

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL CONTROL DEL PROCESO DE  
TRATAMIENTO Y SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE  
DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCION DE AGUA DE UNA FABRICA DE  
BEBIDAS GASEOSAS”

### **INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRONICA Y  
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Presentada por:

**Benito Salvador Díaz Peña**

**Andrés Gonzalo Galarza Espinosa**

Guayaquil – Ecuador

2013

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento infinito a Dios y a nuestras familias quienes nos ayudaron a fortalecer nuestro carácter sembrándonos una perspectiva de vida mucho más amplia, a su infinito apoyo incondicional durante todo el trayecto académico. A nuestro Director de Proyecto el MSc. Efrén Herrera Muentes por su dedicado apoyo. A todos los docentes que con gran esmero nos impartieron su valioso conocimiento. A todos quienes compartieron junto a nosotros a lo largo de nuestra vida universitaria las muchas experiencias con el objetivo de ir forjando nuestra vida personal y profesional.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a mis padres los principales precursores de ese logro. La inmensa esperanza puesta en mí ha sido el motor impulsor de cada paso acertado a lo largo de mi vida.

**Andrés Gonzalo Galarza Espinosa**

A mi madre que me ha dado el ejemplo de perseverar, ella es la persona que me motiva a seguir siempre para adelante.

**Benito Salvador Díaz Peña**

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

PhD. Boris Vintimilla Burgos

SUB-DECANO DE LA FIEC

---

MSc. Efrén Herrera Muentes

DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

---

MSc. Carlos Salazar López

MIEMBRO PRINCIPAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Andrés Gonzalo Galarza Espinosa

---

Benito Salvador Díaz Peña

## RESUMEN

El presente proyecto se enfoca en el diseño de un sistema de presión constante para el sistema de distribución de agua para los procesos de una planta de bebidas gaseosas, la misma que se ha visto afectada por el aumento de consumo acelerado de agua en los diferentes procesos y por ende la pérdida de presión de trabajo necesaria en cada línea de trabajo.

El objetivo principal de nuestro proyecto constituye en desarrollar el sistema control que comande el proceso de tratamiento de agua con la correspondiente incorporación del sistema regulación de presión (PID) para lograr la estabilidad y fiabilidad de los procesos de planta.

Para cumplir el objetivo perseguido la metodología empleada consiste en utilizar un PLC con sus respectivos Módulos E/S digitales y análogos, cinco variadores de frecuencia que comanden los motores de las bombas, una HMI que nos permita acceder y monitorear los parámetros de control y variables del sistema y la implementación de una red profinet. Todos estos equipos han sido dimensionados según las características requeridas para el desarrollo del sistema propuesto. La programación desarrollada en el PLC nos permitirá interactuar con las variables de campo para mantener constante la presión de agua del sistema.

Finalmente se espera que el diseño propuesto pueda contribuir a un proceso más estable, a la disminución de tiempos improductivos, perdidas de producción por paros imprevistos.

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	I
DEDICATORIA .....	II
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	III
DECLARACIÓN EXPRESA .....	IV
RESUMEN .....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ABREVIATURAS .....	XII
SIMBOLOGÍA .....	XV
ÍNDICE DE PLANOS .....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXII
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....	1
1.1    DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	1
1.1.1    DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL.....	2
1.1.2    PROBLEMÁTICA ACTUAL .....	3
1.2    DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO PROPUESTO .....	4
1.3    ALCANCES DEL PROYECTO PROPUESTO .....	6
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....	7
2.1    SISTEMAS DE PRESIÓN CONSTANTE.....	7
2.2    TEORÍA DE CONTROL .....	13

2.2.1	CONTROL A LAZO ABIERTO .....	13
2.2.2	CONTROL A LAZO CERRADO .....	16
2.2.3	CONTROLADORES PID.....	17
	INTRODUCCIÓN .....	17
	PARÁMETROS DE CONTROL.....	18
	ACCIONES DE CONTROL .....	20
	SINTONIZACIÓN DE UN CONTROL PID.....	23
CAPÍTULO 3: EQUIPOS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN		
NECESARIOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DEL		
PROCESO.....		
	26	
3.1	EQUIPOS DE CONTROL.....	26
3.1.1	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	27
3.1.2	FUENTE DC.....	29
3.1.3	MODULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES.....	29
3.1.4	MODULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALOGAS.....	30
3.1.5	PANTALLA DE INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA .....	31
3.1.6	SWITCH DE COMUNICACIÓN.....	32
3.1.7	INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN .....	33
3.1.8	VARIADORES DE VELOCIDAD .....	36
3.2	EQUIPOS DE INSTRUMENTACIÓN.....	38
3.2.1	TRANSMISORES.....	38
	TRANSMISORES DE PRESIÓN .....	38

3.2.2	VÁLVULAS.....	40
	VÁLVULAS MANUALES.....	41
3.2.3	COMPONENTES DE VISUALIZACIÓN.....	41
	MANÓMETROS.....	43
3.3	REDES DE COMUNICACIÓN.....	43
	3.3.10 RED DE COMUNICACIÓN ETHERNET.....	44
CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL Y FUERZA.....		48
4.1	REQUERIMIENTO DEL SISTEMA.....	48
	4.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	48
	4.1.2 LISTA DE ENTRADAS Y SALIDAS REQUERIDAS PARA EL.....	
	PLC.....	50
	4.1.3 LISTA DE COMPONENTES DEL SISTEMA.....	50
4.2	ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL.....	53
4.3	DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	53
	4.3.1 EQUIPOS DE CONTROL.....	53
	4.3.2 EQUIPOS DE INSTRUMENTACIÓN.....	61
	4.3.3 EQUIPOS DE ACCIONAMIENTO DE MOTOR.....	64
4.4	DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE ACOMETIDAS Y CANALIZACIONES DE CONTROL Y FUERZA.....	88
4.5	HERRAMIENTAS DE SOFTWARE.....	110
	4.5.1 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL PLC – S7-1200.....	110

4.6	PROGRAMACIÓN.....	112
4.6.1	PROGRAMACIÓN DEL PLC .....	112
4.6.2	PROGRAMACIÓN DE PANTALLAS – SISTEMA SCADA .....	112
4.7	DISEÑO DE DIAGRAMAS DEL SISTEMA.....	113
4.7.1	DIAGRAMA ESQUEMATICO.....	113
4.7.1	DIAGRAMA P&ID.....	113
4.7.3	DIAGRAMA UNIFILAR.....	113
4.7.4	DIAGRAMA DE CONTROL.....	114
4.7.5	DIAGRAMA DE FUERZA.....	114
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	115
	BIBLIOGRAFIA.....	118
	ANEXOS.....	120

## ABREVIATURAS

AC	Alternating current
AI	Analog input
AO	Analog output
CM	Comunication module
CPU	Central processing unit
CSM	Control switch module
CU	Control Unit
DC	Direct current
DI	Digital input
DO	Digital output
DV	Desviation Variables (Perturbaciones)
E	Error estacionario
FBD	Funtion block diagram
HMI	Human machine interface
Hz	Hertz
IEC	International Electrotechnical Commission
IL	Intruccion list
Kp	Proportional Gain
LD	Ladder diagram
LIC	Level indicator control

mA	Miliampere
MLFB	Referencia de productos SIEMENS
MT	Metros
NEC	National Electric Code
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NFPA	National Fire Protection Association
P	Controller Output
P	Proportional
PI	Proportional integral
PIC	Pressure indicator control
PID	Proportional integral derivative
PLC	Programmable Logic controller
PM	Power Module
PN	Profinet
PT	Pressure transmitter
PV	Process value
SCADA	Supervisory control and data adquisition
SCR	Silicon Controlled Rectifier
SFC	Sequential function chart
SM	Signal Module
SP	Setpoint
ST	Structural text

SV	Speed variable
Td	Derivative time
Ti	Integral time
UL	Underwriters Laboratories
VFD	Variable frequency drive

## SIMBOLOGÍA

$e(t)$	Señal de error
$K_p$	Ganancia proporcional
$T_i$	Constante de tiempo integral
$T_d$	Constante de tiempo derivativa
$u(t)$	Salida del controlador
$C_p(S)$	Función de transferencia control proporcional
$C_i(S)$	Función de transferencia control integral
$C_{PI}(S)$	Función de transferencia control proporcional-integral
$C_{PD}(S)$	Función de transferencia control proporcional-derivativo
$C_{PID}(S)$	Función de transferencia control proporcional–integral-derivativa
$h$	Altura de la columna de líquido
$\rho$	Densidad de Flujo
$g$	Aceleración gravitacional
$p$	Presión hidrostática
$t$	Tiempo
$I_b$	Corriente del breaker
$I_c$	Corriente del conductor
$I_n$	Corriente del nominal
$v_{L-L}$	Voltaje línea - línea

$\Delta V$	Caída de tensión
$R_{ac}$	Resistencia en corriente alterna
$L$	Longitud del conductor

## ÍNDICE DE PLANOS

- Plano No. 4.1. Arquitectura del sistema de control – Anexo 2.
- Plano No. 4.2. Diagrama esquemático – Anexo 12.
- Plano No. 4.3. Diagrama P&ID – Anexo 13.
- Plano No. 4.4. Diagrama unifilar – Anexo 14.
- Plano No. 4.4.1 Diagrama unifilar 1.
- Plano No. 4.5.2 Diagrama unifilar 2.
- Plano No. 4.5. Diagrama de control – Anexo 15.
- Plano No. 4.5.1 Diagrama de control - Distribución 110VAC.
- Plano No. 4.5.2 Diagrama de control - Distribución 24VDC.
- Plano No. 4.5.3 Diagrama de control - Ventilación, alarma e iluminación de TAB.
- Plano No. 4.5.4 Diagrama de control - Arranques directos.
- Plano No. 4.5.5 Diagrama de control - Arranques directos.
- Plano No. 4.5.6 Diagrama de control - Arranadores soft starter.
- Plano No. 4.5.7 Diagrama de control - Variadores de velocidad.
- Plano No. 4.5.8 Diagrama de control - Variadores de velocidad.
- Plano No. 4.5.9 Diagrama de control - Variadores de velocidad.
- Plano No. 4.5.10 Diagrama de control - Estructura PLC.
- Plano No. 4.5.11 Diagrama de control de HMI.
- Plano No. 4.5.12 Diagrama de control - Entradas discretas 1.
- Plano No. 4.5.13 Diagrama de control - Entradas discretas 2.
- Plano No. 4.5.14 Diagrama de control - Entradas discretas 3.

Plano No. 4.5.15 Diagrama de control - Entradas discretas 4.

Plano No. 4.5.16 Diagrama de control - Salidas discretas 1.

Plano No. 4.5.17 Diagrama de control - Salidas discretas 2.

Plano No. 4.5.18 Diagrama de control - Salidas discretas 3.

Plano No. 4.5.19 Diagrama de control - Entradas análogas.

Plano No. 4.6 Diagrama de fuerza – Anexo 16.

Plano No. 4.6.1 Diagrama de fuerza 1.

Plano No. 4.6.2 Diagrama de fuerza 1.

Plano No. 4.6.3 Diagrama de fuerza 1.

Plano No. 4.6.4 Diagrama de fuerza 1.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.- Esquema actual del sistema de tratamiento de agua para línea de producción .....	3
Figura 2.1. Sistema de control a lazo abierto.....	13
Figura 2.2. Sistema de control a lazo cerrado.....	16
Figura 2.3. Controlador PID .....	17
Figura 2.4. Acción proporcional .....	18
Figura 2.5. Acción Integral .....	19
Figura 2.6. Acción Derivativa .....	20
Figura 3.1.- PLC modular.....	27
Figura 3.2.- CPU compacta .....	28
Figura 3.3.- Fuente DC .....	29
Figura 3.4.- Módulo de expansión.....	30
Figura 3.5.- Módulo de expansión analógico .....	30
Figura 3.6.- HMI .....	31
Figura 3.7.- Switch Ethernet .....	33
Figura 3.8.- Variador de velocidad.....	36
Figura 3.9.- Transmisor de presión .....	40
Figura 3.10.- Válvula manual .....	41
Figura 3.11.- Manómetro .....	43
Figura 3.12.- Estructura jerárquica de la comunicación industrial.....	44

Figura 3.13.- Conexión Bus .....	45
Figura 3.14.- Conexión anillo .....	46
Figura 3.15.- Conexión árbol.....	47
Figura 4.1.- PLC SIEMES S7-1200.....	54
Figura 4.2.- Diagrama de cableado CPU 1214C.....	54
Figura 4.3.- SM 1221 DI 16 X 24 VDC.....	56
Figura 4.4.- SM 1222 DQ 8 X RELE .....	58
Figura 4.5. - SM 1231 AI 4 X 13 BITS.....	59
Figura 4.6.- Pantalla KTP 600 color PN .....	60
Figura 4.7.- Transmisor de presión .....	62
Figura 4.8.- Esquema eléctrico de un arranque directo .....	64
Figura 4.9.- Muestra la elevación de la corriente y torque en el arranque directo .....	65
Figura 4.10.- Esquema eléctrico de un arranque estrella – triangulo.....	67
Figura 4.11.- Muestra el torque y la corriente en el arranque estrella - triangulo .....	68
Figura 4.12.- Muestra las curvas de torque y corriente de un arranque suave .....	70
Figura 4.13.- Variador Sinamics G120.....	72
Figura 4.14.- Software de integración SIEMENS TIA PORTAL .....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1.- Lista de componentes de automatización.....	51
Tabla 4.2.- Lista de componentes de accionamientos de motores .....	52
Tabla 4.3.- Lista de componentes de instrumentación.....	52
Tabla 4.4.- Asignacion de pines de conectores para CPU 1214C AC/DC/RELE .....	55
Tabla 4.5.- Datos técnicos de módulos de entradas digitales .....	57
Tabla 4.6.- Asignación de pines de conectores para SM 1221 DI 16 x 24 VDC .....	57
Tabla 4.7.- Tabla de asignación de pines para SM 1222 DQ 8 X RELE.....	59
Tabla 4.8.- Datos técnicos de pantalla táctil KTP 600 Color PN.....	61
Tabla 4.9.- Datos técnicos de transmisor de presión .....	63

# INTRODUCCIÓN

A medida que crece la demanda o producción de un proceso los sistemas necesitan ser repotenciados total o parcialmente para cumplir con las necesidades de la producción.

