



Universidad de Oviedo

Manual del Programador PLC del Trabajo Fin de Máster  
realizado por

ESTEBAN GIANCARLO BACILIO LOO

para la obtención del título de

Máster en Ingeniería de Automatización e Informática Industrial

**AUTOMATIZACIÓN DE LÍNEAS DE  
PASTEURIZACIÓN, SIEMBRA Y CULTIVO DE  
FERMENTOS PARA LA FABRICACIÓN DE YOGURT  
FIRME**

JULIO DE 2015

# Índice

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>4</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
1.1 Identificación del Proyecto .....	6
1.2 Visión General del Proyecto.....	6
1.3 Visión General del Documento.....	7
1.4 Documentos Referenciados.....	7
1.4.1 Documentos del Proyecto .....	7
1.4.2 Documentos externos .....	7
<b>2 RECURSOS UTILIZADOS .....</b>	<b>8</b>
2.1 Recursos Hardware.....	8
2.2 Recursos Software .....	8
2.3 Recursos Humanos.....	8
<b>3 INSTRUCCIONES PARA LA MODIFICACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>9</b>
3.1 Entorno de Trabajo Siemens Step 7 V 5.5.....	9
3.1.1 Proyecto- Propiedades del Proyecto.....	10
3.1.2 Equipo SIMATIC 300- Configuración del CPU y Hardware .....	11
3.1.3 CPU 315-2 PN/DP.....	11
3.1.4 Programa S7- Definición de Bloques, Símbolos y Fuentes .....	12
3.1.5 Bloques – Bloques de Ejecución, Funciones y Datos.....	12
3.2 Lenguaje de Programación Ladder (KOP).....	13
3.3 Programación de Bloques del PLC .....	13
<b>4 EQUIPO HARDWARE COFIGURADO .....</b>	<b>14</b>
4.1 Estación Maestra.....	14
4.2 Estación Remota- IM153.....	15
4.3 PC- SCADA con proyecto en WinCC.....	15
<b>5 ENLACES DE COMUNICACIÓN CONFIGURADO .....</b>	<b>16</b>
5.1 Red Profibus.....	16
5.2 Red TCP-IP .....	16
<b>6 BLOQUES DE EJECUCIÓN Y DATOS DEL PLC .....</b>	<b>17</b>
6.1 Bloque Principal OB1 .....	17
6.2 Bloques de Función- FC.....	17
6.2.1 Bloque para Preparación del Pasteurizador N°1- FC1 .....	17

6.2.2	Bloque de Producción del Pasteurizador N°1- FC2 .....	18
6.2.3	Bloque de Conversión de Señales Analógicas del Pasteurizador N°1- FC3 .....	18
6.2.4	Bloque de Señales Digitales de Salida del Pasteurizador N°1- FC4 .....	18
6.2.5	Bloque para Preparación del Pasteurizador N°2- FC5 .....	18
6.2.6	Bloque de Producción del Pasteurizador N°2- FC6 .....	19
6.2.7	Bloque de Conversión de Señales Analógicas del Pasteurizador N°2- FC7 .....	19
6.2.8	Bloque de Señales Digitales de Salida del Pasteurizador N°2- FC9 .....	19
6.2.9	Bloque para Limpieza de Línea de Siembra N°1- FC10 .....	19
6.2.10	Bloque para Llenado de Tanque de Leche en Línea de Siembra N°1- FC11 .....	20
6.2.11	Bloque para Producción en Línea de Siembra N°1- FC12 .....	20
6.2.12	Bloque para Limpieza de Circuito de Entrada de Leche en Línea de Siembra N°1- FC13	20
6.2.13	Bloque para Vaciado del Tanque TF1 en Línea de Cultivo de Fermentos N°1- FC14	20
6.2.14	Bloque para Limpieza en Tanque TF1 en Línea de Cultivo de Fermentos N°1- FC15	21
6.2.15	Bloque para Limpieza de Líneas de Inyección de Fermento 1 y 2 - FC16 .....	21
6.2.16	Bloque para Elaboración de Cultivo de Fermentos de Línea N°1- FC17 .....	21
6.2.17	Bloque de Señales de Salida de Línea de Siembra N°1- FC18 .....	21
6.2.18	Bloque de Señales de Salida de Línea de Cultivo de Fermento N°1- FC19 .....	22
6.2.19	Bloque para Limpieza de Línea de Siembra N°2- FC20 .....	22
6.2.20	Bloque para Llenado de Tanque de Leche en Línea de Siembra N°2- FC21 .....	22
6.2.21	Bloque para Producción en Línea de Siembra N°2- FC22 .....	22
6.2.22	Bloque para Limpieza de Circuito de Entrada de Leche en Línea de Siembra N°2- FC23	23
6.2.23	Bloque para Vaciado del Tanque TF2 en Línea de Cultivo de Fermentos N°1- FC24	23
6.2.24	Bloque para Limpieza en Tanque TF2 en Línea de Cultivo de Fermentos N°1- FC25	23
6.2.25	Bloque para Elaboración de Cultivo de Fermentos de Línea N°2- FC26 .....	23
6.2.26	Bloque de Señales de Salida de Línea de Siembra N°2- FC28 .....	24
6.2.27	Bloque de Señales de Salida de Línea de Cultivo de Fermento N°2- FC29 .....	24
6.2.28	Bloque de Señales de Salida de Válvulas de Limpieza - FC35 .....	24
6.2.29	Bloque de Control PID de Válvula Proporcional de Agua Caliente en la Placa de Pasteurizado del Pasteurizador N°1– FC41 .....	24
6.2.30	Bloque de Control PID de Válvula Proporcional de Leche en la Placa de Intercambio del Pasteurizador N°1– FC42 .....	25
6.3	Tipos de Datos del PLC- UDT .....	25
6.3.1	Tipo de Datos para Válvula Simple– UDT1 .....	26
6.3.2	Tipo de Datos para Válvula Proporcional– UDT2 .....	26

6.3.3	Tipo de Datos para Bombas y Motores– UDT3 .....	27
6.3.4	Tipo de Datos para Motores de Dos Velocidades– UDT4 .....	27
6.4	Bloques de Datos- DB .....	28
6.4.1	Bloque de Datos de la Línea de Pasteurizado N°1- DB20.....	28
6.4.2	Bloque de Datos de la Línea de Pasteurizado N°2- DB21.....	29
6.4.3	Bloque de Datos de la Línea de Siembra de Fermento N°1- DB22.....	29
6.4.4	Bloque de Datos de la Línea de Siembra de Fermento N°2- DB23.....	30
6.4.5	Bloque de Datos de la Línea de Cultivo de Fermentos N°1- DB24 .....	30
6.4.6	Bloque de Datos de la Línea de Cultivo de Fermentos N°2 -DB25 .....	31
6.4.7	Bloque de Datos de Válvulas de Distribución CIP - DB26.....	31
6.4.8	Bloque de Datos para Gestión de Ciclos de Ejecución de Reguladores PID (FB41) – DB35	32
6.4.9	Bloque de Datos de Instancia del Bloque de Control de Regulador PID (FB41) de Válvula Reguladora de Temperatura del Intercambiador – DB41 .....	32
6.4.10	Bloque de Datos de Instancia del Bloque de Control de Regulador PID (FB41) de Válvula Reguladora de Temperatura del Pasteurizador – DB41 .....	33
6.4.11	Bloque de Datos para Temporizador de Retardo a la Conexión– DB80.....	34
6.4.12	Bloque de Datos para Temporizador de Retardo a la Conexión– DB81 .....	35
6.4.13	Bloque de Datos de los Parámetros de Tiempo en la Preparación del Cultivo en TF1– DB100	35
6.4.14	Bloque de Datos de las Consignas de Temperatura en la Preparación del Cultivo en TF1– DB101 .....	36
6.4.15	Bloque de Datos de los Parámetros de Tiempo en la Preparación del Cultivo en TF2– DB102	36
6.4.16	Bloque de Datos de las Consignas de Temperatura en la Preparación del Cultivo en TF2– DB103.....	37
6.5	Bloques Estándar de Librerías Step7 .....	37
6.5.1	Bloque de Función de Controlador PID (CONT_C)- FB41 .....	37
6.5.2	Bloque de Funciones para Conversión de Formato de Datos de Tipo Tiempo (TIM_S5TI)- FC40 .....	38
6.5.3	Bloque de Funciones para Escalado de Señales Analógicas (SCALE)- FC105 ...	38
6.5.4	Bloque de Funciones para Des-Escalado de Señales Analógicas (UNSCALE)- FC106	38
6.5.5	Bloque de Función de Temporizador de Retardo a la Conexión (TON)- SFB4.....	38

# Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Venana de Apertura de Proyectos Simatic Step 7 .....	9
Ilustración 2: Proyecto Desarrollado en Simatic Step 7 .....	10
Ilustración 3: Equipos del Proyecto en Simatic Step 7 .....	10
Ilustración 4: Propiedades de Equipo Hardware y Configuración de CPU .....	11
Ilustración 5: Programas y Configuración de Comunicaciones en Step 7 .....	11
Ilustración 6: Propiedades del Programa en la CPU .....	12
Ilustración 7: Visualización de Bloques del Proyecto Desarrollado .....	12
Ilustración 8: Configuración del Hardware de la Estación Maestra del Proyecto.....	14
Ilustración 9: Configuración del Hardware de la Estación Remota del Proyecto .....	15
Ilustración 10: Visualización de Redes Configuradas y Estaciones del Proyecto .....	16
Ilustración 11: UDT1 de Estructura de Datos de Tipo Válvula Simple.....	26
Ilustración 12: UDT2 de Estructura de Datos de Tipo Válvula PID .....	27
Ilustración 13: UDT3 de Estructura de Datos de Tipo Motor-Bomba .....	27
Ilustración 14: UDT4 de Estructura de Datos de Tipo Motor de dos Velocidades .....	28
Ilustración 15: Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Pasteurizado N°1 ..	28
Ilustración 16 Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Pasteurizado N°2 ..	29
Ilustración 17: Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Siembra de Fermento N°1 .....	29
Ilustración 18: Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Siembra de Fermento N°2.....	30
Ilustración 19: Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Cultivo de Fermento N°1 .....	30
Ilustración 20: Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Cultivo de Fermento N°2.....	31
Ilustración 21: Bloque de Datos para el Control de Valvulas de Distribución de Limpieza CIP31	
Ilustración 22: Modelo de Bloque de Datos para la Gestión de Ciclos de Ejecución de Reguladores PID.....	32
Ilustración 23: Bloque de Datos de Instancia asociada al FB41 para regular temperatura del Intercambiador de Línea de Pasteurizado N°1 .....	33
Ilustración 24: Bloque de Datos de Instancia asociada al FB41 para regular temperatura del Pasteurizador de Línea de Pasteurizado N°1 .....	34
Ilustración 25: Bloque de Datos de Instancia para Temporizador TON utilizado en Línea de Cultivo de Fermentos N°1 .....	34

---

Ilustración 26: Bloque de Datos de Instancia para Temporizador TON utilizado en Línea de Cultivo de Fermentos N°2 .....	35
Ilustración 27: Bloque de Datos de los Parametros de Tiempo en Elaboración de Cultivo de Fermentos en Línea N°1 .....	35
Ilustración 28: Bloque de Datos de los Parametros de Temperatura de Referencia en la Elaboración de Cultivo de Fermentos en Línea N°1 .....	36
Ilustración 29: Bloque de Datos de los Parametros de Tiempo en Elaboración de Cultivo de Fermentos en Línea N°2 .....	36
Ilustración 30: Bloque de Datos de los Parametros de Temperatura de Referencia en la Elaboración de Cultivo de Fermentos en Línea N°2 .....	37

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Identificación del Proyecto

Título: Automatización de Líneas de Pasteurización, Siembra y Cultivo de Fermentos para la Fabricación de Yogurt Firme.

Directores: Víctor Manuel González Suárez, Doctor Ingeniero Informático.

Autor: Esteban Giancarlo Bacilio Loo

Fecha: Julio de 2015

Financiación: Proyecto financiado por la empresa CAPSA FOOD.

## 1.2 Visión General del Proyecto

Este proyecto nace de la necesidad de la empresa CAPSA FOOD en renovar y mejorar el control y supervisión en los procesos de fabricación de yogurt firme en su fábrica principal ubicada en Granda (Asturias).

Con este proyecto la empresa pretende obtener un desarrollo que permita la integración tecnológica en los tres primeros niveles de la pirámide anteriormente descrita. Esta tarea supone inicialmente una evaluación y análisis de las condiciones del equipamiento y tecnología actual utilizada, para así definir y realizar una serie de acciones que nos permitieron alcanzar los objetivos propuestos.

Lograr implementar este proyecto supondrá una serie de beneficios para la empresa que se traducen en eficiencia y ahorro de energía y materia prima, así como mejoras en el proceso control de calidad, trazabilidad e identificación de fallos y averías en las líneas de producción.

Por otra parte, esta integración deja un camino abierto que le permitirá un mayor control y gerencia de los planes de producción que se realizan en la fábrica en el caso que realicen un nivel de integración a niveles más superiores (MES y ERP).

### **1.3 Visión General del Documento**

La programación del PLC se basa en los algoritmos de control diseñados y en la observación del programa que ejecuta actualmente la máquina, en donde se han desarrollado diversas mejoras que permitan un control más flexible e integrado de la maquinaria de pasteurizado, cultivo y siembra de fermentos para la producción de yogurt firme.

### **1.4 Documentos Referenciados**

#### **1.4.1 Documentos del Proyecto**

Se hace referencia al documento *“Pliego de Condiciones”* de esta documentación.

Se hace referencia al documento *“Manual del programador SCADA”* de esta documentación.

Se hace referencia al documento *“ANEXO I- Programa del PLC”* de esta documentación.

#### **1.4.2 Documentos externos**

Se hace referencia al documento *“Programar con Step 7”* del fabricante Siemens.

Se hace referencia al documento *“S7 PID CONT\_C”* del fabricante Siemens.

## **2 RECURSOS UTILIZADOS**

### **2.1 Recursos Hardware**

- PC desktop Procesador AMD.
- Monitor LCD DELL 18", teclado y ratón.
- Unidad de CD.
- 4 GB de memoria RAM.
- 4 GB de espacio libre en el disco duro.

### **2.2 Recursos Software**

- Microsoft Windows XP Service Pack 2.
- Siemens Step 7 V 5.5 para programación de PLC S7-300.
- PLCSIM para simulación hardware PLC y comunicaciones.

### **2.3 Recursos Humanos**

- Manejo del software Siemens Step 7 V 5.5.
- Conocimiento de Lenguaje de Programación de PLCs bajo entorno Siemens (Lenguaje KOP principalmente).

## 3 INSTRUCCIONES PARA LA MODIFICACIÓN DEL PROYECTO

### 3.1 Entorno de Trabajo Siemens Step 7 V 5.5

El entorno de programación Simatic Manager permite abrir el proyecto desarrollado a partir de una carpeta llamada “S7\_Proj\_1” que contiene los archivos relacionados a la programación y proyecto en el PLC. Para abrir nuestro proyecto con Step 7 indicamos en la barra de opciones del programa que queremos abrir un proyecto existente, el cual tiene como nombre *S7\_Produc\_Yogur\_conET*.

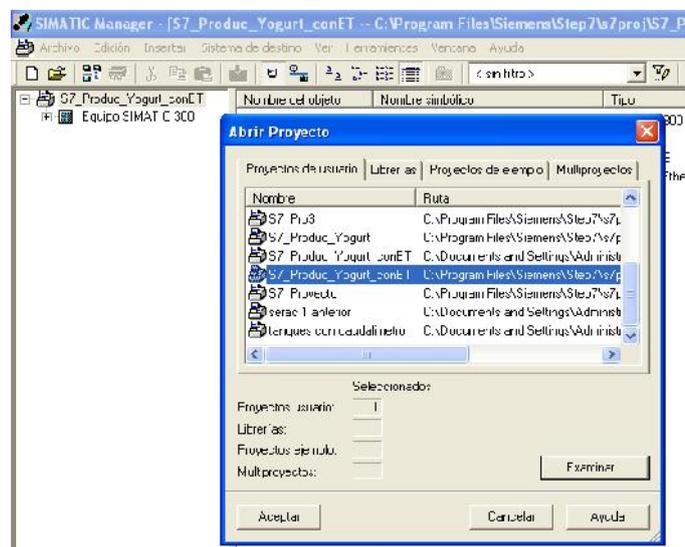


Ilustración 1: Venana de Apertura de Proyectos Simatic Step 7

Una vez abierto el proyecto, el software ofrece un menú que está dividido según las distintas herramientas de desarrollo y programación, lo que nos permite gestionar y visualizar de manera más ordenada el contenido del mismo.



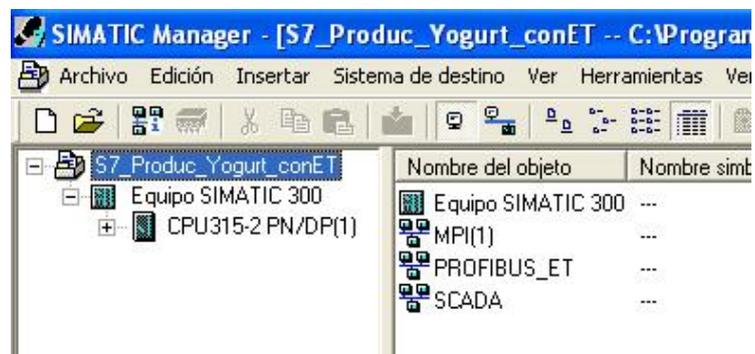
**Ilustración 2: Proyecto Desarrollado en Simatic Step 7**

A partir de este fichero, se puede acceder a cada una de las secciones haciendo click en el árbol de ficheros y así observar el contenido del proyecto, de los que se despliegan las siguientes secciones o sub-ficheros.

