeran a continuación las normas a las que se hará referencia en el presente Pliego de Condiciones:

- Norma **UNE-EN ISO 12100**, de mayo de 2012, Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.
- Norma **UNE-EN ISO 13849-1**, de septiembre de 2016, Seguridad de las máquinas. Partes de los mandos relativos a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.
- Norma **UNE-EN ISO 13850:2016**, de abril de 2016, Seguridad de las máquinas. Función de parada de emergencia. Principios para el diseño.
- Norma **UNE-EN 1672-1**, de marzo de 2015, Maquinaria para el procesado de alimentos. Conceptos básicos. Parte 1: Requisitos de seguridad.
- Norma **UNE-EN 1672-2:2006+A1**, de mayo de 2009, Maquinaria para procesado de alimentos. Conceptos básicos. Parte 2: Requisitos de higiene.

### **3 DIRECCIÓN FACULTATIVA**

El Promotor nombrará a un Ingeniero suficientemente capacitado en quien recaerán las labores de dirección y control durante la implementación del proyecto. El Contratista proporcionará toda clase de facilidades que estén a su disposición para que la Dirección Facultativa pueda realizar su trabajo con la mayor eficacia posible.

### **4 CONDICIONES PARTICULARES**

#### **4.1 Especificaciones técnicas**

##### **4.1.1 Calidad de los materiales**

Todos los materiales serán de primera calidad y cumplirán con las especificaciones y características técnicas señaladas en el presente Pliego de Condiciones. De indicarse marca o modelo, se entenderá de que es a modo de ejemplo, no impidiendo seleccionar dispositivos diferentes que cumplan con los requisitos mínimos requeridos.

##### **4.1.2 Autómata programable**

Para el correcto funcionamiento del autómata programable se deberán cumplir las siguientes disposiciones:

- Las temperaturas del recinto donde se encuentre el PLC estarán comprendidas entre los 5°C y los 60°C.
- La humedad ambiental no será superior al 80%.
- Se situará en un armario metálico envolvente para protegerlo de golpes, polvo y agentes corrosivos. De ser necesario, este armario deberá estar dispuesto de un ventilador para no superar el margen de temperatura mencionado anteriormente.

La instalación del panel de mando se realizará sobre la puerta del armario eléctrico que contenga el autómata programable.

##### **4.1.3 Válvulas de proceso**

Según lo expuesto en la norma **UNE-EN 1672-2:2006+A1**, apartados 5.2 y 5.3, el material de fabricación de toda válvula en contacto con el producto será resistente a la corrosión, no tóxico y no absorbente. La superficie será duradera, fácil de limpiar y desinfectable. El diseño geométrico debe evitar zonas muertas, grietas y bordes.

Se utilizarán válvulas asépticas de acero inoxidable con actuadores electromecánicos.

#### **4.1.4 Automatización del proceso de fermentación**

El proceso de fermentación de la planta consta de 7 tanques capaces de fermentar un total 2000 litros de cerveza cada uno.

El automatismo permitirá la circulación del producto desde los depósitos donde se realiza la cocción hasta el tanque que corresponda, así como la apertura de las válvulas y activación de la unidad de refrigeración que permita el funcionamiento del control de temperatura en aquellos tanques que se esté produciendo una fermentación.

Al terminar la fermentación, el sistema deberá de ser capaz de evacuar la cerveza hacia la embotelladora.

El proceso estará provisto de una función de parada de emergencia y un modo de funcionamiento manual.

#### **4.1.5 Automatización limpieza y desinfección**

Después de cada fermentación, el sistema deberá de ser capaz de realizar una posterior limpieza y desinfección. Se automatizará una limpieza en el lugar CIP (“Clean in Place”).

Según el apartado 5.8.2 de la norma **UNE-EN 1672-1** la máquina deberá estar equipada con dispositivos de bloqueo que cumplan con la norma **UNE-EN ISO 14119** impidiendo la apertura accidental de etapas o resguardos, así como un dispositivo de advertencia visual que funcione durante el ciclo de limpieza.

La norma previamente mencionada también exige que la máquina esté equipada con dispositivos de advertencia visual que funcionen durante el ciclo de limpieza.

Los productos utilizados en el CIP serán: Sosa cáustica disuelta en agua y ácido acético disuelto en agua.

El proceso de limpieza y desinfección será semiautomático, pues permanecerá en espera después de que la fermentación haya finalizado y dará comienzo cuando se accione un pulsador.