En este caso una de las fábricas de bebidas gaseosas del país ha aumentado el número de máquinas en su línea de producción incurriendo en el incremento de la demanda de agua para sus procesos, los cuales necesitan tener una presión de agua constante para que las máquinas funcionen correctamente.

Para soportar este requerimiento la empresa ha repotenciado la línea de distribución de agua con la incorporación de nuevos equipos y una nueva línea de filtrado. Por lo antes mencionado el proyecto que se presenta propone el diseño del control del proceso de tratamiento y sistema de presión constante de la línea de distribución,

En el capítulo uno se da una breve descripción del sistema actual y su problemática, el enfoque que se realizará para la realización del mismo y finalmente se explican los lineamientos y alcance del proyecto.

En el capítulo dos se detalla información sobre la teoría de control, tipos de controladores, sistemas de presión constante y los conceptos necesarios para el entendimiento sobre el cual se basa el desarrollo del sistema de control propuesto.

En el capítulo tres se detalla de manera más precisa la clase de equipos tanto de automatización y control, comunicación e instrumentación a utilizarse, sus características y funcionalidad.

Finalmente en el capítulo 4 se realiza el dimensionamiento de los equipos, acometidas y canalizaciones eléctricas bajo criterios y normativas, así como también se describen los diagramas en los cuales se sustenta el diseño propuesto.

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

### **1.1 Descripción general del Proyecto**

El presente proyecto se enfoca en el diseño eléctrico de fuerza y control del proceso de tratamiento y sistema de presión constante del agua de consumo para el proceso de una planta de bebidas gaseosas, para ello se han utilizado instrumentos de medición que permitan importar las variables de campo necesarias para comandar los actuadores que regulan el proceso.

## 1.2 Descripción del sistema actual

La planta de tratamiento de agua está conformada por un “TANQUE CISTERNA” que almacena el agua suministrada por la red pública. En la descarga del mismo se acoplan 5 bombas eléctricas de 4 Hp que envían agua al “TANQUE REACTOR” donde se inyectan productos químicos como cal y cloro. En esta etapa los flóculos biológicos producidos se sedimentan al fondo del tanque. El agua del tanque reactor se suministra por rebose hasta un nuevo reservorio llamado “TANQUE EQUILIBRIO”. En este punto 3 bombas eléctricas de 10 hp son las encargadas de distribuir el líquido hacia la etapa de filtración para la retención y eliminación posterior de partículas livianas que no lograron sedimentarse en el tanque reactor. Los motores de las bombas son comandadas por variadores de frecuencia quienes se encargan de regular la presión del sistema variando su velocidad.

El sistema de filtración está compuesto por 3 baterías independientes: Filtro de arena, filtro de carbón y filtro de 5 micras.

Finalmente, el agua llega al manifold de distribución principal donde se encuentra instalado un transductor de presión el cual toma la lectura de la presión del sistema y la transmite al PLC del tablero de control del proceso. El esquema del proceso se representa en la Figura 1.1.

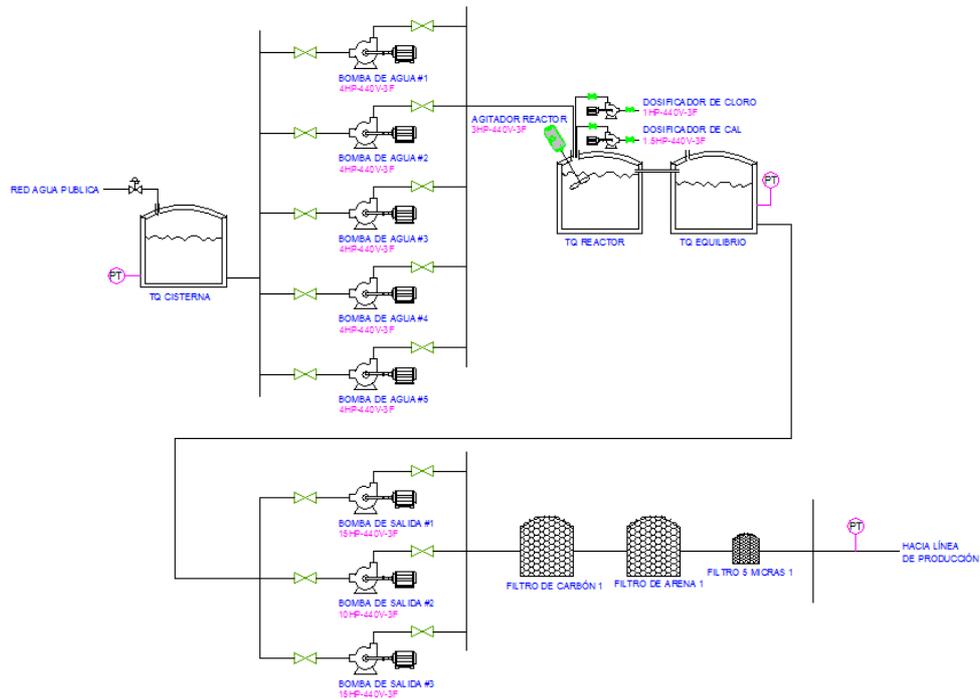


Figura 1.1.- Esquema actual del sistema de tratamiento de agua para línea de producción

### 1.3 Problemática Actual

Las máquinas envasadoras de bebidas de la planta necesitan una presión de agua para su correcto funcionamiento (presión de trabajo). Debido al alto consumo demandado por los diversos procesos, la presión de agua del sistema de distribución se ha visto afectada ocasionando tiempos muertos y pérdidas de producción afectando la normal operación de los mismos.

Por otro lado, las bombas han sobrecargado su operación ya que están sub dimensionadas con respecto a las condiciones actuales de trabajo, provocando prolongados tiempos de parada para su mantenimiento.

Los equipos de control que comandan la operación del proceso han perdido fiabilidad ya que sus componentes en su mayoría presentan averías por su mal estado y prolongado tiempo de vida conllevando tiempos improductivos. Por otro lado los instrumentos convencionales de medición han perdido precisión en sus lecturas reflejando falsas interpretaciones.

#### **1.4 Descripción General del Proyecto Propuesto**

Ya que al sistema fue repotenciado con la adición de una nueva línea de tratamiento de agua, se ha propuesto la modificación del sistema de control vigente para desarrollar un sistema de control de presión constante el cual permitirá mantener constante la presión del sistema en todos los puntos de demanda.

La nueva línea incorporada incluye la instalación de un tanque Reactor y un tanque de equilibrio adicional para una operación en paralelo con el objetivo de lograr mayor desempeño y rapidez en el tratamiento del agua

para los procesos de planta. Sus características son similares a la línea 1 con la excepción de que los motores de entrada y salida son dos de 15 HP.

En resumen general la repotenciación del sistema incluye los siguientes elementos:

- Tanque reactor (100 metros cúbicos)
- Tanque equilibrio (100 metros cúbicos)
- Filtro de arena (25 metros cúbicos)
- Filtro de carbón (25 metros cúbicos)
- Filtro de 5 micras
- Sustitución de los motores de entrada de la línea 1 (4 motores de 4 Hp por 3 motores de 7.5 Hp)
- Sustitución de los motores de salida de la línea 1 (3 motores de 10 Hp por 3 motores de 15 Hp)
- Repotenciación del tablero de control y fuerza
- Incorporación de una red profinet que comandará la operación de los variadores de frecuencia de los motores de las bombas de salida.

### 1.5 Alcances del Proyecto Propuesto

La propuesta del proyecto se orienta en la automatización y control de presión constante del sistema de distribución de agua cuyos componentes principales las conforman las cinco bombas de agua a la salida de los tanques equilibrio de las líneas 1 y 2 respectivamente como lo muestra el **anexo 12**.

Para ello, el nuevo tablero eléctrico incorporara un PLC de mayor prestación, una pantalla táctil para visualización y parametrización. Por medio del PLC se establecerá un lazo de control PID el cual comandara los variadores de velocidad de los motores de las bombas en la descarga de los tanques equilibrio para regular la presión. La variable de retroalimentación proviene del transductor de presión instalado en el manifold de distribución.

Adicionalmente se incluirá los arrancadores y el control para las bombas de distribución de agua a los tanques reactores, los agitadores, dosificadores de cal y de cloro. Además se controlara el nivel del tanque cisterna y los tanques equilibrio.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

#### **2.1 Sistemas de Presión Constante**

Son aquellos sistemas de bombeo en donde se suministra agua a una red de consumo, mediante unidades de bombeo que trabajan directamente contra una red cerrada.

Los sistemas de presión constante son desarrollados a base de bombeo a velocidad variable, que suministra agua a presión constante ante cualquier demanda de caudal. Esto se logra de manera óptima modificando la velocidad de las bombas a través de un control realimentado de la presión de salida

Los sistemas de bombeo a presión constante se clasifican en dos grupos principales, a saber:

Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad fija.

Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad variable.

### **Sistema de Bombeo contra red cerrada a velocidad fija**

Son aquellos sistemas en donde dos o más bombas trabajan en paralelo a igual velocidad del motor para cubrir demandas de consumo instantáneo de la red servida. Un nombre más apropiado para estos sistemas sería el de "SISTEMAS DE BOMBEO CONTINUO A VELOCIDAD FIJA".

A pesar de lo anteriormente expuesto, estos sistemas se convierten en SISTEMAS DE PRESIÓN CONSTANTE con el uso de válvulas reguladoras, que son usadas cuando en la red se requiere en verdad, una presión uniforme. En estos sistemas el funcionamiento aditivo de las bombas se afecta mediante los diferentes métodos de registrar la demanda en la red; lo cual sirve además para clasificarlos:

**Sistemas con sensor de presión**

En estos sistemas el funcionamiento aditivo de las unidades de bombeo se acciona por señales recibidas de sensores de presión colocados en la red que encienden y apagan las bombas.

**Sistemas con sensor diferencial de presión**

Estos tipos de sistemas incorporan una placa de orificio, tubo Venturi, inserto corto o cualquier otro medidor de caudal que acciona un presostato diferencial para lograr un funcionamiento aditivo de las bombas.

**Sistemas con medidores de caudal hidrodinámicos ( $V^2/2 \cdot g$ )**

Son sistemas que incorporan rotámetros, tubos pilotos o cualquier otro medidor hidromecánico de velocidad; a este grupo específico pertenece el PACOMONITOR, siendo entre todos los grupos el más sencillo y práctico.

**Sistemas con medidores de caudal electromagnético**

Son sistemas que registran el caudal por medio de la inducción de un campo, producido por la velocidad de la masa de agua pasante, el

medidor crea una resistencia que es registrada por un traductor que da las señales de encendido y apagado de las bombas.

### **Sistemas de bombeo contra red cerrada a velocidad variable**

Son aquellos sistemas en los cuales la unidad de bombeo varía su velocidad de funcionamiento en razón al caudal de demanda de la red, mediante el cambio de velocidad en el impulsor de la bomba que se logra de diferentes formas, las cuales sirven a su vez para clasificarlos en:

#### **Variadores de velocidad por medio de motores de inducción**

El motor es el denominado Tipo Escobillas y en él se usa un sensor de presión y/o caudal con un traductor que hace que el voltaje varíe en los secundarios y por ende varíe la velocidad de funcionamiento.

#### **Variadores de velocidad por medio de rectificadores de silicón**

En este caso se usan motores normales en jaula de ardilla y un sensor electrónico de presión y/o caudal, que por intermedio de un traductor hace que el circuito rectificador de S.R.C. varíe el ciclo de la onda de C.A., variando por ende la velocidad de motor.

**Variadores de velocidad por medio de moto-variadores mecánicos**

La velocidad de la bomba es regulada por un moto-variador que consta de un motor estándar acoplado a una caja variadora de velocidad, integrada por un juego de correas en " V " que corre sobre poleas de diámetro variable, accionándose el conjunto por un mecanismo electromecánico que recibe una señal de un sensor de presión y/o caudal.

**Variadores de velocidad por medio de moto-variadores eléctricos**

En este tipo de sistemas se usa un variador electromagnético que consta generalmente de un motor de tipo jaula de ardilla, que mueve un electroimán que es excitado por una corriente secundaria de una intensidad proporcional a la presión y/o caudal registrados en la red que arrastra o no, a mayor o menor velocidad el lado accionado, donde generalmente se encuentra la unidad de bombeo.

**Variadores de velocidad por medio de moto-variadores hidráulicos**

Este consta generalmente, de un motor de tipo jaula de ardilla, que acciona un acoplamiento hidráulico, en donde un mecanismo hidráulico mecánico regula la velocidad de salida, (accionamiento de la bomba) en forma proporcional a la presión de la red, por medio de la cantidad de fluido que suministra el acople hidráulico.

Los mecanismos utilizados para registrar presión y/o caudal en este tipo de sistema son similares a los especificados para los sistemas a velocidad constante. En el caso de sistemas con más de una bomba, el funcionamiento aditivo se afecta teniendo cuidado en bloquear la unidad en turno de funcionamiento a su velocidad máxima y variándola en la bomba que entra en servicio auxiliar, también se logra arrancando adicionalmente una bomba a velocidad fija y bajando al mínimo la velocidad en el variador.