Para más información sobre programación y uso este lenguaje en el Software Step 7 puede consultar la documentación “Programar con Step 7” del fabricante Siemens.

### 3.1.1 Proyecto- Propiedades del Proyecto

Esta sección nos permite configurar las propiedades y de nuestro proyecto, permitiendo la visualización de todos los componentes configurados y programados. Contiene secciones para la programación de bloques en el PLC, configuración del hardware, configuración de tipo de comunicaciones, simbología y otros.



**Ilustración 3: Equipos del Proyecto en Simatic Step 7**

### 3.1.2 Equipo SIMATIC 300- Configuración del CPU y Hardware

Este campo nos permite definir la CPU del proyecto y configurar el resto de hardware a utilizar. Permitiendo la configuración y asignación señales de E/S, definir el tipo de protocolo de comunicaciones entre los dispositivos y otros aspectos relacionados a la función del hardware declarado.



Ilustración 4: Propiedades de Equipo Hardware y Configuración de CPU

### 3.1.3 CPU 315-2 PN/DP

Esta sección contiene los Bloques del Programa y Configuración de Enlaces en donde se realiza la configuración de los protocolos de comunicación y topología de la red de equipos del proyecto.



Ilustración 5: Programas y Configuración de Comunicaciones en Step 7

### 3.1.4 Programa S7- Definición de Bloques, Símbolos y Fuentes

La sección del Programa S7 contiene los ficheros del tipo Bloque, Fuente y Símbolos que pertenecen al proyecto desarrollado.



Ilustración 6: Propiedades del Programa en la CPU

### 3.1.5 Bloques – Bloques de Ejecución, Funciones y Datos.

Contiene todos los bloques funcionales y tipos de dato del proyecto. En estos bloques se encuentra la programación o código de ejecución del PLC, que se ha desarrollado en el lenguaje KOP o escalera.

Nombre del objeto	Nombre simbólico	Lenguaje
Datos de sistema	...	...
O31	Cycle Executor	KOP
O335	CYC_INT5	KOP
FB41	CONT_C	SCL
FC1	PREPARACION_PASTO1	KOP
FC2	PRODUCCION PASTO1	KOP
FC3	CONVERSION PASTO1	KOP
FC4	SALIDAS PASTO1	KOP
FC5	PREPARACION_PASTO2	KOP
FC6	PRODUCCION PASTO2	KOP
FC7	CONVERSION PASTO2	KOP
FC9	SALIDAS PASTO2	KOP
FC10	M.P.LIM. TANI000_ERKA1	KOP
FC11	M.P.LLE.T.ERKA1	KOP
FC12	M.P.PRO ERKA1	KOP
FC13	M.P.LIM.ERKA1(PASTO 1)	KOP
FC14	M.P.VACIADO T1	KOP
FC15	M.P.LIMPIEZA T1 <b>Función</b>	KOP
FC16	M.P.LIM.CIR.FERMERTOS	KOP
FC17	M.P.ELAB. FERMENTO T1	KOP
FC18	SENALES_SALIDA_ERKA 1	KOP
FC19	SENALES_SALIDA T1	KOP

Ilustración 7: Visualización de Bloques del Proyecto Desarrollado

## **3.2 Lenguaje de Programación Ladder (KOP)**

La totalidad de los bloques ha sido programada en lenguaje KOP motivado a la experiencia y preferencias de uso por parte del personal de mantenimiento que trabaja en la fábrica con este tipo de lenguaje. Sin embargo, podría ser recomendable el uso de otro tipo de lenguaje orientado a procesos de tipo secuencial como los ejecutados por la maquinaria involucrada en este proyecto.

La programación utilizando opciones como Grafcet (S7-Graph) podría ser interesante de utilizar en otros proyectos o futuras ampliaciones de este proyecto en casos donde exista una naturaleza secuencial del proceso. Estas opciones de programación brindarían un gran apoyo durante la puesta en marcha y entendimiento de la secuencia de ejecución del programa agilizando tareas de depuración de errores en la lógica del programa.

## **3.3 Programación de Bloques del PLC**

La programación del PLC ha sido segmentada en diversos bloques de programación para diferenciar cada uno de los modos de funcionamiento y maquinaria controlada. Para obtener más información sobre el programa y su lógica de programación puede referirse al documento *“ANEXO I- Programa del PLC”*

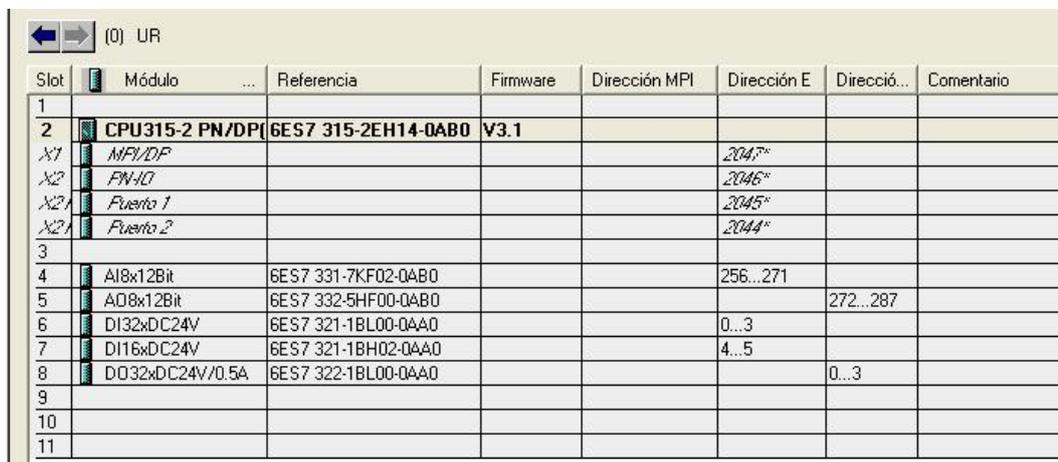
## 4 EQUIPO HARDWARE COFIGURADO

En el proyecto se han configurado dos racks y/o estaciones que cuentan con una serie de módulos de E/S y que se ubicaran en las zonas adyacentes a la maquinaria involucrada en este trabajo.

Para más información sobre la asignación de E/S de los equipos PLC utilizados en este proyecto puede referirse al documento “*Pliego de Condiciones*” de esta documentación.

### 4.1 Estación Maestra

En esta estación se encontrara la CPU principal encargada de ejecutar la programación elaborada en el proyecto. Además cuenta con distintos módulos de E/S Digitales y Analógicos para el control de equipos y adquisición de datos de la instrumentación de la maquinaria que se encuentra definida en el documento “*Pliego de Condiciones*”.



Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Dirección...	Comentario
1							
2	CPU315-2 PN/DP	6ES7 315-2EH14-0AB0	V3.1				
X1	MPI/DP					204,7*	
X2	FN-ID					2046*	
X21	Fuente 1					2045*	
X21	Fuente 2					2044*	
3							
4	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0			256...271		
5	AO8x12Bit	6ES7 332-5HF00-0AB0				272...287	
6	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			0...3		
7	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0			4...5		
8	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0				0...3	
9							
10							
11							

Ilustración 8: Configuración del Hardware de la Estación Maestra del Proyecto.

## 4.2 Estación Remota- IM153

La estación remota corresponde a un módulo de periferia descentralizada que sirve como isla o punto de adquisición de señales y comunicación de datos con la CPU principal de la estación maestra. Cuenta también con módulos de E/S Digitales y Analógico encargadas de adquirir las señales en la zona de siembra y cultivo de fermentos.



Slot	Módulo	Referencia	Dirección E	Dirección S
1				
2	IM 153-1	6ES7 153-1AA03-0XB0	2042"	
3				
4	A18x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0	291...306	
5	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0	20...23	
6	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0	24...27	
7	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0	28...31	
8	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0		20...23
9	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0		24...27
10				
11				

Ilustración 9: Configuración del Hardware de la Estación Remota del Proyecto

## 4.3 PC- SCADA con proyecto en WinCC

El PC SCADA se conectara a la estación maestra para realizar el control y supervisión de la maquinaria involucrada en este proyecto. Tanto el PLC como el SCADA guardan una relación en los datos y estructuras que utilizan para manejar las líneas de producción.