#### **4.1.6 Función parada de emergencia**

Ante una emergencia el sistema deberá evolucionar a un estado seguro sin crear nuevas situaciones de peligro, según lo expuesto en la norma **ISO 13850:2015**.

El accionamiento de esta función se realizará mediante setas de emergencia con contactos normalmente cerrados y conectadas en serie, estas deberán ser identificables de forma inequívoca (véanse las Normas **IEC 61310-1** e **IEC 61310-1**) y accesible desde dentro de las zonas peligrosas (véase 4.11.8 c, de la Norma **ISO 12100-2**).

#### **4.1.7 Rearme manual**

Después de una parada de emergencia, el sistema permanecerá en este modo hasta que la emergencia sea eliminada. Para poder salir de este estado, se deberá realizar una acción manual y voluntaria.

El sistema estará provisto de un rearme manual que atenderá a lo dispuesto en la sección 5.2.2 de la Norma ISO 13849 y IEC 60204-1:2005 (apartados 9.2.5.3, 9.2.5.4)

#### **4.1.8 Control del funcionamiento**

Una vez la programación esté implementada se deberá comprobar el correcto funcionamiento de los procesos automatizados con el fin de asegurarse de que responden tal y como se espera, en caso contrario se realizarán los reajustes pertinentes.

En último lugar, se procederá a la realización de una prueba final donde se comprobarán todas las funciones y medidas de seguridad programadas en diferentes situaciones de funcionamiento habituales. El proyecto no se considerará finalizado hasta que no se supere dicha prueba satisfactoriamente.

### **4.2 Especificaciones facultativas**

#### **4.2.1 Promotor**

Serán obligaciones del Promotor:

- Facilitar toda la documentación e información necesaria para la implementación del proyecto.
- Designar a la Dirección Facultativa, según lo dispuesto en el apartado 3 del presente pliego de condiciones.

Serán derechos del Promotor:

- Asumir las funciones de Contratista si así lo desea.
- Solicitar cualquier tipo de información referente al proyecto.
- Autorizar a la Dirección Facultativa a modificar el proyecto en caso de que fuese necesario.

#### **4.2.2 Contratista**

Serán obligaciones y derechos del Contratista:

- Ejecutar el trabajo según el proyecto, la legislación vigente y las directrices de la Dirección Facultativa con el fin de alcanzar la calidad exigida.
- Tener la titulación o capacitación profesional habilitante para poder actuar como Contratista.
- Conocer, cumplir y vigilar el cumplimiento de la normativa aplicable y vigente.
- Conocer el proyecto en todas sus partes, así como solicitar aclaraciones o información adicional en caso de necesitarla.

- Facilitar al técnico competente con la suficiente antelación los materiales necesarios.
- Elaborar un plan de seguridad y salud según la normativa vigente de seguridad y salud y velar por su cumplimiento. t

#### **4.2.3 Dirección Facultativa**

Corresponde a la Dirección Facultativa:

- Estar en posesión de la titulación que le habilite como ingeniero o ingeniero técnico y cumplir con las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión.
- Complementar y/o rectificar las partes del proyecto que lo precisen.
- Elaborar un plan de ejecución y dirigir el desarrollo de la implementación del proyecto.
- Inspeccionar las modificaciones implementadas y comprobar que se cumplan las especificaciones técnicas de los dispositivos instalados.
- Asegurarse de que la ejecución se adecue al presupuesto.
- Actuar como Coordinador de Seguridad y Salud de la Obra.
- Elaborar un plan de mantenimiento que se adecue a la nueva instalación.

#### **4.2.4 Coordinador de Seguridad y Salud**

El Coordinador de Seguridad y Salud, en este caso la Dirección Facultativa, deberá desarrollar las siguientes funciones durante la implementación del proyecto.

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Garantizar que el Contratista y los trabajadores apliquen de manera coherente y efectiva los principios recogidos en el artículo 15 de la Ley de prevención de Riesgos Laborales.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el Contratista.

#### **4.2.5 Interpretaciones y modificaciones de los documentos del proyecto**

La interpretación del proyecto corresponde exclusivamente a la Dirección Facultativa, así como el dar órdenes complementarias a este.

Las obras se ajustarán a los Planos y Mediciones, siendo la Dirección Facultativa responsable de resolver cualquier contradicción.