En la práctica, los sistemas de velocidad variable se justifican solo en redes con amplios rangos de fluctuación de caudal y valores de fricción altos, ya que como en las bombas centrífugas la presión de descarga es razón cuadrática a la velocidad de funcionamiento, es muy poca, (5% o menos), la variación de velocidad y el posible ahorro de consumo eléctrico se diluyen en las pérdidas de rendimiento de los mecanismos variadores de velocidad, salvo en el caso de los rectificadores de silicón que parecen ser los más confiables y modernos en la actualidad; su aplicación solo está limitada por los altos costos de adquisición de sus componentes

## 2.2 Teoría de Control

Todos los sistemas de control automático se basan en el principio de retroalimentación llamado feedback, y consiste en un elemento primario de medición que mide el valor de una variable, este valor es comparado dentro de un controlador con el valor deseado que ha sido ajustado previamente y que es llamado setpoint.

Cualquier diferencia entre el punto de ajuste y el valor de la variable del proceso ocasiona que el controlador envíe una señal al elemento final de control para que el proceso quede en el valor deseado. Cada vez que la señal recorre el circuito completo, el error se va reduciendo hasta llegar a ser practicante cero.

### 2.2.1 Control a Lazo Abierto

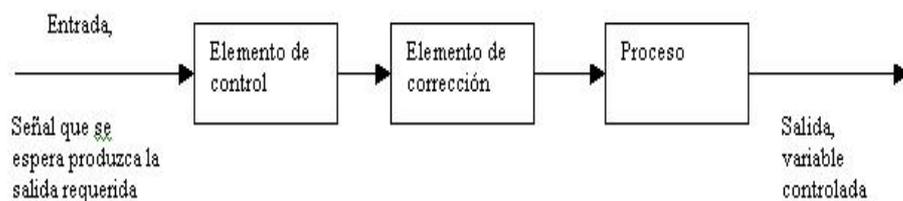


Figura 2.1. Sistema de control a lazo abierto

Los sistemas en los cuales la variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control) se denominan sistemas de control a lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control a lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada (ver Figura 2.1)

En cualquier sistema de control a lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control a lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto solo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. Obsérvese que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo en lazo abierto. Por ejemplo, el control de tráfico mediante señales operadas con una base de tiempo es otro ejemplo de control en lazo abierto.

**Ventajas:**

- Construcción simple y facilidad de mantenimiento.
- Menos costosos que el correspondiente sistema de control a lazo cerrado
- No hay problemas de estabilidad
- Convenientes cuando la salida es difícil de medir o cuando medir la salida de manera precisa no es económicamente viable.

**Desventajas:**

- Las perturbaciones y los cambios en la calibración originan errores, y la salida puede ser diferente a lo que se desea.
- Para mantener la calidad requerida en la salida, es necesaria la recalibración de vez en cuando.

## 2.2.2 Control a Lazo Cerrado

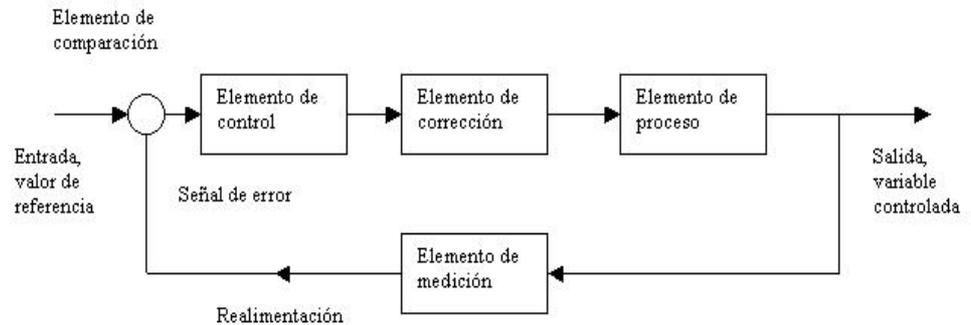


Figura 2.2. Sistema de control a lazo abierto

El control a lazo cerrado se caracteriza porque existe una retroalimentación a través de los sensores desde el proceso hacia el sistema de control, que permite a este último conocer si las acciones ordenadas por los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso. Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control a lazo cerrado (ver Figura 2.2). En la práctica, los términos de control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término de control a lazo cerrado

siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.

### 2.2.3 Controladores PID

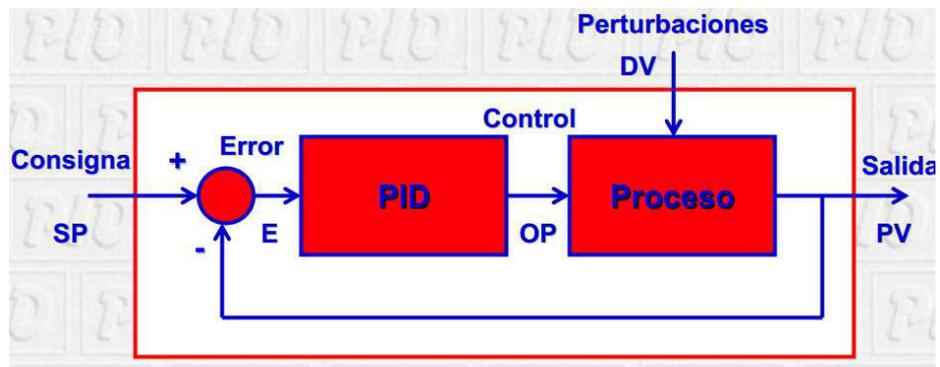


Figura 2.3. Controlador PID

#### Introducción

El controlador PID (Proporcional, Integral y Derivativo) es un controlador realimentado cuyo propósito es hacer que el error en estado estacionario, entre la señal de referencia y la señal de salida de la planta, sea cero de manera asintótica en el tiempo, lo que se logra mediante el uso de la acción integral tal como lo muestra la Figura 2.3. Además el controlador tiene la capacidad de anticipar el futuro a través de la acción derivativa que tiene un efecto predictivo sobre la salida del proceso.

El controlador PID, es el algoritmo de control más común. Numerosos lazos de control utilizan este algoritmo, que puede ser implementado de diferentes maneras: como controlador stand-alone, como parte de un paquete de control digital directo o como parte de un sistema de control distribuido

### Parámetros de control

Entre los parámetros de control podemos citar los siguientes:

#### Ganancia Proporcional ( $K_p$ )

Es la constante de proporcionalidad en la acción de control proporcional. Ver Figura 2.4

Si  $K_p$  es pequeña, entonces, acción proporcional pequeña

Si  $K_p$  es grande, entonces, acción proporcional grande

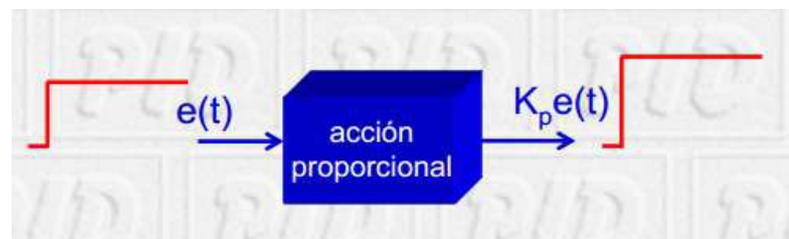


Figura 2.4. Acción proporcional

### Constante de Tiempo Integral ( $T_i$ )

El tiempo requerido para que la acción integral contribuya a la salida del controlador en una cantidad igual a la acción proporcional. Ver Figura 2.5.

Si  $T_i$  es pequeña, entonces, acción integral grande

Si  $T_i$  es grande, entonces, acción integral pequeño

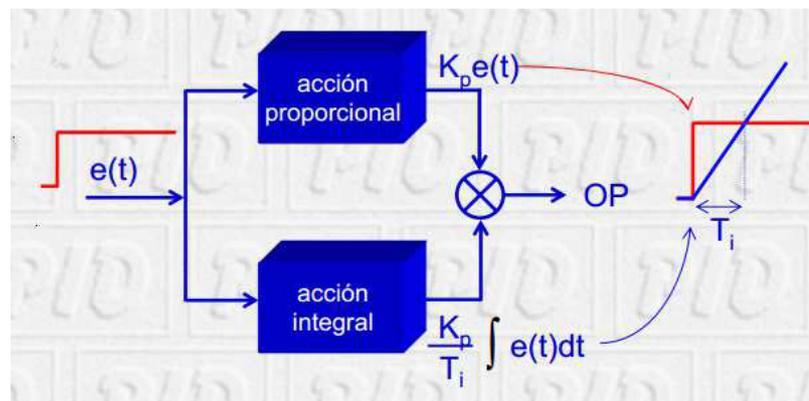


Figura 2.5. Acción Integral

### Constante de Tiempo derivativa ( $T_d$ )

El tiempo requerido para que la acción proporcional contribuya a la salida del controlador en una cantidad igual a la acción derivativa. Ver Figura 2.6.

$T_d$  pequeño, entonces, acción derivativa pequeña

$T_d$  grande, entonces, acción derivativa grande

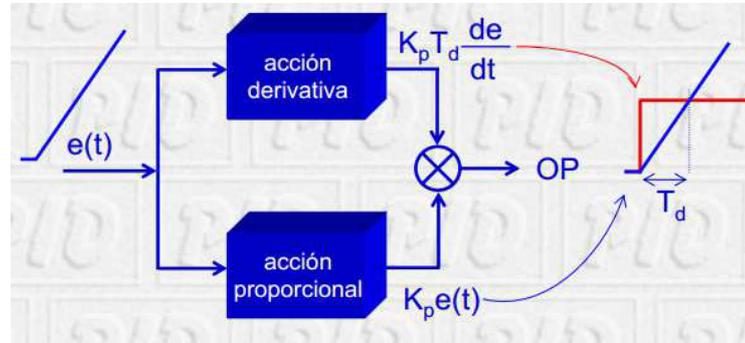


Figura 2.6. Acción Derivativa

## Acciones de Control

### Acción proporcional (P)

$$\mu(t) = K_P * e(t) \quad C_P(S) = K_P \quad (2.1)$$

La acción de control da una salida de controlador que es proporcional al error, donde  $K_p$  es una ganancia proporcional ajustable. La señal  $u(t)$  tiene un valor diferente de cero cuando la señal del error  $e(t)$  es cero. Por lo que se concluye que dada una referencia constante, o perturbaciones, el error de régimen permanente es cero. Un controlador proporcional puede controlar cualquier planta estable, pero posee desempeño limitado y error en régimen permanente (off-set).

### Acción Integral (I)

$$\mu(t) = K_i * \int_0^t e(\tau) d\tau \quad C_i(S) = \frac{K_i}{S} \quad (2.2)$$

La función principal de la acción integral es asegurar que la salida del proceso concuerde con la diferencia en estado estacionario. Con el controlador proporcional, normalmente existiría un error en estado estacionario. Con la acción integral, un pequeño error positivo siempre producirá un incremento en la señal de control y, un error negativo siempre dará una señal decreciente sin importar cuán pequeño sea el error.

### Acción Proporcional – Integral (PI)

Se define mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2.3)$$

Donde  $T_i$  se denomina tiempo integral y es quien ajusta la acción  
 Donde  $T_i$  se denomina tiempo integral y es quien ajusta la acción  
 integra. La función de transferencia resulta:

$$C_{PI}(s) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (2.4)$$

Con un control proporcional, es necesario que exista un error para tener una acción de control distinta de cero. Con acción integral, un error pequeño positivo siempre nos dará una acción de control

creciente, y si fuera negativo la señal de control será decreciente, por lo tanto el error de estado estacionario siempre será cero.

### **Acción Proporcional – Derivativa (PD)**

Se define mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.5)$$

Donde  $T_d$  es una constante denominada tiempo derivativo. Esta acción tiene carácter de previsión, lo que hace más rápida la acción de control, aunque tiene la desventaja importante que implica las señales de ruido y puede provocar saturación en el actuador. La acción de control derivativa nunca se utiliza por sí sola, debido a que solo es eficaz durante periodos transitorios. La función de transferencia de un controlador PD resulta:

$$C_{PD}(s) = K_p + sK_p T_d \quad (2.6)$$

Cuando una acción de control derivativa se agrega a un controlador proporcional, permite obtener un controlador de alta sensibilidad, es decir que responde a la velocidad del cambio del error y produce una corrección significativa antes de que la magnitud del error se vuelva demasiado grande.

### **Acción Proporcional – Integral - Derivativa (PID)**

Esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las tres acciones individuales. La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.7)$$

Y su función de transferencia resulta:

$$C_{PID}(s) = K_p + \left( 1 + \frac{1}{T_i(s)} + T_d(s) \right) \quad (2.8)$$

### **Sintonización de un control PID**

La sintonización de los controladores PID consiste en la determinación del ajuste de sus parámetros ( $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ), para lograr un comportamiento del sistema de control aceptable y robusto de conformidad con algún criterio de desempeño establecido para poder realizar sintonización de los controladores, primero debe identificarse la dinámica del proceso, y a partir esta determinar los parámetros del controlador utilizando el método de control seleccionado.

Los métodos de sintonización normalmente se dividen en: métodos de lazo abierto y métodos de lazo cerrado.

### **Método de lazo abierto**

El controlador cuando está instalado operara manualmente produciendo un cambio escalón a la salida del controlador se obtiene la curva de reacción del proceso, a partir de la cual se identifica un modelo para el mismo, usualmente de primer orden más tiempo muerto. Este modelo es la base para la determinación de los parámetros del controlador.

### **Métodos de lazo cerrado**

El controlador opera automáticamente produciendo un cambio en el valor deseado se obtiene información del comportamiento dinámico del sistema para identificar un modelo de orden reducido para el proceso, o de las características de oscilación sostenida del mismo, para utilizarla en el cálculo de los parámetros del controlador.

Entre los métodos más empleados tenemos:

Ziegler y Nichols (Oscilaciones sostenidas)

Tyreus y Luyben

Cohen y Coon

Lopez et al

Kaya y Sheib

Sung et al

## **CAPÍTULO 3**

### **EQUIPOS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN NECESARIOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO**

#### **3.1 Equipos de control**

Los equipos de control y comunicación necesarios para establecer el mecanismo de supervisión y gestión del proceso van a establecer una estructura que asegure la estabilidad y capacidad de crecimiento e incorporación de otros procesos adicionales.