Para más información puede referirse al documento "*Manual del programador SCADA*" en la documentación de este proyecto.

## 5 ENLACES DE COMUNICACIÓN CONFIGURADO

### 5.1 Red Profibus

Se ha configurado una red Profibus para la comunicación entre la estación maestra y la estación remota, las cuales disponen de un puerto de comunicaciones profibus en sus módulos base.

### 5.2 Red TCP-IP

Para la comunicación entre el CPU PLC de la estación maestra y el equipo PC que ejecuta el SCADA desarrollado en este proyecto, se ha configurado una comunicación Ethernet TCP-IP que corresponde con el driver de comunicación configurado en el proyecto de WinCC.

Se ha llegado a una fase de simulación en donde la configuración direcciones IP y numeración Profibus no ha sido necesaria, sin embargo, durante la implementación del proyecto se deberá configurar las direcciones y parámetros de comunicación tanto en el proyecto del PLC como en el proyecto WinCC instalado en la estación PC donde se ejecuta el SCADA.

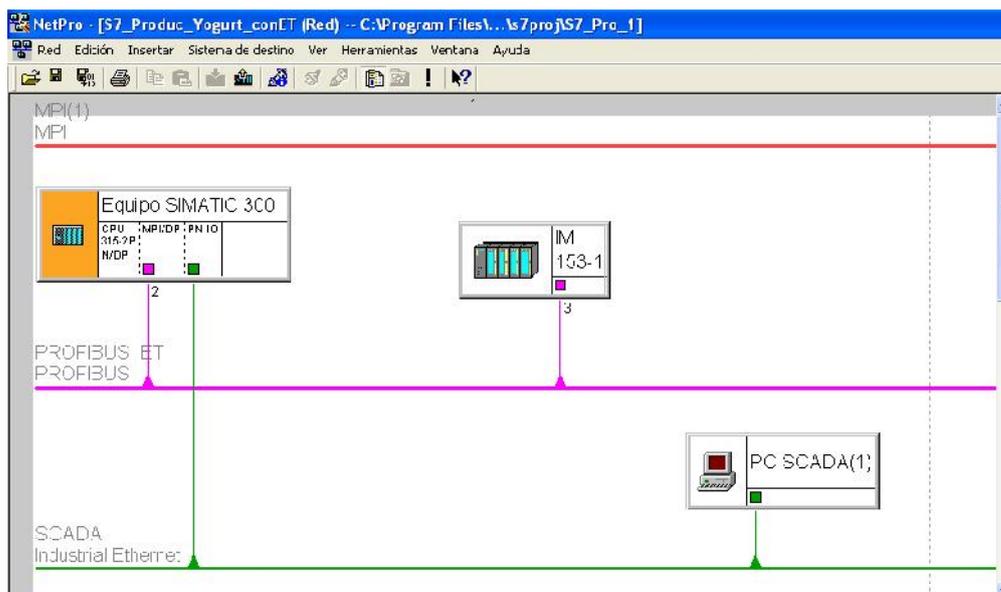


Ilustración 10: Visualización de Redes Configuradas y Estaciones del Proyecto

## **6 BLOQUES DE EJECUCIÓN Y DATOS DEL PLC**

Los bloques de ejecución y datos que han sido creados en el programa del PLC corresponden con los diversos algoritmos desarrollados en cada uno de los modos de funcionamiento de la maquinaria involucrada en la automatización, así como otros bloques que ayudan a acondicionar señales y ordenar estructuras de datos para que puedan ser fácilmente conectadas y configuradas en el diseño y programación del SCADA con el cual intercambiara los datos del control de proceso y maquinaria.

### **6.1 Bloque Principal OB1**

Este bloque corresponde al ciclo principal de ejecución del PLC, el cual ejecuta el llamado a todos los bloques de función FC desarrollados en este proyecto. El llamado se realiza cíclicamente sin interrupciones.

### **6.2 Bloques de Función- FC**

Los bloques de función o FC se han programado para ejecutar la lógica que controla el accionamiento de la maquinaria enmarcada en este proyecto. En este caso, todos los bloques de función corresponden a un planteamiento base definido en los algoritmos de control de los diversos modos de funcionamiento de la maquinaria.

Para complementar la información suministrada en este manual y su relación con cada bloque de función, puede consultar el documento "*Pliego de Condiciones*" para conocer más detalles sobre los algoritmos aplicados para la programación.

#### **6.2.1 Bloque para Preparación del Pasteurizador N°1- FC1**

Este bloque de función contiene la lógica diseñada para el control automatizado de la línea de pasteurizado N°1. El contenido de esta función se trata de una propuesta en caso de realizar la instalación de otros equipos actuadores e instrumentación (Electroválvulas VD1, VAP1, VSP1 y otros).

En el bloque se realiza el control de electroválvulas y equipos de potencia para realizar la limpieza inicial y/o intermedia, así como mantener la línea de pasteurizado en modo reposo (stand by).

### **6.2.2 Bloque de Producción del Pasteurizador N°1- FC2**

Contiene la programación de control dedicada al control de la línea de pasteurizado N°1 en modalidad de producción (Proceso de Pasteurizado de Leche). Este contenido forma parte de la propuesta de control en caso de realizar la instalación de otros equipos adicionales que son necesarios para la automatización de la Línea de Pasteurizado en sus distintos modos de trabajo.

### **6.2.3 Bloque de Conversión de Señales Analógicas del Pasteurizador N°1- FC3**

El bloque de función está reservado para ser utilizado durante la implementación del proyecto. En este espacio se realizara la programación de los cálculos y conversión de datos captados por los módulos de entrada analógicos que proceden de los transmisores de temperatura y presión utilizados en la línea de pasteurizado N°1, por lo cual se podrá convertir las señales a variables de ingeniería mediante algunos pasos de conversión a nivel software.

### **6.2.4 Bloque de Señales Digitales de Salida del Pasteurizador N°1- FC4**

Este bloque contiene las bobinas que activan las distintas señales digitales de salida relacionadas al control de equipos del pasteurizador N°1 de forma manual o automática. La lógica de activación de las salidas de manera automática se encuentra administrada por los bloques funcionales asociados a cada modo de funcionamiento del Pasteurizador N°1 (Bloques FC1 y FC2).

### **6.2.5 Bloque para Preparación del Pasteurizador N°2- FC5**

Este espacio se encuentra reservado para realizar la programación de control asociada al pasteurizador N°2.

Dado que la automatización del proceso realizado por las líneas de pasteurizado dependen de la instalación de algunos equipos, solo hemos realiza la propuesta para la línea N°1. No obstante, la elaboración de la programación sería muy similar al bloque funcional FC1 salvo algunas modificaciones, ya que existen algunas diferencias notables en la maquinaria de ambas líneas.

#### **6.2.6 Bloque de Producción del Pasteurizador N°2- FC6**

Este espacio se encuentra reservado para realizar la programación de control asociada al pasteurizador N°2.

Del mismo modo que la acotación mencionada en el bloque FC5, la programación de este bloque sería muy similar a su homólogo el bloque FC2 bajo ciertas diferencias que se tendrían que tomar en cuenta al elaborar la lógica de control de este modo de funcionamiento.

#### **6.2.7 Bloque de Conversión de Señales Analógicas del Pasteurizador N°2- FC7**

El bloque de función está reservado para ser utilizado durante la implementación del proyecto. En este espacio se realizara la programación de los cálculos y conversión de datos captados por los módulos de entrada analógicos que proceden de los transmisores de temperatura y presión utilizados en la línea de pasteurizado N°2, por lo cual se podrá convertir las señales a variables de ingeniería mediante algunos pasos de conversión a nivel software.

#### **6.2.8 Bloque de Señales Digitales de Salida del Pasteurizador N°2- FC9**

Este bloque cuenta con todas las bobinas que activan las distintas señales digitales de salida relacionadas al control equipos del pasteurizador N°2 de forma manual.

#### **6.2.9 Bloque para Limpieza de Línea de Siembra N°1- FC10**

Contiene la lógica de control del modo de funcionamiento para la limpieza de la maquinaria de Siembra N°1. Este bloque verifica las condiciones iniciales y ejecuta la secuencia que habilita la apertura o cierre de las válvulas y bomba de empuje de la línea de siembra para su respectiva limpieza.

### **6.2.10 Bloque para Llenado de Tanque de Leche en Línea de Siembra N°1- FC11**

El bloque cuenta con la programación que controla las señales de apertura o cierre de válvulas que permiten el paso de la leche cuando se encuentre pasteurizada hacia el tanque pulmón o de almacenamiento en la Línea de Siembra N°1.