El Contratista podrá requerir cualquier tipo de información adicional a la Dirección Facultativa con la finalidad de interpretar de manera correcta el proyecto y la consiguiente ejecución satisfactoria.

Las posibles modificaciones del Pliego de Condiciones, Planos o Presupuestos por parte de la Dirección Facultativa deberán de entregarse por escrito tanto al Promotor como al Contratista, quienes a su vez deberán de devolver los originales, suscribiendo con su firma que han recibido las nuevas órdenes.

#### **4.2.6 Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa**

Las reclamaciones que el Contratista quiera interponer contra las instrucciones o modificaciones ordenadas por la Dirección Facultativa deberán ser ante la propiedad si son de orden económico.

No se admitirán reclamaciones de orden técnico, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad exponiendo de manera razonada sus discrepancias ante la Dirección Facultativa, quien será en última instancia responsable de todo matiz técnico.

### **4.3 Especificaciones económicas**

#### **4.3.1 Pagos**

El precio de ejecución del proyecto es el establecido en el documento de Presupuesto.

Los plazos y cuantía de los pagos serán preestablecidos por las figuras jurídicas participantes en el proyecto.

Toda aquella persona que intervenga en la implementación del proyecto tiene derecho a recibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación, según lo estipulado en las condiciones contractuales.

#### **4.3.2 Acopio de materiales**

Será responsabilidad del Contratista ejecutar el acopio de los materiales o maquinaria que el Promotor ordene por escrito.

Una vez los materiales adquiridos sean abonados por el Promotor, pasarán a ser de su propiedad, siendo responsable el Contratista de su guarda y protección.

#### **4.3.3 Incremento de precios**

Será responsabilidad del Contratista reclamar o puntualizar cualquier discrepancia referente a los precios fijados en el Presupuesto antes de la firma del contrato.

Una vez firmado el contrato, no podrá bajo ningún pretexto de error reclamar un aumento de los precios fijados.

## **4.4 Especificaciones legales**

### **4.4.1 *Carácter contractual***

Al firmar el presente documento, cada una de las partes confirma haber leído y entendido tanto el proyecto como el pliego de condiciones y se compromete a actuar según lo expuesto en ellos.

Cualquier modificación en el proyecto por parte de la dirección facultativa tendrá que ser realizada antes de firmar el presente documento, una vez firmado, solo podrá modificar el proyecto previa autorización del promotor.

Tanto el plan de ejecución elaborado por la dirección facultativa como los plazos de pagos acordados pasarán a tener carácter contractual al aceptar el presente documento.

### **4.4.2 *Rescisión del contrato***

Dadas ciertas circunstancias, el presente contrato podrá ser rescindido o renegociado. Para ello, deberá darse una o más de las siguientes condiciones:

- Acuerdo mutuo de rescisión.
- Incumplimiento de pagos (siempre y cuando sobrepase X días naturales del plazo acordado).
- Incumplimiento de plazos de ejecución acordados (siempre y cuando sobrepase X días naturales del plazo acordado).
- Actuaciones de mala fe.
- Modificaciones en el proyecto sin previa autorización.

En el caso de cumplirse alguna de las condiciones, el perjudicado tendrá la decisión final de rescindir el contrato si así lo desea.



**Fernández Pons**  
Ecológicos Premium



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

# **Diseño de la automatización del proceso de fermentación en una cervecera artesanal.**

---

## **V. PRESUPUESTO**



## ÍNDICE

1	CUADRO DE PRECIOS 1: MANO DE OBRA .....	118
2	CUADRO DE PRECIOS 2: MATERIALES .....	118
3	CUADRO DE PRECIOS 3: PRECIOS UNITARIOS .....	119
4	CUADRO DE PRECIOS 4: PRECIOS DESCOMPUESTOS .....	119
5	PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN .....	121

## 1 CUADRO DE PRECIOS 1: MANO DE OBRA

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO
MO01	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías industriales	17,23
MO02	h	Técnico Superior Electricista	11,62
MO03	h	Técnico Superior Mecánico	11,62