### 3.1.1 Controlador Lógico Programable

Un controlador lógico programable (Programmable Logic Controller PLC) es un dispositivo electrónico, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como: lógica, secuencias, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas), para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos.



Figura 3.1.- PLC modular

Los elementos que contiene un PLC son:

- Unidad central de proceso
- Módulos de entradas/salidas
- Módulos de entradas/salidas analógicas

- Fuente de Alimentación
- Dispositivos periféricos
- Interfaces

### **Unidad Central de Proceso**

La CPU toma las decisiones relacionadas al control de la maquina o proceso. Durante su operación, la CPU recibe entradas de diferentes dispositivos de censado y ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria para controlar los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada.



Figura 3.2.- CPU compacta

### 3.1.2 Fuente DC

La fuente de alimentación convierte altos voltajes de línea (115-230) VCA a bajos voltajes (5, 15, 24) VDC requeridos por la CPU y los módulos de entradas y salidas.



Figura 3.3.- Fuente DC

### 3.1.3 Módulos de entradas / salidas digitales

Son los componentes que permiten la recepción de señales de estado desde los elementos de campo hacia el PLC y el envío de señales de control desde el PLC hacia los elementos de campo.

Las entradas digitales transmiten los estados 0 ó 1 del proceso a la CPU, ejemplo: señal de presostato, señal de final de carrera, señal de detectores, selectores, etc.). En el caso de las salidas, la CPU determina el estado de las mismas tras la ejecución del programa y las activa o desactiva en consecuencia.



Figura 3.4.- Modulo de expansión

### 3.1.4 Módulos de entradas / salidas analógicas

Estas tarjetas leen un valor analógico e internamente lo convierten en un valor digital para su procesamiento en la CPU

Los rangos de entrada están normalizados siendo el más frecuente el rango de 4-20 mA (miliamperios) y 0-10 VDC, aunque también existen de 0-20 mA, 1-5V, 0-5V.

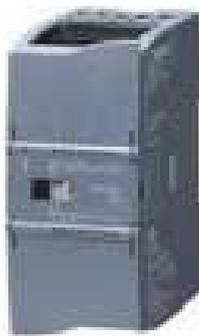


Figura 3.5.- Modulo de expansión analógico

### 3.1.5 Pantalla de Interfaz Hombre – Maquina

Una interfaz hombre – máquina o HMI (Human Machine Interface) es un dispositivo que presenta los datos a un operador y a través del cual este controla el proceso.



Figura 3.6.- HMI

#### **Funciones de un HMI**

**Monitoreo.-** Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura mas fácil de interpretar.

**Supervisión.-** Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

Alarmas.- Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.

Control.- Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites.

Historicos.- Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

### **3.1.6 Switch de comunicación**

Los switches industrial Ethernet, como componentes de red activos, admiten las distintas topologías de red: las redes pueden ser eléctricas u óptica. Se pueden diseñar en línea, estrella o anillo. Estos componentes de red activos distribuyen los datos de forma selectiva a los destinatarios correspondientes.

Además, con una red industrial se puede reaccionar de forma rápida y flexible a los requisitos del mercado y efectuar actualizaciones eficazmente y en poco tiempo. El objetivo principal es aprovechar al máximo la capacidad de la red y en consecuencia, las instalaciones y las maquinas, y minimizar los tiempos de parada de parada que pudieran ocasionarse.



Figura 3.7.- Switch Ethernet

### **3.1.7 Interfaz de programación**

El lenguaje de programación de cada PLC cambia de acuerdo al fabricante del producto. Aunque se utilizan los mismos símbolos en los distintos lenguajes, la forma de cómo crear y almacenar cambia de fabricante a fabricante, por lo tanto, la manera de cómo se interpretan las instrucciones por medio de un PLC es diferente.

No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de PLCs como los más difundidos a nivel mundial; estos son:

- Lenguaje de contactos o Ladder
- Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones)
- Diagrama de funciones

Es obvio, que la gran diversidad de lenguajes de programación da lugar a que cada fabricante tenga su propia representación, originando cierta incomodidad al usuario cuando programa más de un PLC.

### **Norma IEC 1131-3**

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolló el estándar IEC 1131, en un esfuerzo para estandarizar los Controladores Programables. Uno de los objetivos del Comité fue crear un conjunto común de instrucciones que podría ser usado en todos los PLCs. Aunque el estándar 1131 alcanzó el estado de estándar internacional en agosto de 1992, el esfuerzo para crear un PLC estándar global ha sido una tarea muy difícil debido a la

diversidad de fabricantes de PLCs y a los problemas de incompatibilidad de programas entre marcas de PLCs.

El estándar IEC 1131 para controladores programables consiste de cinco partes, una de las cuales hace referencia a los lenguajes de programación y es referida como la IEC 1131-3.

El estándar IEC 1131-3 define dos lenguajes gráficos y dos lenguajes basados en texto, para la programación de PLCs. Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.

### **Lenguajes Gráficos**

- Diagrama Ladder (LD)
- Diagrama de Bloques de Funciones (FBD)

### **Lenguajes Textuales**

- Lista de Instrucciones (IL)
- Texto Estructurado (ST)

Adicionalmente, el estándar IEC 1131-3 incluye una forma de programación orientada a objetos llamada **Sequential Function Chart (SFC)**. SFC es a menudo categorizado como un lenguaje IEC 1131-3, pero éste es realmente una estructura organizacional que coordina los cuatro lenguajes estándares de programación (LD, FBD, IL y ST). La estructura del SFC tuvo sus raíces en el primer estándar francés de **Grafcet** (IEC 848).

### 3.1.8 Variadores de velocidad

Un variador de velocidad sirve para controlar la velocidad de rotacional de un motor de corriente alterna, por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor, como muestra la figura 3.8.

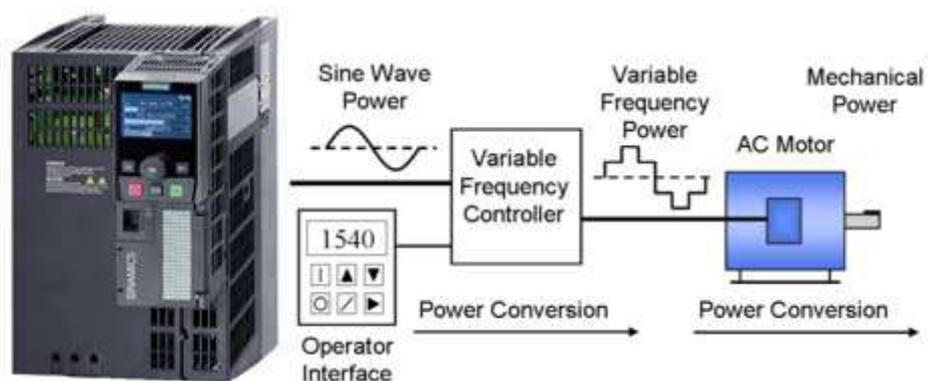


Figura 3.8.- Variador de velocidad

El control de procesos y el ahorro de la energía son dos de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad. Históricamente, los variadores de velocidad fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero.

Entre las diversas ventajas en el control del proceso proporcionadas por el empleo de variadores de velocidad destacan:

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Distintas velocidades de operación para cada fase del proceso.
- Compensación de variables en procesos variables.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control del Par motor (torque).

## **3.2 Equipos de instrumentación**

### **3.2.1 Transmisores**

Los transmisores son parte de los elementos de instrumentación que son utilizados para la medición de diferentes parámetros del proceso, es decir son componentes que envían información de estado al sistema central de control PLC, los cual bajo la lógica de programación establecida le permite tomar acciones de control o gestión sobre el proceso.

Existen diferentes tipos de transmisores dependiendo de su naturaleza de operación, que para el caso de nuestro proyecto fueron utilizados los siguientes:

#### **Transmisores de presión**

Detectan el nivel de presión al cual está sometido cualquier elemento de almacenaje o transmisión de fluidos para nuestro caso, dependiendo del tipo de fluidos pueden poseer diferentes características de fabricación ya sea para preservar su buen funcionamiento, o para no ser intrusivo a nivel químico en el tipo de fluido.

El transmisor convertirá la señal en una de tensión variable o señal de intensidad, 0 – 10V ó 4 – 20mA respectivamente. A continuación se traslada esta señal de salida mediante un conector (estandarizado) o cable al equipo controlador.

Existen varios tipos disponibles de transductores de presión:

Los transductores de tipo capacitivo actúan como un condensador en el que una placa del condensador es una membrana sensible a la presión, debido a que la distancia que existe entre las placas del condensador es variable, también lo es su capacidad.

Los transductores extensiométricos se disponen como conductores de gran longitud que siguen un patrón en zigzag. Cuando se comprimen o se estiran, su área transversal cambia y con ello su resistencia.

Los sensores de presión piezoeléctricos convierten la presión en una señal eléctrica cuando se comprimen.



Figura 3.9.- Transmisor de presión

### 3.2.2 Válvulas

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico o electromecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

El buen funcionamiento de un sistema de cañerías depende en gran parte de la elección adecuada y de la ubicación de las válvulas que controlan y regulan la circulación de los fluidos en la instalación.

Podemos clasificar las válvulas de acuerdo a su diseño y su composición química (material). Los principales y más conocidos

tipos de válvulas son: compuerta, mariposa, bola, globo, retención, diafragma.

### **Válvulas manuales**

Las Válvulas accionadas manualmente son las más sencillas, deben de ser manipuladas por el operador de planta con la mano, por esta misma razón deben de ser accesibles y, normalmente, la acción no se realiza con mucha frecuencia ya que el proceso no lo requiere.



Figura 3.10.- Válvula manual

### **3.2.3 Componentes de Visualización**

En física, química e ingeniería, un instrumento de medición es un aparato que se usa para comparar magnitudes físicas mediante un proceso de medición. Como unidades de medida se utilizan

objetos y sucesos previamente establecidos como estándares o patrones y de la medición resulta un número que es la relación entre el objeto de estudio y la unidad de referencia. Los instrumentos de medición son el medio por el que se hace esta conversión.

### **Características de un instrumento**

Las características importantes de un instrumento de medida son:

**Precisión:** Es la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.

**Exactitud:** Es la capacidad de un instrumento de medir un valor cercano al valor de la magnitud real.

**Apreciación:** Es la medida más pequeña que es perceptible en un instrumento de medida.

**Sensibilidad:** Es la relación de desplazamiento entre el indicador de la medida y la medida real.

## Manómetros

Muchos de los aparatos empleados para la medida de presiones utilizan la presión atmosférica como nivel de referencia y miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor presión manométrica, dichos aparatos reciben el nombre de manómetros y funcionan según los mismos principios en que se fundamentan los barómetros de mercurio y los aneroides. La presión manométrica se expresa ya sea por encima, o bien por debajo de la presión atmosférica.



Figura 3.11.- Manómetro

### 3.3 Redes de Comunicación

Los sistemas de comunicación proporcionan el esqueleto sobre el se articulan las estrategias de automatización

Los sistemas de comunicación industrial son mecanismos de intercambio de datos distribuidos en una organización industrial.

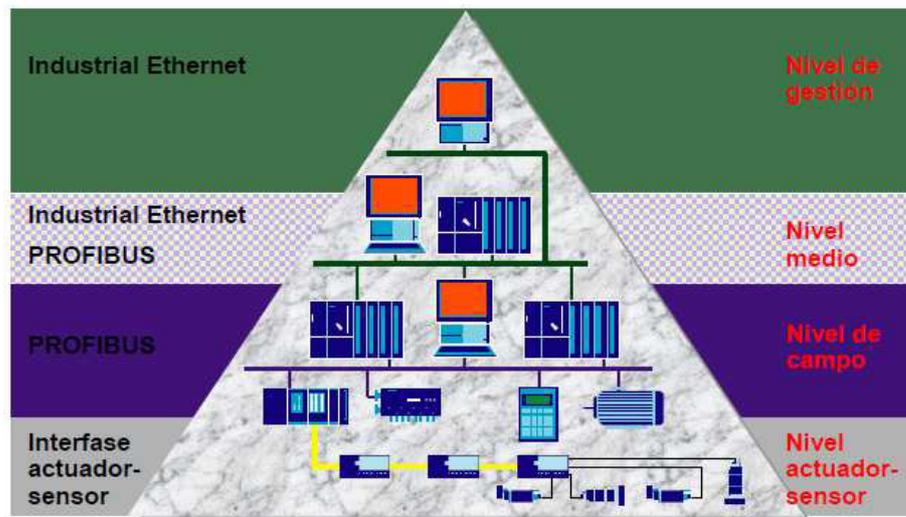


Figura 3.12.- Estructura jerárquica de la comunicación industrial

El objetivo primario del sistema de comunicación es el de proporcionar el intercambio de información (de control) entre dispositivos remotos.

### 3.3.1 Red de Comunicación Ethernet

Desde el punto de vista físico, Industrial Ethernet constituye una red eléctrica sobre la base de una línea coaxial apantallada, un cableado Twisted Pair o una red óptica sobre la base de un conductor de fibras ópticas. Industrial Ethernet está definida por el estándar internacional IEEE 802.3.

Las múltiples posibilidades de Intranet, Extranet e Internet que ya están disponibles actualmente en el ámbito de la oficina también se pueden aprovechar en la automatización manufacturera y de procesos. La tecnología Ethernet, con gran éxito desde hace muchos años, ofrece al usuario la posibilidad de adaptar el rendimiento necesario en una red de forma precisa a sus exigencias.

### Topologías de Redes

Bus: Un único cable interconecta todos los equipos.

- Ventajas: Barato, flexible, fácil de cablear, el fallo de una estación no provoca fallos en la red.
- Desventajas: La rotura del cable afecta a todos los usuarios, límites de longitud del cable, y del número de usuarios, difícil de localizar fallas, al añadir usuarios baja considerablemente el rendimiento de la red.