### **6.2.11 Bloque para Producción en Línea de Siembra N°1- FC12**

El bloque tiene la lógica de programación que controla la secuencia de inyección de fermento en los depósitos de siembra junto a la leche pasteurizada que corresponden a un proceso secuencial y cíclico. El bloque controla las condiciones de apertura o cierre de las válvulas así como el accionamiento de bombas de inyección de fermentos y bomba de inyección de aromas de la línea N°1.

### **6.2.12 Bloque para Limpieza de Circuito de Entrada de Leche en Línea de Siembra N°1- FC13**

Este bloque contiene la lógica de control para el manejo de un modo de limpieza del circuito de tuberías y válvulas utilizadas en la entrada de leche pasteurizada hacia el tanque pulmón. Este modo de funcionamiento solo se puede habilitar cuando la línea de pasteurizado N°1 se encuentre en modo de limpieza.

### **6.2.13 Bloque para Vaciado del Tanque TF1 en Línea de Cultivo de Fermentos N°1- FC14**

Controla las válvulas y verifica las condiciones que permiten el vaciado del tanque de fermentos N°1 en la línea de cultivo N°1. Se puede habilitar una vez que el cultivo de fermento se encuentre preparado y listo para ser inyectado a cualquiera de las líneas de siembra.

#### **6.2.14 Bloque para Limpieza en Tanque TF1 en Línea de Cultivo de Fermentos N°1- FC15**

Contiene la programación para el control de las acciones de limpieza del tanque N°1 correspondiente a la línea de cultivo de fermentos N°1. Habilitan la secuencia de activación de válvulas que permiten realizar el drenaje y limpieza de circuito de tuberías y asentamientos de las propias válvulas.

#### **6.2.15 Bloque para Limpieza de Líneas de Inyección de Fermento 1 y 2 - FC16**

Este bloque se encarga del control de limpieza del circuito de tuberías, bombas de inyección y válvulas encargadas de suministrar el fermento a cada uno de los depósitos de siembra tanto para la línea N°1 como para la línea N°2.

#### **6.2.16 Bloque para Elaboración de Cultivo de Fermentos de Línea N°1- FC17**

Contiene la lógica de control encargada de realizar la preparación de un lote de cultivo en la línea de cultivo de fermentos N°1 y ejecuta una serie de pasos secuenciales correspondientes al proceso de elaboración del cultivo.

Se debe tomar en cuenta la sustitución de algunos registros que han sido empleados en este bloque para efectos de simulación. Cuando se realice una implementación real en la fábrica, se deberán actualizar estos registros para que así el funcionamiento sea acorde a las señales de entrada analógicas del PLC.

#### **6.2.17 Bloque de Señales de Salida de Línea de Siembra N°1- FC18**

Este bloque contiene las bobinas que activan las distintas señales digitales de salida relacionadas al control de equipos de la línea de siembra N°1 de forma manual o modos de funcionamiento automático anteriormente descritos. La lógica de activación de las salidas de manera automática se encuentra administrada por los bloques de función asociados a cada modo de funcionamiento aplicado en la línea de Siembra N°1 (Bloques FC10, FC11, FC12, FC13).

### **6.2.18 Bloque de Señales de Salida de Línea de Cultivo de Fermento N°1- FC19**

El bloque contiene las bobinas que activan las distintas señales digitales de salida relacionadas al control de equipos de la línea de cultivo de fermentos N°1 de forma manual o modos de funcionamiento automático anteriormente descritos. La lógica de activación de las salidas de manera automática se encuentra administrada por los bloques de función asociados a cada modo de funcionamiento aplicado en la línea de Cultivo N°1 (Bloques FC14, FC15, FC16, FC17).

### **6.2.19 Bloque para Limpieza de Línea de Siembra N°2- FC20**

Contiene la lógica de control del modo de funcionamiento para la limpieza de la maquinaria de Siembra N°2. Este bloque ejecuta la secuencia que habilita la apertura o cierre de las válvulas y bomba de empuje de la línea de siembra para su respectiva limpieza.

### **6.2.20 Bloque para Llenado de Tanque de Leche en Línea de Siembra N°2- FC21**

El bloque cuenta con la programación que controla las señales de apertura o cierre de válvulas que permiten el paso de la leche cuando se encuentre pasteurizada hacia el tanque pulmón o de almacenamiento en la Línea de Siembra N°2.

### **6.2.21 Bloque para Producción en Línea de Siembra N°2- FC22**

El bloque tiene la lógica de programación que controla la secuencia de inyección de fermento en los depósitos de siembra junto a la leche pasteurizada que corresponden a un proceso secuencial y cíclico. El bloque controla las condiciones de apertura o cierre de las válvulas así como el accionamiento de la bomba de inyección de fermentos de la línea N°2.

### **6.2.22 Bloque para Limpieza de Circuito de Entrada de Leche en Línea de Siembra N°2- FC23**

Este bloque contiene la lógica de control para el manejo de un modo de limpieza del circuito de tuberías y válvulas utilizadas en la entrada de leche pasteurizada hacia el tanque pulmón. Este modo de funcionamiento solo se puede habilitar cuando la línea de pasteurizado N°2 se encuentre en modo de limpieza.

### **6.2.23 Bloque para Vaciado del Tanque TF2 en Línea de Cultivo de Fermentos N°1- FC24**

Controla las válvulas y verifica las condiciones que permiten el vaciado del tanque de fermentos N°2 en la línea de cultivo N°2. Se puede habilitar una vez que el cultivo de fermento se encuentre preparado y listo para ser inyectado a cualquiera de las líneas de siembra.

### **6.2.24 Bloque para Limpieza en Tanque TF2 en Línea de Cultivo de Fermentos N°1- FC25**

Contiene la programación para el control de las acciones de limpieza del tanque N°2 correspondiente a la línea de cultivo de fermentos N°2. Habilitan la secuencia de activación de válvulas que permiten realizar el drenaje y limpieza de circuito de tuberías y asentamientos de las propias válvulas.

### **6.2.25 Bloque para Elaboración de Cultivo de Fermentos de Línea N°2- FC26**

Contiene la lógica de control encargada de realizar la preparación de un lote de cultivo en la línea de cultivo de fermentos N°2. y ejecuta una serie de pasos secuenciales correspondientes al proceso de elaboración del cultivo.

Se debe tomar en cuenta la sustitución de algunos registros que han sido empleados en este bloque para efectos de simulación. Cuando se realice una implementación real en la fábrica, se deberán actualizar estos registros para que así el funcionamiento sea acorde a las señales de entrada analógicas del PLC.

### **6.2.26 Bloque de Señales de Salida de Línea de Siembra N°2- FC28**

Este bloque contiene las bobinas que activan las distintas señales digitales de salida relacionadas al control de equipos de la línea de siembra N°2 de forma manual o modos de funcionamiento automático anteriormente descritos. La lógica de activación de las salidas de manera automática se encuentra administrada por los bloques de función asociados a cada modo de funcionamiento aplicado en la línea de Siembra N°2 (Bloques FC20, FC21, FC22, FC23).

### **6.2.27 Bloque de Señales de Salida de Línea de Cultivo de Fermento N°2- FC29**

El bloque contiene las bobinas que activan las distintas señales digitales de salida relacionadas al control de equipos de la línea de cultivo de fermentos N°2 de forma manual o modos de funcionamiento automático anteriormente descritos. La lógica de activación de las salidas de manera automática se encuentra administrada por los bloques de función asociados a cada modo de funcionamiento aplicado en la línea de Cultivo N°2 (Bloques FC24, FC25 y FC26).

### **6.2.28 Bloque de Señales de Salida de Válvulas de Limpieza - FC35**

El bloque contiene las bobinas que activan las distintas señales digitales de salida relacionadas al control de válvulas de distribución de la limpieza CIP de forma manual o modos de funcionamiento automático de limpieza anteriormente descritos. La lógica de activación de las salidas se encuentra administrada por los bloques de función asociados a cada modo de funcionamiento aplicado para la limpieza de líneas de Cultivo, de Siembra de Fermentos y del circuito de inyección de fermentos N°1 y N°2 (Bloques FC10, FC15, FC16, FC20 y FC25).

### **6.2.29 Bloque de Control PID de Válvula Proporcional de Agua Caliente en la Placa de Pasteurizado del Pasteurizador N°1– FC41**

Este bloque se ha programado como parte de la propuesta de control desarrollada para la automatización de los diversos modos de funcionamiento del Pasteurizador N°1.

En este caso, se trata del control necesario para controlar la apertura de la válvula proporcional encargada de regular el flujo de agua que pasa por la placa de pasteurizado N°1 en su sección de pasteurización. Para ello se plantea el uso de un bloque de control predefinido en la librería de bloques de función (FB41) de Simatic Step 7, que se utiliza como controlador PID configurable en sistemas reguladores de caudal, presión y otros.