## 2 CUADRO DE PRECIOS 2: MATERIALES

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO
MA01	ud	PLC SIMATIC S7-1214C DC/DC/Rly de la marca Siemens	379,94
MA02	ud	Módulo de ampliación DI 16x24VDC/DQ 16xRelay_1 con ID 6ES7 223-1PL30-0XB0 de la marca Siemens	213,16
MA03	ud	Módulo de ampliación DQ 16xRelay_1 con ID 6ES7 222-1HH30-0XB0 de la marca Siemens	110,23
MA04	ud	Pantalla táctil KPT700 Basic de la marca Siemens	526,33
MA05	ud	Sensor de nivel capacitivo Liquipoint FTW23 con ID FTW23-AA-MWVJ de la marca Endress+Hauser	116,00
MA06	ud	Actuadores neumáticos de simple efecto para válvulas de proceso, con cabezal con detectores inductivos y electroválvula 3/2 con ID 5944 02 del proveedor Genebre	228,85
MA07	ud	Compresor con depósito de 50 l, presión máxima 8 bar, capacidad de aspiración de 160 l/min, presostato y regulador de presión. Modelo S-AC50V-8-10 de la marca GeoTech	152,00
MA08	ud	Unidad de purificación de aire comprimido modelo MSB-FRC de la marca Festo	69,93
MA09	m	Manguera para aire comprimido de 6mm de diámetro interior de polietileno	0,85
MA10	ud	Adaptadores y racores para mangueras neumáticas de 6 mm, suministrado en múltiplos de 10	1,79
MA11	ud	Botón de emergencia tipo seta Omron A22E-M-o1, NC, 40mm, Girar para restablecer	29,20
MA12	ud	Pulsador con retorno por resorte y contacto NO Modelo 500XB2-BA31. Color a elegir	2,11
MA13	ud	Contactador 9 A, 3 NA, Bobina 24 VDC, modelo LC1D09BD de la marca Schneider	43,70
MA14	ud	Bocina de 24 VDC y sonido continuo	12,65
MA15	ud	Avisador luminoso led, 24 VDC, protección IP63, 450 lúmenes de color ámbar	8,00
MA16	m	Cable de cobre de 1,5 mm <sup>2</sup> de sección	0,15
MA17	ud	Fuente de alimentación monofásica AC-DC 120W, salida 24 VDC, entrada 230 VAC, Modelo 500-S120-24	33,49

### 3 CUADRO DE PRECIOS 3: PRECIOS UNITARIOS

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO
UD01	h	Horas de ingeniería	17,23
UD02	ud	Adecuación de 1 depósito de fermentación	770,28
UD03	ud	Adecuación de elementos comunes	1.253,93
UD04	ud	Instalación de circuito neumático	285,37
UD05	ud	Instalación PLC y cableado de equipos	1.436,92

### 4 CUADRO DE PRECIOS 4: PRECIOS DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
UD01	h	Horas de ingeniería		17,23	
	Tiempo empleado para el estudio y diseño del sistema automático, así como la elaboración de los documentos del presente proyecto.				
MO01	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías industriales	1	17,23	17,23

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
UD02	ud	Adecuación de 1 depósito de fermentación		770,28	
	Instalación de sensores de nivel capacitivos y actuadores neumáticos de simple efecto para válvulas de proceso a 1 depósito de fermentación, también incluye la instalación de botones y luces de emergencia (sin cablear).				
MO01	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías industriales	0,25	17,23	4,31
MO03	h	Técnico Superior Mecánico	1,25	11,62	14,53
MA05	ud	Sensor de nivel capacitivo Liquipoint FTW23 con ID FTW23-AA-MWVJ de la marca Endress+Hauser	2	116,00	232,00
MA06	ud	Actuadores neumáticos de simple efecto para válvulas de proceso, con cabezal con detectores inductivos y electroválvula 3/2 con ID 5944 02 del proveedor Genebre	2	228,85	457,70
MA11	ud	Botón de emergencia tipo seta Omron A22E-M-o1, NC, 40mm, Girar para restablecer	1	29,20	29,20
MA12	ud	Pulsador con retorno por resorte y contacto NO Modelo 500XB2-BA31. Color a elegir	1	2,11	2,11
MA15	ud	Avisador luminoso led, 24 VDC, protección IP63, 450 lúmenes de color ámbar.	1	8,00	8,00
	%	Costes Directos Complementarios	0,03	747,84	22,44