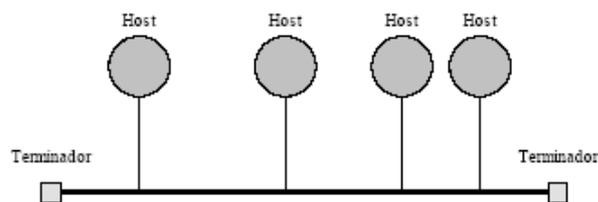


Figura 3.13.- Conexión Bus

Anillo: Cada equipo se conecta con otros dos.

- Ventajas: Igual acceso para todos los equipos, añadir usuarios no afecta excesivamente.
- Desventajas: Un fallo del cable afecta a muchos usuarios, conexionado y cableado costoso, difícil añadir equipos.

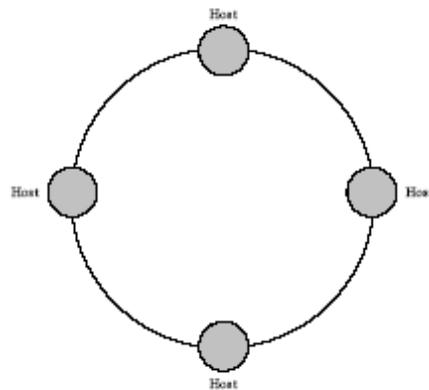


Figura 3.14.- Conexión anillo.

Estrella: Todos los nodos están conectados a un nodo central.

- Ventajas: Fácil añadir nuevas estaciones, el manejo y monitorización de la red está centralizado, la rotura de un cable solo afecta a un usuario.
- Desventajas: Mucho cableado, si falla el computador central se inutiliza la red.

Árbol: Sucesiones de estrellas, disminuyendo la longitud del cableado.

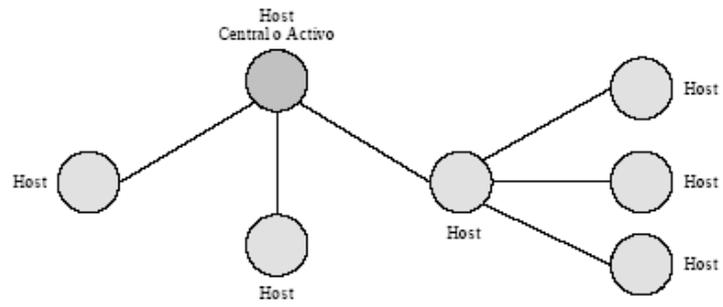


Figura 3.15.- Conexión árbol

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL Y FUERZA**

#### **4.1 Requerimientos del sistema**

El sistema está conformado por equipos de instrumentación, maniobra, señalización, mando y control, por tal motivo se debe presentar qué factores o criterios se consideran importantes en el proceso de selección de los equipos según normas, conocimientos y recomendaciones.

##### **4.1.1 Consideraciones generales**

En este punto se debe tener bien en claro el alcance del proyecto para definir qué tipo de equipos deberán ser instalados para que se cumpla con los requerimientos funcionales del proceso.

Las características técnicas de los equipos de instrumentación y control para la automatización del proceso varían limitadamente entre fabricantes, pero se debe asegurar el cumplimiento de los siguientes criterios:

### **Arquitectura abierta**

El sistema de control debe ser capaz de conectarse con dispositivos suministrados por otros fabricantes a través de una amplia variedad de protocolos de comunicación lo cual permitirá el intercambio de información con el sistema de control de presión constante.

### **Escalabilidad**

El sistema de control debe brindar la facilidad de expansiones futuras, en cuanto a señales de entrada y/o salidas, hardware, programación, etc.

### **No obsolescencia del Producto**

El hardware seleccionado no debe estar obsoleto o en periodo de obsolescencia y garantizar el suministro de respuestas por lo menos durante los próximos diez años. El control lógico

debe ser escrito en lógica escalera o lenguajes de alto nivel para facilidades de mantenimiento y reparación.

La interfaz de operador y los computadores deberán tener acceso a los datos del PLC y dispositivos de entrada/salida conectados a la red de comunicación.

#### **4.1.2 Lista de entradas y salidas requeridas para el PLC**

En esta etapa de diseño se enumeraran las entradas y salidas lógicas de control, ya sean estas digitales o analógicas. En base a este estudio deberá seleccionarse los equipos adecuados para el control del proceso.

En el **anexo 1** se muestra el detalle de entradas y salidas del sistema el cual fue elaborado tomando en cuenta el tipo de señal que envía cada instrumento o dispositivo de campo.

#### **4.1.3 Lista de componentes del sistema**

Los componentes principales para la elaboración del proyecto se detallan a continuación:

Los componentes más importantes para la automatización del proceso se detallan en la Tabla 4.1

Tabla 4.1.- Lista de componentes de automatización

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	MLFB	MARCA
CPU 1214C AC/DC/RELE	1	PZA	6ES7214-1BG31-0XB0	SIEMENS
SM 1221 16DI A 24VDC	1	PZA	6ES7221-1BH32-0XB0	SIEMENS
SM 1222 8DO TIPO RELE	1	PZA	6ES7222-1HF32-0XB0	SIEMENS
SM 1231 4AI CONFIGURABLES V/Ma	1	PZA	6ES7231-4HD32-0XB0	SIEMENS
CSM 1277 SWITCH IE NO GESTIONADO	1	PZA	6GK7277-1AA10-0AA0	SIEMENS
KTP 600 BASIC COLOR PN	1	PZA	6AV6647-0AD11-3AX0	SIEMENS
SITOP MODULAR 10 A	1	PZA	6EP1334-3BA00	SIEMENS

En la tabla 4.2 se mencionan los componentes para el armado de los arrancadores de los motores del proceso.

Tabla 4.2.- Lista de componentes de accionamientos de motores

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	MLFB	MARCA
Breaker 3P(250-315)A.30kA@440VAC	1	PZA	3VL4731-1DC36-0AA0	SIEMENS
Guardamotor (11-16)A.1NA+1NC	3	PZA	3RV2011-4AA10	SIEMENS
Guardamotor (4.5-6.3)A.1NA+1NC	2	PZA	3RV2011-1GA10	SIEMENS
Guardamotor (1.8-2.5)A.1NA+1NC	2	PZA	3RV2011-1CA10	SIEMENS
Guardamotor (2.8-4)A .1NA+1NC	2	PZA	3RV2011-1EA10	SIEMENS
Guardamotor (30-36) A.1NA+1NC	5	PZA	3RV2021-4PA10	SIEMENS
Contactador 16 A AC3.1NA+1NC	3	PZA	3RT2025-1AG20	SIEMENS
Contactador 7 A AC3.1NA+1NC	6	PZA	3RT2015-1AF01	SIEMENS
Contactador 25 A AC3.1NA+1NC	2	PZA	3RT2026-1AG20	SIEMENS
Seccionador p/fusibles NH-1. 160 A	7	PZA	3NP4270-0CA01	SIEMENS
Fusibles ultrarrápidos 32 A.NH-1	21	PZA	3NE4201	SIEMENS
Arrancador Suave 3RW40.25A/440VAC	2	PZA	3RW4026-1BB14	SIEMENS
Reactancia Trifásica p/15 Hp-440V	5	PZA	6SL3203-0CD23-5AA0	SIEMENS
Módulo de Potencia PM240 15HP.25A	5	PZA	6SL3224-0BE27-5UA0	SIEMENS
Unidad de Control CU 240 E-2PN	5	PZA	6SL3244-0BB12-1FA0	SIEMENS
BOP-2 Panel de Operador	5	PZA	6SL3255-0AA00-4CA1	SIEMENS
Cable para Comunicación Profinet	15	MT	6XV1840-2AH10	SIEMENS
Conector RJ45 metálico Profinet	14	PZA	6GK1901-1BB10-2AA0	SIEMENS

En la tabla 4.3 se mencionan los instrumentos de medición utilizados para la medición de variables de campo.

Tabla 4.3.- Lista de componentes de instrumentación

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	MLFB	MARCA
Transmisor de presión de 0....1bar	3	PZA	PFT-SRB1X0SG1SSAAMSSZ	SICK
Transmisor de presión de 0....10bar	1	PZA	PFT-SRB010SG1SSAAMSSZ	SICK

## 4.2 Arquitectura del sistema de control

La arquitectura de control muestra la cantidad de recursos que van a ser utilizados para la automatización del sistema y la forma de comunicación con el controlador principal.

El sistema es centralizado ya que el requerimiento final y la cantidad de recursos utilizados es pequeña, por lo tanto es más factible concentrar las señales de entrada directamente al PLC.

PROFINET es el protocolo de comunicación del proyecto, por medio de PROFINET se establece comunicación directa entre el PLC, HMI, y los variadores de velocidad, además de poder ingresar a la red para realizar configuraciones en línea de la programación del controlador con nuestra PC mediante la tarjeta de red. En el **anexo 2** mostramos la arquitectura de control.

## 4.3 Dimensionamiento y selección de equipos

### 4.3.1 Equipos de control

El PLC seleccionado es el S7-1200 de la familia SIEMENS cuyo MLFB es **6ES7214-1BG31-0XB0**



Figura 4.1.- PLC SIEMES S7-1200

Las características principales del PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RELE se encuentran detalladas en el **anexo 3**

En la figura 4.2 se muestra el diagrama de cableado para la CPU 1214C y en la tabla 4.4 se detalla la asignación los pines de conexión físicos.

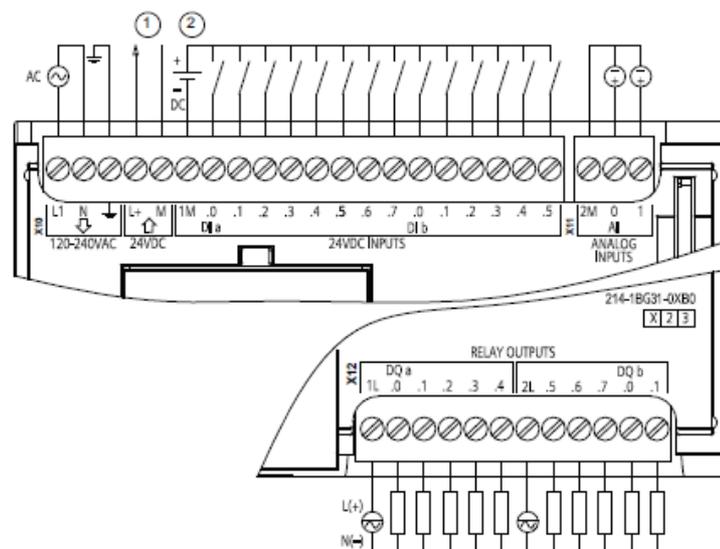


Figura 4.2.- Diagrama de cableado CPU 1214C

1.- Alimentación de sensores 24VDC, para la inmunidad a interferencias adicional conecte “M” a masa incluso si no se utiliza la alimentación de sensores.

2.- Para entradas de sumidero, conecte “-“ a “M” como se indica en la figura pero para entradas tipo fuente, conecte “+” a “M”.

Tabla 4.4.- Asignación de pines de conectores para CPU 1214C AC/DC/RELE

PIN	X10	X11(ORO)	X12
1	L1/120-240 V AC	2 M	1L
2	N/120-240 V AC	AI 0	DQ a.0
3	Tierra funcional	AI 1	DQ a.1
4	Salida sensor L+/24 V DC	--	DQ a.2
5	Salida sensor M/24 V DC	--	DQ a.3
6	1M	--	DQ a.4
7	DI a.0	--	2L
8	DI a.1	--	DQ a.5
9	DI a.2	--	DQ a.6
10	DI a.3	--	DQ a.7
11	DI a.4	--	DQ b.0
12	DI a.5	--	DQ b.1
13	DI a.6	--	--
14	DI a.7	--	--
15	DI b.0	--	--
16	DI b.1	--	--
17	DI b.2	--	--
18	DI b.3	--	--
19	DI b.4	--	--
20	DI b.5	--	--

### Módulos de entradas digitales SM 1221

En la figura 4.3 se muestra el diagrama de cableado de los SM de entradas digitales

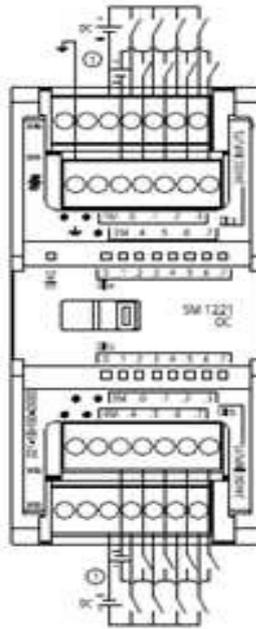


Figura 4.3.- SM1221 DI 16 X 24 VDC (6ES7 221-1BH32-0XB0)

En la tabla 4.5 se detallan las características más importantes del módulo de entradas digitales y en la tabla 4.6 se muestra la asignación los pines de conexión físicos.

Tabla 4.5.- Datos técnicos de módulos de entradas digitales

<b>Modelo</b>	<b>SM 1221 DI 16 x 24 VDC</b>
Referencia	6ES7221-1BH32-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	45 X 100 X 75
Peso	210 Gramos
Disipación de potencia	2.5 w
Consumo de Corriente (bus SM)	130 mA
Consumo de corriente (24VDC)	4mA/entrada utilizada
Número de entradas	16
Tipo	Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)
Tensión nominal	24 VDC a 4 mA, nominal
Tensión continua admisible	30 VDC, Max
Sobretensión transitoria	35 VDC durante 0.5 seg
Señal 1 lógico (min.)	15 VDC a 2.5 mA
Señal 0 lógico (Max.)	5 VDC a 1mA
Aislamiento (campo a lógica)	500 VAC durante 1 minuto
Grupos de aislamiento	2
Tiempo de filtro	0.2 0.4 0.8 1.6 3.2 6.4 y 12.8 ms (seleccionable en grupos de 4)
Número de entradas ON simultáneamente	16
Longitud de cable (metros)	500 m apantallado, 300 no apantallado

Tabla 4.6.- Asignación de pines de conectores para SM 1221 DI 16 x 24 VDC (6ES7221-1Bh30-0XB0)

Pin	X10	X11	X12	X13
1	GND	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión
2	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión
3	1M	2M	3 M	4 M
4	DI a.0	DI a.4	DI b.0	DI b.4
5	DI a.1	DI a.5	DI b.1	DI b.5
6	DI a.2	DI a.6	DI b.2	DI b.6
7	DI a.3	DI a.7	DI b.3	DI b.7

## Módulos de salidas digitales SM 1222

En la figura 4.4 se muestra el diagrama de cableado de los SM de salidas digitales.