También cuenta con un bloque de funciones (FC105) de la librería Step 7 utilizado para escalar y acondicionar señales analógicas a variables de ingeniería o cualquier otra conversión requerida.

### **6.2.30 Bloque de Control PID de Válvula Proporcional de Leche en la Placa de Intercambio del Pasteurizador N°1– FC42**

Este bloque se ha programado como parte de la propuesta de control desarrollada para la automatización de los diversos modos de funcionamiento del Pasteurizador N°1.

En este caso, se trata del control necesario para controlar la apertura de la válvula proporcional encargada de regular el flujo de leche que pasa por la placa de pasteurizado N°1 en su sección de intercambio de calor para refrigerar la leche ya pasteurizada. Para ello se plantea el uso de un bloque de control predefinido en la librería de bloques de función (FB41) de Simatic Step 7, que se utiliza como controlador PID configurable en sistemas reguladores de caudal, presión y otros.

Dispone de un bloque de funciones (FC105) de la librería Step 7 utilizado para escalar y acondicionar señales analógicas a variables de ingeniería o cualquier otra conversión requerida.

## **6.3 Tipos de Datos del PLC- UDT**

Se han definido tipos de datos o estructuras en el PLC que permiten agrupar parámetros de control en los equipos de mayor presencia en la maquinaria involucrada en el desarrollo de este proyecto, como es el caso de las válvulas y motores.

La declaración de estos tipos de datos nos permite también configurar y definir el direccionamiento de registros controlados por el SCADA de una manera más rápida, ya que los tipos de datos declarados en la programación del PLC se corresponden con las “estructuras de variables” definidas en el proyecto WinCC de este proyecto. Puede consultarse la documentación “Manual del Programador SCADA” para saber más detalles.

### 6.3.1 Tipo de Datos para Válvula Simple– UDT1

Este tipo de dato define una estructura con datos de tipo binario o bool encargados de guardar el estado y controlar el funcionamiento de las válvulas según sea la configuración o acciones seleccionadas en el SCADA.



Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	MAN_AUTO	BOOL	FALSE	
+0.1	ON_OFF	BOOL	FALSE	
+0.2	FAIL	BOOL	FALSE	
+0.3	OPEN	BOOL	FALSE	
+0.4	CLOSE	BOOL	FALSE	
=2.0	END_STRUCT			

Ilustración 11: UDT1 de Estructura de Datos de Tipo Válvula Simple

### 6.3.2 Tipo de Datos para Válvula Proporcional– UDT2

Es un tipo de dato que define una estructura con elementos de tipo binario, real y tiempo que servirán para guardar el estado y controlar el funcionamiento de las válvulas proporcionales mediante el uso del bloque CONT\_C (FB41), según haya sido la configuración o acciones seleccionadas en el SCADA.

The screenshot shows the SIMATIC Manager interface for defining a User-Defined Data Type (UDT2). The window title is "[UDT2 -- 'STRUCT\_VALV\_PID' -- S7\_Produc\_Yogurt\_conETEquipo SIMATIC 300VCPU315-2 PN/DP]". The table below represents the data structure defined in the software:

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	MAN_AUTO	BOOL	FALSE	
+2.0	GANANCTA	REAL	0.000000e+000	
+6.0	TI	TIME	T#0MS	
+10.0	TD	TIME	T#0MS	
+14.0	ERROR	REAL	0.000000e+000	
+18.0	PV	REAL	0.000000e+000	
+22.0	SP	REAL	0.000000e+000	
+26.0	MAN_VALOR	REAL	0.000000e+000	
+30.0	LMN	REAL	0.000000e+000	
-34.0		END_STRUCT		

Ilustración 12: UDT2 de Estructura de Datos de Tipo Válvula PID

### 6.3.3 Tipo de Datos para Bombas y Motores– UDT3

Es un tipo de dato que define una estructura con elementos de tipo binario, que guardan el estado y modo de funcionamiento de los motores o bombas usados en este proyecto. El manejo se realiza según sea la configuración o acciones seleccionadas en el SCADA.

The screenshot shows the SIMATIC Manager interface for defining a User-Defined Data Type (UDT3). The window title is "[UDT3 -- 'STRUCT\_MOT\_BOMB' -- S7\_Produc\_Yogurt\_conETEq]". The table below represents the data structure defined in the software:

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	MAN_AUTO	BOOL	FALSE
+0.1	ON_OFF	BOOL	FALSE
+0.2	FAIL	BOOL	FALSE
+0.3	AUX_CONTACTOR	BOOL	FALSE
+0.4	AUX_GUARDAMOTOR	BOOL	FALSE
=2.0		END_STRUCT	

Ilustración 13: UDT3 de Estructura de Datos de Tipo Motor-Bomba

### 6.3.4 Tipo de Datos para Motores de Dos Velocidades– UDT4

Es un tipo de dato que define una estructura con elementos de tipo binario, que guardan el estado y modo de funcionamiento de los motores o bombas usados en este proyecto. El manejo se realiza según sea la configuración o acciones seleccionadas en el SCADA.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	MAN_AUTO	BOOL	FALSE
+0.1	ON_OFF	BOOL	FALSE
+0.2	LENTO_RAPIDO	BOOL	FALSE
+0.3	FAIL	BOOL	FALSE
+0.4	AUX_CONTACTOR	BOOL	FALSE
+0.5	AUX_GUARDAMOTOR	BOOL	FALSE
=2.0		EMD_STRUCT	

Ilustración 14: UDT4 de Estructura de Datos de Tipo Motor de dos Velocidades

## 6.4 Bloques de Datos- DB

Los bloques de datos agrupan una serie de elementos y/o estructuras que permiten la remanencia de estado. Estos bloques contienen la información correspondiente a cada línea del proceso del proyecto permitiéndonos así agrupar de manera ordenada los datos de cada zona de producción.

### 6.4.1 Bloque de Datos de la Línea de Pasteurizado N°1- DB20

Este bloque de datos almacena las estructuras para el control de cada equipo en la línea de pasteurizado N°1.

Dirección	Nombre	Tipo
0.0		STRUCT
+0.0	BTD1	"STRUCT_MOT_BOMB"
+2.0	B_AGUAC1	"STRUCT_MOT_BOMB"
+4.0	WR1	"STRUCT_VALV_SIMP"
+6.0	VD1	"STRUCT_VALV_SIMP"
+8.0	VH1	"STRUCT_VALV_SIMP"
+10.0	VAF1	"STRUCT_VALV_SIMP"
+12.0	VAP1	"STRUCT_VALV_SIMP"
+14.0	VSP1	"STRUCT_VALV_SIMP"
+16.0	PID_INTERCAMB	"STRUCT_VALV_PID"
+50.0	PID_PASTEURIZ	"STRUCT_VALV_PID"
+84.0	HOMGENIZADOR_1	"STRUCT_MOT_BOMB"
=86.0		EMD_STRUCT

Ilustración 15: Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Pasteurizado N°1

### 6.4.2 Bloque de Datos de la Línea de Pasteurizado N°2- DB21

Este bloque de datos almacena las estructuras para el control de cada equipo en la línea de pasteurizado N°2.

Dirección	Nombre	Tipo
0.0		STRUCT
+0.0	BTD2	"STRUCT_MOT_BOMB"
+2.0	B_AGUAC2	"STRUCT_MOT_BOMB"
+4.0	VR2	"STRUCT_VALV_SIMP"
+6.0	VD2	"STRUCT_VALV_SIMP"
+8.0	VH2	"STRUCT_VALV_SIMP"
+10.0	VAF2	"STRUCT_VALV_SIMP"
+12.0	VAP2	"STRUCT_VALV_SIMP"
+14.0	VSP2	"STRUCT_VALV_SIMP"
+16.0	PID_ENFRIADOR	"STRUCT_VALV_PID"
+50.0	PID_PASTEURIZ	"STRUCT_VALV_PID"
+84.0	HOMOGENIZADOR_2	"STRUCT_MOT_BOMB"
=86.0		END_STRUCT

Ilustración 16 Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Pasteurizado N°2

### 6.4.3 Bloque de Datos de la Línea de Siembra de Fermento N°1- DB22

Este bloque de datos almacena las estructuras para el control de cada equipo en la línea de Siembra de Fermento N°1.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	AGITADOR1	"STRUCT_MOT_BOMB"	
+2.0	BOMB_AROMAS1	"STRUCT_MOT_BOMB"	
+4.0	BOMBA_CIP_LINEAS	"STRUCT_MOT_BOMB"	
+6.0	VL1	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+8.0	VL2	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+10.0	VL3	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+12.0	VL4	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+14.0	VL5	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+16.0	VL6	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+18.0	VL7	"STRUCT_VALV_SIMP"	
=20.0		END_STRUCT	

Ilustración 17: Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Siembra de Fermento N°1