**Diseño de la automatización del proceso de fermentación en una cervecera artesanal**  
Presupuesto

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
UD03	ud	Adecuación de elementos comunes		1.253,93	
		Instalación de elementos comunes a los depósitos de fermentación, como actuadores neumáticos de simple efecto para válvulas de proceso, sensores capacitivos, alarma sonora y botones (sin cablear).			
MO01	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías industriales	0,5	17,23	8,62
MO03	h	Técnico Superior Mecánico	1,5	11,62	17,43
MA05	ud	Sensor de nivel capacitivo Liquipoint FTW23 con ID FTW23-AA-MWVJ de la marca Endress+Hauser	2	116,00	232,00
MA06	ud	Actuadores neumáticos de simple efecto para válvulas de proceso, con cabezal con detectores inductivos y electroválvula 3/2 con ID 5944 02 del proveedor Genebre	4	228,85	915,40
MA11	ud	Botón de emergencia tipo seta Omron A22E-M-o1, NC, 40mm, Girar para restablecer	1	29,20	29,20
MA12	ud	Pulsador con retorno por resorte y contacto NO Modelo 500XB2-BA31. Color a elegir	1	2,11	2,11
MA14	ud	Bocina de 24 VDC y sonido continuo	1	12,65	12,65
	%	Costes Directos Complementarios	0,03	1.217,41	36,52

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
UD04	ud	Instalación de circuito neumático		285,37	
		Instalación de bomba neumática de 8 bar, unidad de mantenimiento y mangueras de aire comprimido de 6 mm de diámetro para abastecer de aire comprimido los actuadores neumáticos de las válvulas.			
MO01	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías industriales	0,5	17,23	8,62
MO03	h	Técnico Superior Mecánico	1,5	11,62	17,43
MA07	ud	Compresor con depósito de 50 l, presión máxima 8 bar, capacidad de aspiración de 160 l/min, presostato y regulador de presión. Modelo S-AC50V-8-10 de la marca GeoTech	1	152,00	152,00
MA08	ud	Unidad de purificación de aire comprimido modelo MSB-FRC de la marca Festo	1	69,93	69,93
MA09	m	Manguera para aire comprimido de 6mm de diámetro interior de polietileno.	30	0,85	25,50
MA10	ud	Adaptadores y racores para mangueras neumáticas de 6 mm, suministrado en múltiplos de 10	2	1,79	3,58
	%	Costes Directos Complementarios	0,03	277,06	8,31

**Diseño de la automatización del proceso de fermentación en una cervecera artesanal**  
Presupuesto

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
UD05	ud	Instalación PLC y cableado de equipos		1.436,92	
		Instalación y programación del PLC, módulos adicionales y pantalla en armario eléctrico previamente dispuesto por la empresa y cableado de sensores y actuadores.			
MO01	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías industriales	2	17,23	34,46
MO02	h	Técnico Superior Electricista	8	11,62	92,96
MA01	ud	PLC SIMATIC S7-1214C DC/DC/Rly de la marca Siemens	1	379,94	379,94
MA02	ud	Módulo de ampliación DI 16x24VDC/DQ 16xRelay_1 con ID 6ES7 223-1PL30-0XB0 de la marca Siemens	1	213,16	213,16
MA03	ud	Módulo de ampliación DQ 16xRelay_1 con ID 6ES7 222-1HH30-0XB0 de la marca Siemens	1	110,23	110,23
MA04	ud	Pantalla táctil KPT700 Basic de la marca Siemens	1	526,33	526,33
MA16	m	Cable de cobre de 1,5 mm <sup>2</sup> de sección	30	0,15	4,50
MA17	ud	Fuente de alimentación monofásica AC-DC 120W, salida 24 VDC, entrada 230 VAC, Modelo 500-S120-24	1	33,49	33,49
	%	Costes Directos Complementarios	0,03	1.395,07	41,85

## 5 PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN

CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
UD01	h	Horas de ingeniería	300	17,23	5.169,00
UD02	ud	Adecuación de 1 depósito de fermentación	7	770,28	5.391,94
UD03	ud	Adecuación de elementos comunes	1	1.253,93	1.253,93
UD04	ud	Instalación de circuito neumático	1	285,37	285,37
UD05	ud	Instalación PLC y cableado de equipos	1	1.436,92	1.436,92
Presupuesto Ejecución Material (PEM)					13.537,16
Gastos Generales (0,12 x PEM)					1.624,46
Beneficio Industrial (0,06 x PEM)					812,23
Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)					15.973,85
IVA (0,21 x PEC)					3.354,51
Presupuesto de Inversión					19.328,36

El presupuesto de inversión asciende a la cantidad de DIECINUEVE MIL TRESCIENTOS VEINTIOCHO EUROS CON TREINTA Y SEIS CENTIMOS.