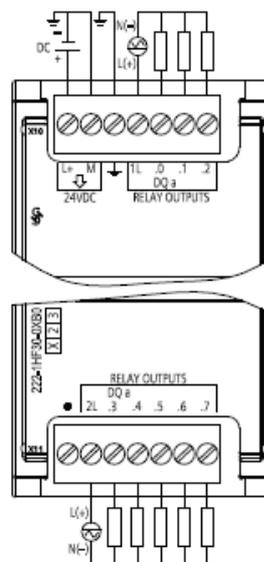


Figura 4.4.- SM 1222 DQ 8 X RELE (6ES7 222-1HF30-0XB0)

Los datos técnicos del módulo de salidas digitales se detallan en el **anexo 4**. En la tabla 4.7 se muestra la asignación los pines de conexión físicos

Tabla 4.7.- Tabla de asignación de pines del módulo de 8 salidas digitales.

Pin	X10	X11
1	L+/24 V DC	Sin conexión
2	M/24 V DC	2L
3	Tierra funcional	DQ a.3
4	1L	DQ a.4
5	DQ a.0	DQ a.5
6	DQ a.1	DQ a.6
7	DQ a.2	DQ a.7

### Módulos de señales Analógicas

En la figura 4.5 se muestra el diagrama de cableado de los SM de entradas analógicas.

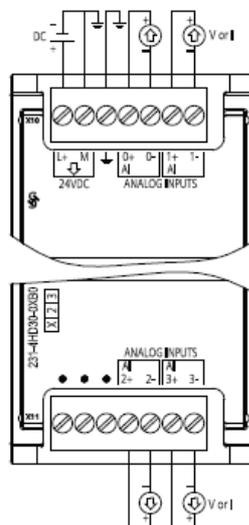


Figura 4.5.- SM 1231 AI 4 X 13 BITS (6ES7 231-4HD32-0XB0)

## HMI

Para aplicaciones básicas, los paneles de operador con funciones elementales suelen considerarse completamente suficientes. Estas exigencias son justo las que debe satisfacer el HMI Basic Panel elegido. La figura 4.6 muestra la pantalla escogida para el proyecto y la tabla 4.8 hace referencia a las características técnicas de la misma.



Figura 4.6.- Pantalla KTP 600 color PN

Tabla 4.8.- Datos técnicos de pantalla Táctil KTP 600 Color PN

Modelo	KTP 600 Basic color PN
Peso	aprox. 1070 gr
Tipo	LCD-TFT
Área activa de la pantalla	115.2x86.4mm (5.7")
Resolución	320x240 pixeles
Colores representables	256
Regulación de contraste	No
Ajuste de brillo	No
Retro iluminación Half brightness life time (MTBF)	CCFL 50000 h
Categoría de error de pixel según DIN EN ISO 13406-2	II
Unidad de entrada	Pantalla táctil analógica resistiva 6 Teclas de función
Memoria de aplicación	512 Kb
Interfaz de Comunicación	Prefine 10/100 Bit/s
Tensión de alimentación	24VDC
Consumo	aprox. 350 mi
Fusible interno	Electrónico

#### 4.3.2 Equipos de instrumentación

La medición de nivel partiendo de la presión hidrostática es la solución más común en la práctica con la mejor facilidad de uso. La presión hidrostática se utiliza para determinar el nivel a través de la medición de la columna de líquido y es directamente proporcional a la altura de llenado, el peso específico del fluido y la fuerza de la gravedad. En la figura 4.7 se muestra el transmisor de presión utilizado para la medición indirecta del nivel de los tanques y de la presión del agua del manifold principal.



Figura 4.7.- Transmisor de presión

Bajo la influencia de la gravedad, la presión hidrostática aumenta con la altura de la columna de líquido y por lo tanto con la altura de llenado del depósito.

El nivel se calcula con la fórmula:

$$h = p / (\rho * g) \quad (4.1)$$

$p$  = presión hidrostática [bar]

$\rho$  = densidad del fluido [kg / m<sup>3</sup>]

$g$  = aceleración gravitacional o fuerza [m / s<sup>2</sup>]

$h$  = altura de la columna de líquido [m]

Para cálculos adicionales con diferentes unidades de presión se puede aplicar una regla empírica aproximativa “La regla de oro para agua”. Esta es:

$$h = 1 \text{ bar relativo} / (1000 \text{ kg} / \text{m}^3 * \sim 10 \text{ m} / \text{s}^2) = 10 \text{ m} \quad (4.2)$$

Los datos técnicos del transmisor de presión se presentan en la tabla 4.9 como se muestra a continuación:

Tabla 4.9.- Datos técnicos de transmisor de presión

Datos Técnicos	Descripción
Unidades de presión	bar, Mpa, psi y Kg/cm <sup>2</sup>
Rangos de medida	0 bar,,,,,25bar
Temperatura del proceso	(-30°C.....+70°C)
Señal de salida y máxima carga óhmica Ra	4mA.....20mA, 2 hilos (Ra < (L-10v)/0.02 A (OHM))
	0V .... 5V, 3 hilos (Ra>5kOhm)
	0V.....10V,3 hilos (Ra>10kOhm)
Zero y Span	±5 Zero/span ajustable usando potenciómetro dentro de instrumento
Precisión	<± 0,5 % de span
Tiempo de respuesta	< 1ms
Voltaje	10VDC....30VDC
conexión en el proceso	G 1/4 macho

Por lo tanto el transmisor de presión será utilizado para la medición directa de la presión de agua de distribución del manifold principal e indirectamente para la medición de los niveles de los tanques cisterna y equilibrio 1,2, mientras que para la medición de la presión.

### 4.3.3 Equipos de accionamiento de motor

Los tipos de arranque varían según su aplicación, para el caso de los motores de corriente alterna las opciones más comunes son: arranque directo, arranque estrella-triángulo, un arrancador suave o un variador de velocidad.

#### Arranque directo

Un motor arranca en forma directa cuando a sus bornes se aplica directamente la tensión nominal de la red como lo muestra la figura 4.8.

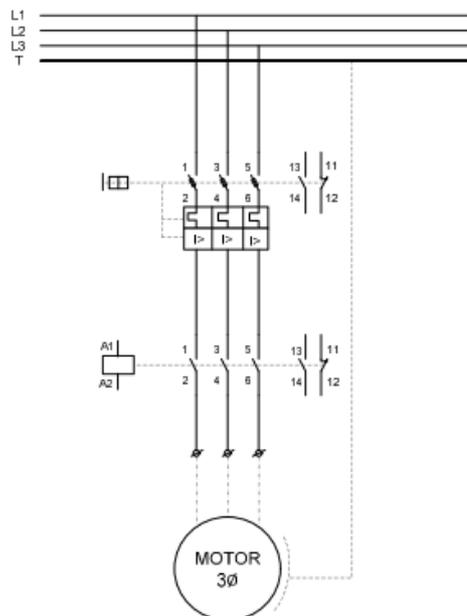


Figura 4.8.- Esquema eléctrico de un arranque directo

Si el motor arranca a plena carga, el bobinado tiende a absorber una cantidad de corriente muy superior a la nominal, lo que hace que las líneas de alimentación incrementen considerablemente su carga y como consecuencia directa se reduzca la caída de tensión. La intensidad de corriente durante la fase de arranque puede tomar valores entre 6 a 8 veces mayores que la corriente nominal del motor. Su ventaja principal es el elevado par de arranque, que es 1.5 veces el nominal. La figura 4.9 muestra las curvas par - velocidad e intensidad – velocidad del motor con este tipo de arranque.

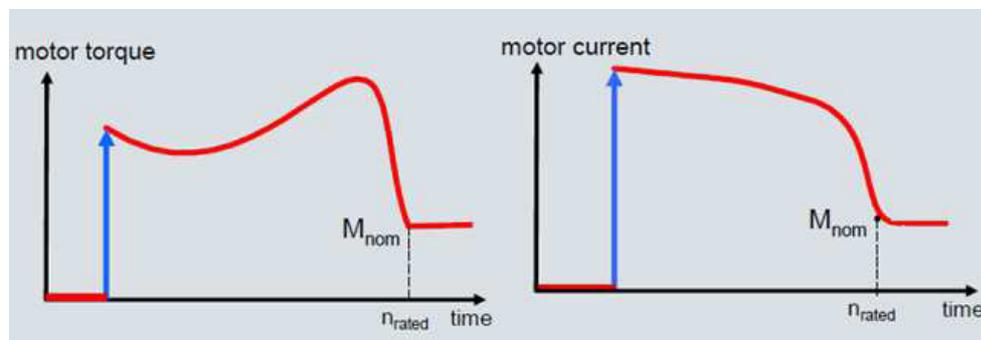


Figura 4.9.- Muestra la elevación de la corriente y torque en el arranque directo

Siempre que sea posible conviene arrancar los motores a plena tensión por el gran par de arranque que se obtiene, pero si hubiese muchos motores de media y gran potencia que paran y

arrancan en forma intermitente, se tendrá un gran problema de perturbaciones en la red eléctrica.

Por lo tanto, de existir algún inconveniente, se debe recurrir a alguno de los métodos de arranque por tensión reducida.

### **Arranque estrella – delta**

Este método de arranque se puede aplicar tanto a motores de rotor devanado como a motores de rotor jaula de ardilla, la única condición que debe cumplir el motor para que pueda aplicarse este método de arranque es que tenga acceso completo a los devanados del estator (6 bornes de conexión) como se muestra en la figura 4.10

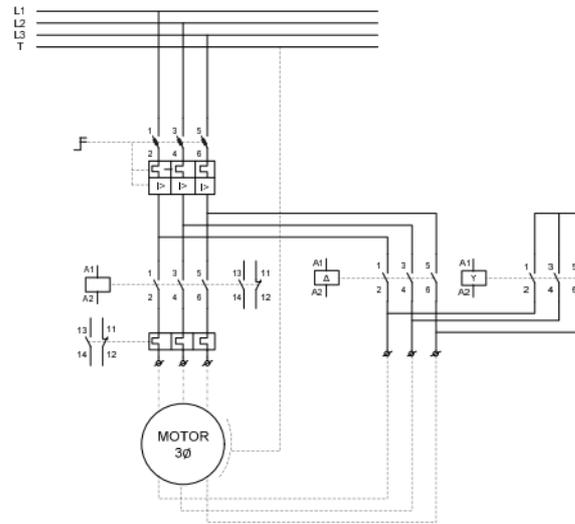


Figura 4.10.- Esquema eléctrico de un arranque estrella – triángulo

Este método solamente se puede utilizar en aquellos motores que estén preparados para funcionar en delta con la tensión de la red, si no es así no se le puede conectar. La maquina se conecta en estrella en el momento del arranque y se pasa después a delta cuando está en funcionamiento.

La conmutación de estrella-delta generalmente se hace de forma automática luego de transcurrido un lapso (que puede regularse) en que el motor alcanza determinada velocidad.

El arranque estrella-delta es el procedimiento más empleado para el arranque a tensión reducida debido a que su construcción es simple, su precio es reducido y tiene una buena confiabilidad.

En el caso más simple tres contactos realizan la tarea de maniobrar el motor, disponiendo de enclavamientos adecuados. La protección del motor se hace por medio de un relé térmico. El térmico debe estar colocado en las fases del motor. La figura 4.11 presenta las curvas par - velocidad e intensidad – velocidad del motor con este tipo de arranque.

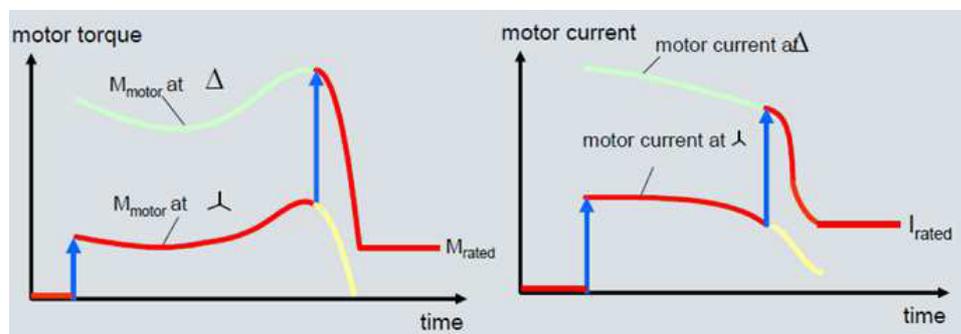


Figura 4.11.- Muestra el torque y la corriente en el arranque estrella triangulo.

### Arranadores suaves

Los arrancadores electrónicos son una mejor solución gracias a la posibilidad de su arranque suave, permitiendo un aumento en la vida útil de todas las partes involucradas.

Los mismos consisten básicamente en un convertidor estático alterna-continua-alterna ó alterna-alterna, generalmente de tiristores, que permiten el arranque de motores de corriente alterna con aplicación progresiva de tensión, con la consiguiente limitación de corriente y par de arranque. En algunos modelos también se varía la frecuencia aplicada.

Al iniciar el arranque, los tiristores dejan pasar la corriente que alimenta el motor según la programación realizada en el circuito de maniobra, que irá aumentando hasta alcanzar los valores nominales de la tensión de servicio.

La posibilidad de arranque progresivo, también se puede utilizar para detener el motor, de manera que vaya reduciendo la tensión hasta el momento de la detención.