### 6.4.4 Bloque de Datos de la Línea de Siembra de Fermento N°2- DB23

Este bloque de datos almacena las estructuras para el control de cada equipo en la línea de Siembra de Fermento N°2.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	AGITADOR2	"STRUCT_MOT_BOMB"	
+2.0	VL8	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+4.0	VL9	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+6.0	VL10	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+8.0	VL11	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+10.0	VL12	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+12.0	VL13	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+14.0	VL14	"STRUCT_VALV_SIMP"	
=16.0		END_STRUCT	

**Ilustración 18: Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Siembra de Fermento N°2**

### 6.4.5 Bloque de Datos de la Línea de Cultivo de Fermentos N°1- DB24

Este bloque de datos almacena las estructuras para el control de cada equipo en la línea de Cultivo de Fermentos N°1.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	AGITADOR_TF1	"STRUCT_MOT_2VEL"	
+2.0	E_INYEC_F1	"STRUCT_MOT_BOMB"	
+4.0	E_CIP_TFS	"STRUCT_MOT_BOMB"	
+6.0	VF1	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+8.0	VF2	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+10.0	VF5	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+12.0	VF7	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+14.0	VP1	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+16.0	VAL	"STRUCT_VALV_SIMP"	
=18.0		END_STRUCT	

**Ilustración 19: Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Cultivo de Fermento N°1**

### 6.4.6 Bloque de Datos de la Línea de Cultivo de Fermentos N°2 -DB25

Este bloque de datos almacena las estructuras para el control de cada equipo en la línea de Cultivo de Fermentos N°2.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	AGITADOR_TF2	"STRUCT_MOT_2VEL"	
+2.0	B_INYEC_F2	"STRUCT_MOT_BOMB"	
+4.0	VF3	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+6.0	VF4	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+8.0	VF6	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+10.0	VP2	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+12.0	VA2	"STRUCT_VALV_SIMP"	
=14.0		END_STRUCT	

**Ilustración 20: Bloque de Datos para el Control de Equipos en Línea de Cultivo de Fermento N°2**

### 6.4.7 Bloque de Datos de Válvulas de Distribución CIP - DB26

Este bloque de datos almacena las estructuras para el control de cada válvula de distribución de limpieza CIP.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	V3	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+2.0	V4	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+4.0	V5	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+6.0	V6	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+8.0	V7	"STRUCT_VALV_SIMP"	
+10.0	V8	"STRUCT_VALV_SIMP"	
=12.0		END_STRUCT	

**Ilustración 21: Bloque de Datos para el Control de Valvulas de Distribución de Limpieza CIP**

### 6.4.8 Bloque de Datos para Gestión de Ciclos de Ejecución de Reguladores PID (FB41) – DB35

Este bloque de datos se encuentra reservado para la gestión de ciclos de ejecución de trabajo del bloque FB41 cuando sean tomados en cuenta durante la implementación del proyecto.



Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	MEM_TT_INTERCAMBIADOR1	INT	0
+2.0	TEMP_PID_INTERCAMBIADOR1	INT	60
+4.0	HAB_PID_INTERCAMBIADOR1	BOOL	FALSE
+6.0	MEM_TT_PASTEURIZADOR1	INT	0
+8.0	TIEMP_PID_PASTEURIZADOR1	INT	50
+10.0	HAB_PID_PASTEURIZADOR1	BOOL	FALSE
=12.0		END_STRUCT	

Ilustración 22: Modelo de Bloque de Datos para la Gestión de Ciclos de Ejecución de Reguladores PID

### 6.4.9 Bloque de Datos de Instancia del Bloque de Control de Regulador PID (FB41) de Válvula Reguladora de Temperatura del Intercambiador – DB41

Este bloque de datos de instancia se encuentra reservado para ser utilizado como bloque de control del regulador PID y manejar el caudal de leche que determina la temperatura de la placa de intercambio de calor con la leche saliente del tubo de mantenimiento para ser refrigerada.

	Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Valor actual	Comentario
1	0.0	in	COW_RST	BOOL	FALSE	FALSE	complete restart
2	0.1	in	MAN_ON	BOOL	TRUE	TRUE	manual value on
3	0.2	in	PVPER_ON	BOOL	FALSE	FALSE	process variable peripherie on
4	0.3	in	P_SEL	BOOL	TRUE	TRUE	proportional action on
5	0.4	in	I_SEL	BOOL	TRUE	TRUE	integral action on
6	0.5	in	INT_HOLD	BOOL	FALSE	FALSE	integral action hold
7	0.6	in	IJTL_ON	BOOL	FALSE	FALSE	initialization of the integral action
8	0.7	in	D_SEL	BOOL	FALSE	FALSE	derivative action on
9	2.0	in	CYCLE	TIME	T#1S	T#1S	sample time
10	6.0	in	SP_INT	REAL	0.000000e...	0.000000...	internal setpoint
11	10.0	in	PV_IN	REAL	0.000000e...	0.000000...	process variable in
12	14.0	in	PV_PER	WCRD	/A# 6#0	/W#16#C	process variable peripherie
13	16.0	in	MAN	REAL	0.000000e...	0.000000...	manual value
14	20.0	in	GAIN	REAL	2.000000e...	2.000000...	proportional gain
15	24.0	in	TI	TIME	T#20S	T#20S	reset time
16	28.0	in	TD	TIME	T#10S	T#10S	derivative time
17	32.0	in	TM_LAG	TIME	T#2S	T#2S	time lag of the derivative action
18	36.0	in	DEADB_WV	REAL	0.000000e...	0.000000...	dead band width
19	40.0	in	LMN_HLM	REAL	1.000000e...	1.000000...	manipulated value high limit
20	44.0	in	LMN_LLM	REAL	0.000000e...	0.000000...	manipulated value low limit
21	48.0	in	PV_FAC	REAL	1.000000e...	1.000000...	process variable factor
22	52.0	in	PV_OFF	REAL	0.000000e...	0.000000...	process variable offset
23	56.0	in	LMN_FAC	REAL	1.000000e...	1.000000...	manipulated value factor
24	60.0	in	LMN_OFF	REAL	0.000000e...	0.000000...	manipulated value offset
25	64.0	in	IJTLVAL	REAL	0.000000e...	0.000000...	initialization value of the integral action
26	68.0	in	DISV	REAL	0.000000e...	0.000000...	disturbance variable
27	72.0	out	LMN	REAL	0.000000e...	0.000000...	manipulated value
28	76.0	out	LMN_PER	WCRD	/A# 6#0	/W#16#C	manipulated value peripherie
29	78.0	out	QLMN_HLM	BOOL	FALSE	FALSE	high limit of manipulated value reached
30	78.1	out	QLMN_LLM	BOOL	FALSE	FALSE	low limit of manipulated value reached

**Ilustración 23: Bloque de Datos de Instancia asociada al FB41 para regular temperatura del Intercambiador de Línea de Pasteurizado N°1**

#### **6.4.10 Bloque de Datos de Instancia del Bloque de Control de Regulador PID (FB41) de Válvula Reguladora de Temperatura del Pasteurizador – DB41**

Este bloque de datos de instancia se encuentra reservado para ser utilizado como bloque de control del regulador PID y manejar el caudal de agua caliente que determina la temperatura de la placa de intercambio de calor con la leche durante su entrada luego de ser homogenizada y elevar su temperatura a un punto de pasteurización.

	Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Valor actual	Comentario
1	0.0	in	COM_RST	BOOL	FALSE	FALSE	complete restart
2	0.1	in	MAN_ON	BOOL	TRUE	TRUE	manual value on
3	0.2	in	PVPER_ON	BOOL	FALSE	FALSE	process variable peripherie on
4	0.3	in	P_SEL	BOOL	TRUE	TRUE	proportional action on
5	0.4	in	I_SEL	BOOL	TRUE	TRUE	integral action on
6	0.5	in	INT_HOLD	BOOL	FALSE	FALSE	integral action hold
7	0.6	in	I_ITL_ON	BOOL	FALSE	FALSE	initialization of the integral action
8	0.7	in	D_SEL	BOOL	FALSE	FALSE	derivative action on
9	2.0	in	CYCLE	TIME	T#1S	T#1S	sample time
10	6.0	in	SP_INT	REAL	0.000000e...	0.000000...	internal setpoint
11	10.0	in	PV_IN	REAL	0.000000e...	0.000000...	process variable in
12	14.0	in	PV_PER	WWORD	VW#16#0	VW#16#0	process variable peripherie
13	16.0	in	MAN	REAL	0.000000e...	0.000000...	manual value
14	20.0	in	GAIN	REAL	2.000000e...	2.000000...	proportional gain
15	24.0	in	TI	TIME	T#20S	T#20S	reset time
16	28.0	in	TD	TIME	T#10S	T#10S	derivative time
17	32.0	in	TM_LAG	TIME	T#2S	T#2S	time lag of the derivative action
18	36.0	in	DEADB_VV	REAL	0.000000e...	0.000000...	dead band width
19	40.0	in	LMN_HLM	REAL	1.000000e...	1.000000...	manipulated value high limit
20	44.0	in	LMN_LLM	REAL	0.000000e...	0.000000...	manipulated value low limit
21	48.0	in	PV_FAC	REAL	1.000000e...	1.000000...	process variable factor
22	52.0	in	PV_OFF	REAL	0.000000e...	0.000000...	process variable offset
23	56.0	in	LMN_FAC	REAL	1.000000e...	1.000000...	manipulated value factor
24	60.0	in	LMN_OFF	REAL	0.000000e...	0.000000...	manipulated value offset
25	64.0	in	I_ITLVAL	REAL	0.000000e...	0.000000...	initialization value of the integral action
26	68.0	in	DISV	REAL	0.000000e...	0.000000...	disturbance variable
27	72.0	out	LMN	REAL	0.000000e...	0.000000...	manipulated value
28	76.0	out	LMN_PER	WWORD	VW#16#0	VW#16#0	manipulated value peripherie

**Ilustración 24: Bloque de Datos de Instancia asociada al FB41 para regular temperatura del Pasteurizador de Línea de Pasteurizado N°1**

### 6.4.11 Bloque de Datos para Temporizador de Retardo a la Conexión– DB80

Este bloque de Datos es una instancia de un temporizador TON utilizado en la función FC17. Su función es temporizar el tiempo de siembra del fermento de la línea N°2 ya que existe una limitante en los temporizadores de tipo S5Time en cuanto al límite de tiempo (Menor a 3 horas). Dado que se necesita un temporizador que trabaje en mayores rangos se ha utilizado un bloque tipo TON.

	Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Valor actual	Comentario
1	0.0	in	IN	BOOL	FALSE	FALSE	
2	2.0	in	PT	TIME	T#0MS	T#0MS	
3	6.0	out	Q	BOOL	FALSE	FALSE	
4	8.0	out	ET	TIME	T#0MS	T#0MS	
5	12.0	stat	STATE	BYTE	B#16#0	B#16#0	
6	14.0	stat	STIME	TIME	T#0MS	T#1M	
7	18.0	stat	ATIME	TIME	T#0MS	T#0MS	

**Ilustración 25: Bloque de Datos de Instancia para Temporizador TON utilizado en Línea de Cultivo de Fermentos N°1**

### 6.4.12 Bloque de Datos para Temporizador de Retardo a la Conexión– DB81

	Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Valor actua	Comentaric
1	0.0	in	IN	BOOL	FALSE	FALSE	
2	2.0	in	PT	TIME	T#0MS	T#0MS	
3	6.0	out	Q	BOOL	FALSE	FALSE	
4	8.0	out	ET	TIME	T#0MS	T#0MS	
5	12.0	stat	STATE	BYTE	B#16#0	B#16#0	
6	14.0	stat	STIME	TIME	T#0MS	T#0MS	
7	18.0	stat	ATIME	TIME	T#0MS	T#0MS	

**Ilustración 26: Bloque de Datos de Instancia para Temporizador TON utilizado en Línea de Cultivo de Fermentos N°2**

Este bloque de Datos es una instancia de un temporizador TON utilizado en la función FC27. Su función es temporizar el tiempo de siembra del fermento de la línea N°2 ya que existe una limitante en los temporizadores de tipo S5Time en cuanto al límite de tiempo (Menor a 3 horas). Dado que se necesita un temporizador que trabaje en mayores rangos se ha utilizado un bloque tipo TON.

### 6.4.13 Bloque de Datos de los Parámetros de Tiempo en la Preparación del Cultivo en TF1– DB100

El bloque contiene los parámetros de referencia de tiempo para las distintas fases de preparación del cultivo de fermento en la línea N°1.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	PREP_TF1_ETAPA1	TIME	T#3M
+4.0	PREP_TF1_ETAPA2	TIME	T#4M
+8.0	PREP_TF1_ETAPA3	TIME	T#5M
=12.0		END_STRUCT	

**Ilustración 27: Bloque de Datos de los Parametros de Tiempo en Elaboración de Cultivo de Fermentos en Línea N°1**

#### 6.4.14 Bloque de Datos de las Consignas de Temperatura en la Preparación del Cultivo en TF1– DB101

Este bloque contiene los datos o parámetros de referencia de temperatura que tienen que alcanzar el control de temperatura del tanque de cultivo de fermentos N<sup>o</sup>1 en cada una de las fases de la elaboración de fermentos.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	TEMP_CALENT_FASE1_TF1	REAL	9.000000e+001
+4.0	TEMP_SIEMBRA_FASE2_TF1	REAL	4.200000e+001
+8.0	TEMP_ENFRIA_FASE3_TF1	REAL	6.000000e+000
+12.0	RANGO_TOLER_FASE3_TF1	REAL	2.000000e+000
=16.0		END_STRUCT	

**Ilustración 28: Bloque de Datos de los Parametros de Temperatura de Referencia en la Elaboración de Cultivo de Fermentos en Línea N<sup>o</sup>1**

#### 6.4.15 Bloque de Datos de los Parámetros de Tiempo en la Preparación del Cultivo en TF2– DB102

El bloque contiene los parámetros de referencia de tiempo para las distintas fases de preparación del cultivo de fermento en la línea N<sup>o</sup>2.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	PREP_TF2_ETAPA1	TIME	T#1M
+4.0	PREP_TF2_ETAPA2	TIME	T#2M
+8.0	PREP_TF2_ETAPA3	TIME	T#3M
+12.0	AUX_TIEMPO_CALEN	SSTIME	SST#1M
+14.0	AUX_TIEMPO_ACITADOR	SSTIME	SST#1M
=16.0		END_STRUCT	

**Ilustración 29: Bloque de Datos de los Parametros de Tiempo en Elaboración de Cultivo de Fermentos en Línea N<sup>o</sup>2**

### 6.4.16 Bloque de Datos de las Consignas de Temperatura en la Preparación del Cultivo en TF2– DB103

Este bloque contiene los datos o parámetros de referencia de temperatura que tienen que alcanzar el control de temperatura del tanque de cultivo de fermentos N°2 en cada una de las fases de la elaboración de fermentos.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial
0.0		STRUCT	
+0.0	TEMP_CALENT_FASE1_TF2	REAL	9.000000e+001
+4.0	TEMP_SIEMBRA_FASE2_TF2	REAL	4.200000e+001
+8.0	TEMP_ENFRIA_FASE3_TF2	REAL	6.000000e+000
+12.0	RANCO_TOLER_FASE3_TF2	REAL	0.000000e+000
=16.0		END_STRUCT	

**Ilustración 30: Bloque de Datos de los Parametros de Temperatura de Referencia en la Elaboración de Cultivo de Fermentos en Línea N°2**

## 6.5 Bloques Estándar de Librerías Step7

Existen algunos bloques estándar tomados de la librería que se encuentra en el mismo software. Estas librerías no proporcionan ningún tipo de información sobre el procesamiento interno de cada uno de los bloques debido a que se encuentran protegidas.

### 6.5.1 Bloque de Función de Controlador PID (CONT\_C)- FB41

El bloque FB41 es un bloque de función diseñado para aplicaciones de control de temperatura, presión y caudal. En este proyecto se ha reservado y propuesto espacios de bloques de dato y funciones que utilizan este bloque para el control de las válvulas proporcionales utilizadas en la línea de pasteurizado N°1 y N°2.

### **6.5.2 Bloque de Funciones para Conversión de Formato de Datos de Tipo Tiempo (TIM\_S5TI)- FC40**

Convierte datos del tipo IEC time a datos de tipo S5 time para ser utilizado en algunos temporizadores del proyecto.

### **6.5.3 Bloque de Funciones para Escalado de Señales Analógicas (SCALE)- FC105**

Este bloque es utilizado para hacer un escalado de la señal proveniente de un registro de entradas analógicas a valores (generalmente variables de ingeniería) para así manejar valores a nivel físico, ya sea de temperatura en °C, presión en BAR, etc. En este caso, se podría utilizar para la conversión de señales analógicas provenientes de los PT100 para captar temperaturas en °C.

### **6.5.4 Bloque de Funciones para Des-Escalado de Señales Analógicas (UNSCALE)- FC106**

Este bloque es utilizado para hacer un escalado a partir de valores (generalmente variables de ingeniería) a otro formato de tipo analógico. Generalmente utilizado para convertir datos físicos a datos o registros de tipo analógico de salida de un PLC.

### **6.5.5 Bloque de Función de Temporizador de Retardo a la Conexión (TON)- SFB4**

Este bloque contiene la función que controla un bloque temporizador de tipo TON.