Estos arrancadores ofrecen selección de parada suave, evitando por ejemplo, los dañinos golpes de ariete en las cañerías durante la parada de las bombas; y detención por inyección de corriente continua para la parada más rápida de las masas en movimiento.

Además poseen protecciones por asimetría, contra sobre temperatura y sobrecarga, contra falla de tiristores, vigilancia del tiempo de arranque con limitación de la corriente, control de servicio con inversión de marcha, optimización del factor de potencia a carga parcial, maximizando el ahorro de energía durante el proceso y permiten un ahorro en el mantenimiento por ausencia de partes en movimiento que sufran desgastes.

La figura 4.12 muestra las características de arranque para par - velocidad e intensidad – velocidad del motor que hacen referencia a este tipo de arranque.

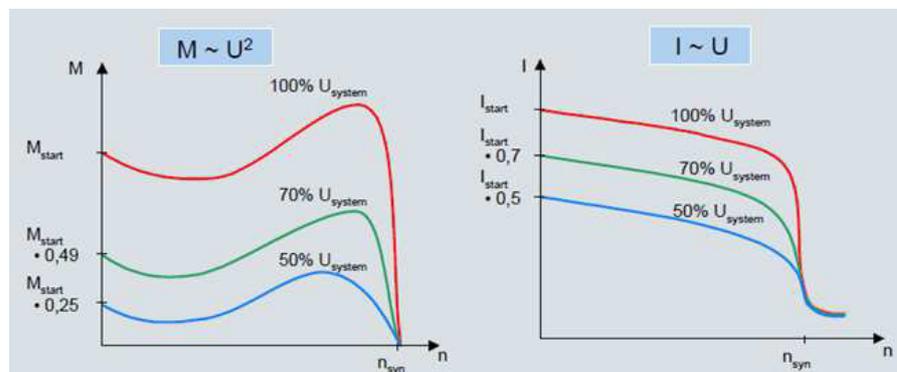


Figura 4.12.- Muestra las curvas de torque y corriente

### **Variadores de velocidad**

Los variadores de velocidad, también llamados convertidores de frecuencia, son dispositivos utilizados para regular los procesos industriales. Se trata de equipos utilizados hoy en día en múltiples aplicaciones, existiendo un buen número de fabricantes y suministradores de los mismos. Un variador de frecuencia, VFD por sus siglas en inglés (Variable Frequency Drive), es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna, por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

El variador de velocidad se coloca entre la red y el motor. El variador recibe la tensión de red a la frecuencia de red (60Hz) y tras convertirla y después ondularla produce una tensión con frecuencia variable. La velocidad de un motor va prácticamente proporcional a la frecuencia.

El variador de frecuencia permite la variación de velocidad total desde 0 rpm a la velocidad nominal del motor a par constante. Su rendimiento es alto, y permite un factor de potencia aproximadamente de 1. Permite la ausencia de sobreintensidades por transitorios. Hace innecesario elementos de

protección del motor. A velocidades bajas hay que tener en cuenta que la refrigeración del motor depende de la velocidad del fluido.

### **Componentes principales del convertidor**

Todo convertidor SINAMICS G120 está compuesto por una unidad de control (CU) y un módulo de potencia (PM) como lo muestra la figura 4.13

La Unidad de Control monitorea, controla y vigila la Unidad de Potencia y el motor conectado. Mediante la Unidad de Control se controla el convertidor de modo local o centralizado.



Figura 4.13.- Variador Sinamics G120

Los datos técnicos de la unidad de control PROFINET se encuentran en el **anexo 5**.

Los Datos Técnicos de la PM 240 se encuentran en el **anexo 6**.

### **Dimensionamiento de equipos y dispositivos de protección**

Para el dimensionamiento del breaker de protección principal se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$I_b = 1.7 \times \text{corriente mayor motor} + \sum_{i=0}^n (\text{corriente demas motores y otras cargas})$$

$$I_c = 1.7x(20) + (220,9) \quad (4.3)$$

$$I_c = 254.9 A$$

El breaker dimensionado es de 250 - 315 A: 3VL4731-1DC36-0AA0

Para calcular la corriente que permita dimensionar el contactor guardamotor y fusibles para los arrancadores de los motores se debe utilizar (4.4), (4.5) y (4.6) respectivamente

$$I_{\text{CONTACTOR}} = 1,3 * I_n \quad (4.4)$$

$$I_{\text{GUARDAMOTOR}} = 1,25 * I_n \quad (4.5)$$

$$I_{\text{FUSIBLE}} = 1,7 * I_n \quad (4.6)$$

**Arranque Directo p/ Motor de Bomba de agua #1 (7.5 HP-3F-44V-11A)** Envía agua desde el tanque cisterna hasta el tanque reactor # 1

$I_n = 11$  A. Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.5):

$I_{\text{contactor}} = 1,3 * I_n = 1,3 * 11 = 14.3$  A

Contactador = 16A-AC3

$I_{\text{Guardamotor}} = 1,25 * I_n = 1,25 * 11 = 13,75$  A

Guardamotor = (11-16) A

Los dispositivos seleccionados son:

Guardamotor (11-16) A SIEMENS SIZE 0 / 3RV2011-4AA10

Contactador 16 A-AC3 SIEMENS SIZE 0 / 3RT2025-1AG20

**Arranque Directo p/ Motor de Bomba de agua #2 (7.5 HP-3F-44V-11A)** Envía agua desde el tanque cisterna hasta el tanque reactor # 1

$I_n = 11$  A. Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.5):

$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 11 = 14,3$  A

Contactador = 16A-AC3

$I_{\text{Guardamotor}} = 1,25 \cdot I_n = 1,25 \cdot 11 = 13,75$  A

Guardamotor = (11-16) A

Los dispositivos seleccionados son:

Guardamotor (11-16) A SIEMENS SIZE 0 / 3RV2011-4AA10

Contactador 16 A-AC3 SIEMENS SIZE 0 / 3RT2025-1AG20

**Arranque Directo p/ Motor de Bomba de agua #3 (7,5 HP-3F-44V-11A)** Envía agua desde el tanque cisterna hasta el tanque reactor # 1

$I_n = 11$  A. Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.5):

$$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 11 = 14,3 \text{ A}$$

$$\text{Contactor} = 16\text{A-AC3}$$

$$I_{\text{Guardamotor}} = 1,25 \cdot I_n = 1,25 \cdot 11 = 13,75 \text{ A}$$

$$\text{Guardamotor} = (11-16) \text{ A}$$

Los dispositivos seleccionados son:

Guardamotor (11-16) A SIEMENS SIZE 0 / 3RV2011-4AA10

Contactor 16 A-AC3 SIEMENS SIZE 0 / 3RT2025-1AG20

### **Arranque Directo p/ Motor de Agitador #1 (3 HP-3F-44V-4,5A)**

Envía Encargado de la agitación del cloro, agua, cal presentes en el tanque reactor # 1

$I_n = 4,5 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.5):

$$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 4,5 = 5,85 \text{ A}$$

$$\text{Contactor} = 7\text{A-AC3}$$

$$I_{\text{Guardamotor}} = 1,25 \cdot I_n = 1,25 \cdot 4,5 = 5,62 \text{ A}$$

$$\text{Guardamotor} = (4,5-6,3) \text{ A}$$

Los dispositivos seleccionados son:

Guardamotor (4.5-6.3) A SIEMENS SIZE 00 / 3RV2011-1GA10

Contactador 7 A-AC3 SIEMENS SIZE S0 / 3RT2015-1AF01

**Arranque Directo p/ Motor de Agitador #2 (3 HP-3F-44V-4,5A)**

Envía Encargado de la agitación del cloro, agua, cal presentes en el tanque reactor # 2

$I_n = 4.5 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.5):

$I_{\text{contactador}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 4,5 = 5,85 \text{ A}$

Contactador = 7A-AC3

$I_{\text{Guardamotor}} = 1,25 \cdot I_n = 1,25 \cdot 4,5 = 5,62 \text{ A}$

Guardamotor = (4,5-6,3) A

Los dispositivos seleccionados son:

Guardamotor (4.5-6.3) A SIEMENS SIZE 00 / 3RV2011-1GA10

Contactador 7 A-AC3 SIEMENS SIZE 0 / 3RT2015-1AF01

**Arranque Directo p/ Motor de Dosificador de Cloro #1 (1 HP-3F-44V-1,8 A)** Encargado de la dosificación del cloro al tanque reactor #1

$I_n = 1.8 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.5):

$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 1,8 = 2,34 \text{ A}$

Contactador = 7A-AC3

$I_{\text{Guardamotor}} = 1,25 \cdot I_n = 1,25 \cdot 1,8 = 2,25 \text{ A}$

Guardamotor = (1,8-2,5) A

Los dispositivos seleccionados son:

Guardamotor (1.8-2.5) A SIEMENS SIZE 00 / 3RV2011-1CA10

Contactador 7 A-AC3 SIEMENS SIZE 0 / 3RT2015-1AF01

**Arranque Directo p/ Motor de Dosificador de Cloro #2 (1 HP-3F-44V-1,8 A)** Encargado de la dosificación del cloro al tanque reactor #2

$I_n = 1.8 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.5):

$$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 1,8 = 2,34 \text{ A}$$

Contactador = 7A-AC3

$$I_{\text{Guardamotor}} = 1,25 \cdot I_n = 1,25 \cdot 1,8 = 2,25 \text{ A}$$

Guardamotor = (1,8-2,5) A

Los dispositivos seleccionados son:

Guardamotor (1.8-2.5) A SIEMENS SIZE 00 / 3RV2011-1CA10

Contactador 7 A-AC3 SIEMENS SIZE 0 / 3RT2015-1AF01

**Arranque Directo p/ Motor de Dosificador de Cal #1 (1,5 HP-3F-44V-2,5 A)** Encargado de la dosificación de la cal al tanque reactor #1

$I_n = 2.5 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.5):

$$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ A}$$

Contactador = 7A-AC3

$$I_{\text{Guardamotor}} = 1,25 \cdot I_n = 1,25 \cdot 2,5 = 3,12 \text{ A}$$

Guardamotor = (2,8-4) A

Los dispositivos seleccionados son:

Guardamotor (2,8-4) A SIEMENS SIZE 00 / 3RV2011-1EA10

Contactador 7 A-AC3 SIEMENS SIZE 0 / 3RT2015-1AF01

**Arranque Directo p/ Motor de Dosificador de Cal #2 (1,5 HP-3F-44V-2,5 A)** Encargado de la dosificación de la cal al tanque reactor #2

$I_n = 2.5 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.5):

$I_{\text{contactador}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ A}$

Contactador = 7A-AC3

$I_{\text{Guardamotor}} = 1,25 \cdot I_n = 1,25 \cdot 2,5 = 3,12 \text{ A}$

Guardamotor = (2,8-4) A

Los dispositivos seleccionados son:

Guardamotor (2,8-4) A SIEMENS SIZE 00 / 3RV2011-1EA10

Contactador 7 A-AC3 SIEMENS SIZE 0 / 3RT2015-1AF01

**Arrancador Suave p/ Motor de Bomba de agua #4 (12,5 HP-3F-44V-16A)** Envía agua desde el tanque cisterna hasta el tanque reactor # 2

$I_n = 16 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.6):

$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 16 = 20,8 \text{ A}$

Contactador = 25 A-AC3

$I_{\text{Fusible}} = 1,7 \cdot I_n = 1,7 \cdot 16 = 27,2 \text{ A}$

Fusible = 32 A

Los dispositivos seleccionados son:

Fusibles Ultrarrápidos 32 A SIZE 1 / 3NE4201

Contactador 25 A-AC3 SIEMENS SIZE 0 / 3RT2026-1AG20

Seccionador Fusible SIEMENS SIZE 0 Y 1 / 3NP4270-0CA01

Arrancador Suave 18 HP-25A SIEMENS SIZE 0 / 3RW4026-1BB14

**Arrancador Suave p/ Motor de Bomba de agua #5 (12,5 HP-3F-44V-16A)** Envía agua desde el tanque cisterna hasta el tanque reactor # 2

$I_n = 16 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.6):

$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 16 = 20,8 \text{ A}$

Contactador = 25 A-AC3

$I_{\text{Fusible}} = 1,7 \cdot I_n = 1,7 \cdot 16 = 27,2 \text{ A}$

Fusible = 32 A

Los dispositivos seleccionados son:

Fusibles Ultrarrápidos 32 A SIZE 1 / 3NE4201

Contactador 25 A-AC3 SIEMENS SIZE 0 / 3RT2026-1AG20

Seccionador Fusible SIEMENS SIZE 0 Y 1 / 3NP4270-0CA01

Arrancador Suave 18 HP-25A SIEMENS SIZE 0 / 3RW4026-1BB14

**Arrancador VFD p/ Motor de Bomba de salida #1 (15 HP-3F-44V-20A)** Envía agua desde el tanque equilibrio hacia manifold de distribución principal

$I_n = 20 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.6):

$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 16 = 20,8 \text{ A}$

Contactador = 25 A-AC3

$I_{\text{Fusible}} = 1,7 \cdot I_n = 1,7 \cdot 16 = 27,2 \text{ A}$

Fusible = 32 A

Los dispositivos seleccionados son:

Fusibles Ultrarrápidos 32 A SIZE 1 / 3NE4201

Seccionador Fusible SIEMENS SIZE 0 Y 1 / 3NP4270-0CA01

Guardamotor (30-36) SIEMENS SIZE 0 / 3RV2021-4PA10

Reactancia de Línea p/15 HP-440V SIEMENS / 6SL3203-0CD23-5AA0

Módulo de Potencia PM240 15HP Par Cuadrático 25A / 6SL3224-0BE27-5UA0

Unidad de Control CU240E 2PN-PROFINET / 6SL3244-0BB12-1FA0

Panel Operador BOP-2 / 6SL3255-0AA00-4CA1

**Arrancador VFD p/ Motor de Bomba de salida #2 (15 HP-3F-44V-20A)** Envía agua desde el tanque equilibrio hacia manifold de distribución principal

$I_n = 20 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.6):

$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 16 = 20,8 \text{ A}$

Contactador = 25 A-AC3

$I_{\text{Fusible}} = 1,7 \cdot I_n = 1,7 \cdot 16 = 27,2 \text{ A}$

Fusible = 32 A

Los dispositivos seleccionados son:

Fusibles Ultrarrápidos 32 A SIZE 1 / 3NE4201

Seccionador Fusible SIEMENS SIZE 0 Y 1 / 3NP4270-0CA01

Guardamotor (30-36) SIEMENS SIZE 0 / 3RV2021-4PA10

Reactancia de Línea p/15 HP-440V SIEMENS / 6SL3203-0CD23-5AA0

Módulo de Potencia PM240 15HP Par Cuadrático 25A / 6SL3224-0BE27-5UA0

Unidad de Control CU240E 2PN-PROFINET / 6SL3244-0BB12-1FA0

Panel Operador BOP-2 /6SL3255-0AA00-4CA1

**Arrancador VFD p/ Motor de Bomba de salida #3 (15 HP-3F-44V-20A)** Envía agua desde el tanque equilibrio hacia manifold de distribución principal

$I_n = 20 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.6):

$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 16 = 20,8 \text{ A}$

Contactor = 25 A-AC3

$I_{\text{Fusible}} = 1,7 \cdot I_n = 1,7 \cdot 16 = 27,2 \text{ A}$

Fusible = 32 A

Los dispositivos seleccionados son:

Fusibles Ultrarrápidos 32 A SIZE 1 / 3NE4201

Seccionador Fusible SIEMENS SIZE 0 Y 1 / 3NP4270-0CA01

Guardamotor (30-36) SIEMENS SIZE 0 / 3RV2021-4PA10

Reactancia de Línea p/15 HP-440V SIEMENS / 6SL3203-0CD23-5AA0

Módulo de Potencia PM240 15HP Par Cuadrático 25A / 6SL3224-0BE27-5UA0

Unidad de Control CU240E 2PN-PROFINET / 6SL3244-0BB12-1FA0

Panel Operador BOP-2 /6SL3255-0AA00-4CA1

**Arrancador VFD p/ Motor de Bomba de salida #4 (15 HP-3F-44V-20A)** Envía agua desde el tanque equilibrio hacia manifold de distribución principal

$I_n = 20 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.6):

$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 16 = 20,8 \text{ A}$

Contactador = 25 A-AC3

$I_{\text{Fusible}} = 1,7 \cdot I_n = 1,7 \cdot 16 = 27,2 \text{ A}$

Fusible = 32 A

Los dispositivos seleccionados son:

Fusibles Ultrarrápidos 32 A SIZE 1 / 3NE4201

Seccionador Fusible SIEMENS SIZE 0 Y 1 / 3NP4270-0CA01

Guardamotor (30-36) SIEMENS SIZE 0 / 3RV2021-4PA10

Reactancia de Línea p/15 HP-440V SIEMENS / 6SL3203-0CD23-5AA0

Módulo de Potencia PM240 15HP Par Cuadrático 25A / 6SL3224-0BE27-5UA0

Unidad de Control CU240E 2PN-PROFINET / 6SL3244-0BB12-1FA0

Panel Operador BOP-2 /6SL3255-0AA00-4CA1

**Arrancador VFD p/ Motor de Bomba de salida #5 (15 HP-3F-44V-20A)** Envía agua desde el tanque equilibrio hacia manifold de distribución principal

$I_n = 20 \text{ A}$ . Reemplazar  $I_n$  en (4.4) y (4.6):

$I_{\text{contactor}} = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 16 = 20,8 \text{ A}$

Contactor = 25 A-AC3

$$I_{\text{Fusible}} = 1,7 \cdot I_n = 1,7 \cdot 16 = 27,2 \text{ A}$$

$$\text{Fusible} = 32 \text{ A}$$

Fusibles Ultrarrápidos 32 A SIZE 1 / 3NE4201

Seccionador Fusible SIEMENS SIZE 0 Y 1 / 3NP4270-0CA01

Guardamotor (30-36) SIEMENS SIZE 0 / 3RV2021-4PA10

Reactancia de Línea p/15 HP-440V SIEMENS / 6SL3203-0CD23-5AA0

Módulo de Potencia PM240 15HP Par Cuadrático 25A / 6SL3224-0BE27-5UA0

Unidad de Control CU240E 2PN-PROFINET / 6SL3244-0BB12-1FA0

Panel Operador BOP-2 /6SL3255-0AA00-4CA1

#### **4.4 Dimensionamiento y selección de acometidas y canalizaciones de control y fuerza**

Es fundamental la elección del conductor eléctrico adecuado, que depende de:

Tipo de conductor según condiciones ambientales

Sección adecuada según intensidad a transportar

La mayoría de conductores son de cobre o aluminio revestidos con aislamiento de PVC o NYLON o ambos en el caso del recubrimiento THHN. El tamaño de los conductores se designa en forma convencional por su sección o área expresada en milímetros o bien en AWG (American Wire Gauge) donde la unidad de referencia es el mil o circular mil que es un círculo con 1/1000 de pulgadas de diámetro. Bajo el sistema AWG los conductores se designan por medio de un calibre donde el menor es el 40 que tiene 3.145 mils y el número crece de manera decreciente hasta llegar al 0000 que también se expresa como 4/0. Los conductores de mayor diámetro que el 4/0 se designan por su diámetro en circular mil, expresada en miles de circular mils o MCM así el conductor que le sigue al 4/0 es el 250 MCM.

La selección y el dimensionamiento de los conductores para acometidas de fuerza y control deberán realizarse mediante normas ya establecidas de manera técnica considerando factores importantes tales como temperatura, humedad del ambiente, número de conductores que serán transportados por la misma ducteria, longitud del conductor, etc.

En el **anexo 7** se detalla la tabla de ampacidad de cables concéntricos para seleccionar la acometida para motores existentes.

Para los motores y cargas en general que intervienen en el proceso se dimensionaran sus conductores de alimentación tales que cumplan con las normas que rigen el sistema eléctrico norteamericano NEC artículo 310.15 anexo B tabla 310.15(B)(16), que menciona la ampacidad de dos o tres conductores aislados que llevan corriente dentro de una chaqueta o revestimiento (multiconductor) con un voltaje de ruptura de 2000 voltios, en una canalización o electrocanal a temperatura ambiente de 30 grados Celsius. Para el cálculo del conductor principal se usará (4.36).

$$I_C = 1,25 * I_{MOTOR MAYOR} + \sum I_{DEMÁS MOTORES} + \sum I_{OTRAS CARGAS} \quad (4.36)$$

Reemplazando en (4.36) se obtiene:

$$I_c = 1,25x(20) + 170,9 + 50$$

$$I_c = 247,77 A$$

La corriente máxima que deberá soportar el alimentador principal  $I_c$  será de 247.77 amperios por lo que en este caso la selección no será de un conductor concéntrico sino de conductores unifilares. Consultando la tabla 310.15 (B) (16) de las normas NEC el aislamiento debe ser THHN con dos ternas y un conductor para el neutro (Según tabla 250.122).

2 X 1/0 AWG + 1 X 4 AWG THHN

El conductor 1/0 tiene una capacidad de conducción de 135 amperios, por lo tanto dos ternas de este conductor conducen 270 amperios

El conductor de tierra será de calibre 4 de cobre desnudo y se conectara a la malla de tierra del sistema.

Los conductores deben ir transportados en electrocanales tipo escalerilla con tapa. El área donde estarán montados los electrocanales mantiene la temperatura ambiente. Adicionalmente debemos considerar la longitud del alimentador principal ya que puede verse afectado por la caída de tensión. Se considerara aceptable una caída de tensión menor o igual al 3% del voltaje de línea para concluir que el conductor esta correctamente dimensionado como se lo muestra en (4.37).

$$3\%V_{L-L} = 0,03 * 440 = 13,2V \quad (4.37)$$

Para realizar el cálculo de caída de tensión por longitud del conductor se debe considerar la resistencia en corriente alterna ( $R_{ac}$ ), la longitud del conductor y la capacidad de conducción del conductor como se indica en (4.38).

$$\Delta V = R_{ac} * L * I_{conductor} \quad (4.38)$$

El conductor 1/0 tiene una capacidad de conducción de 135 amperios.

$$R_{ac} = 0.415 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 247,77 \text{ A}$$

$$L = 65 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 0,415 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times 65 \text{ m} \times 247,77 \text{ A}$$

$$\Delta V = 6,683 \text{ V}$$

En conclusión:  $6,683 \text{ V} < 13,2 \text{ V}$ . La caída de tensión no supera el 3%

### **Acometida para bomba de agua 1**

La corriente nominal del motor es de 11 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 12 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x12 AWG para facilitar la instalación del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac} = 6.73 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 11 \text{ A}$$

$$L = 30 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 6.73 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times 30 \text{ m} \times 11 \text{ A}$$

$$\Delta V = 2.22 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto.

### **Acometida para bomba de agua 2**

La corriente nominal del motor es de 11 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 12 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x12 AWG para facilitar la instalación del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=6,73 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 11 \text{ A}$$

$$L = 29 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 6,73 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times 29 \text{ m} \times 11 \text{ A}$$

$$\Delta V = 2,14 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto.

### Acometida para bomba de agua 3

La corriente nominal del motor es de 11 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 12 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x12 AWG para facilitar la instalación del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=6,73 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 11 \text{ A}$$

$$L = 28 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 6,73 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times 28 \text{ m} \times 11 \text{ A}$$

$$\Delta V = 2,07 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto.

### Acometida para agitador reactor 1

La corriente nominal del motor es de 4.5 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 14 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x14 AWG para facilitar la instalación del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=10,7 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 4.5 \text{ A}$$

$$L = 15 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 10,7 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times 15 \text{ m} \times 4,5 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0,72 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Acometida para agitador reactor 2**

La corriente nominal del motor es de 4.5 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 14 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x14 AWG para facilitar la instalación del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=10,7 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 4.5 \text{ A}$$

$$L = 10 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 10,7 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{km}}{\text{m}} \times 10 \text{ m} \times 4,5 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0,48 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Acometida para dosificador de cloro 1**

La corriente nominal del motor es de 1.8 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 14 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x14 AWG para facilitar la instalación del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=10,7 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 1,8 \text{ A}$$

$$L = 15 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 10,7 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times 15 \text{ m} \times 1,8 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0,28 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Acometida para dosificador de cloro 2**

La corriente nominal del motor es de 1.8 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 14 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x14 AWG para facilitar la instalación del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=10,7 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 1,8 \text{ A}$$

$$L = 10 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 10,7 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{km}}{\text{m}} \times 10 \text{ m} \times 1,8 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0,19 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Acometida para dosificador de cal 1**

La corriente nominal del motor es de 2.5 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 14 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x14 AWG para facilitar la instalación del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=10,7 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 2,5 \text{ A}$$

$$L = 15 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 10,7 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times 15 \text{ m} \times 2,5 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0,4 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Acometida para dosificador de cal 2**

La corriente nominal del motor es de 2.5 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 14 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x14 AWG para facilitar la instalación del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=10,7 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 2,5 \text{ A}$$

$$L = 10 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 10,7 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{km}}{\text{m}} \times 10 \text{ m} \times 2,5 \text{ A}$$

$$\Delta V = 0,26 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Acometida para bomba de agua 4**

La corriente nominal del motor es de 16 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 12 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x12 AWG para facilitar la instalación del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=6.73 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 16 \text{ A}$$

$$L = 22 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 6,73 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times 22 \text{ m} \times 16 \text{ A}$$

$$\Delta V = 2.3 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Acometida para bomba de agua 5**

La corriente nominal del motor es de 16 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 12 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x12 AWG para facilitar la instalación del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=6.73 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 16 \text{ A}$$

$$L = 21 \text{ mts}$$

$$\Delta V = 6,73 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times 21 \text{ m} \times 16 \text{ A}$$

$$\Delta V = 2,26 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Acometida para bomba de agua de salida 1**

La corriente nominal del motor es de 20 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 10 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x10 AWG para facilitar la instalación

del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=4,22 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 20 \text{ A}$$

$$L = 25 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 4,22 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{km}}{\text{m}} \times 25 \text{ m} \times 20 \text{ A}$$

$$\Delta V = 2,11 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Acometida para bomba de agua de salida 2**

La corriente nominal del motor es de 20 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 10 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x10 AWG para facilitar la instalación

del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=4,22 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 20 \text{ A}$$

$$L = 24 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 4,22 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{km}}{\text{m}} \times 24 \text{ m} \times 20 \text{ A}$$

$$\Delta V = 2,02 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Acometida para bomba de agua de salida 3**

La corriente nominal del motor es de 20 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 10 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x10 AWG para facilitar la instalación

del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=4,22 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 20 \text{ A}$$

$$L = 23 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 4,22 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{km}}{\text{m}} \times 23 \text{ m} \times 20 \text{ A}$$

$$\Delta V = 1,94 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

#### **Acometida para bomba de agua de salida 4**

La corriente nominal del motor es de 20 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 10 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x10 AWG para facilitar la instalación

del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=4,22 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 20 \text{ A}$$

$$L = 22 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 4,22 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{km}}{\text{m}} \times 22 \text{ m} \times 20 \text{ A}$$

$$\Delta V = 1,85 \text{ V}$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Acometida para bomba de agua de salida 5**

La corriente nominal del motor es de 20 amperios y por la tabla del NEC 310.15(B)(16) se seleccionó el conductor calibre # 10 AWG. En nuestro caso se preferirá cable concéntrico 4x10 AWG para facilitar la instalación

del mismo. El cable concéntrico fue escogido por recomendación de la tabla comercial del fabricante PHELPS DODGE ver **anexo 7**.

$$R_{ac}=4,22 \text{ ohm/Km}$$

$$I_{conductor} = 20 \text{ A}$$

$$L = 21 \text{ mts}$$

Sustituyendo en (4.38) se obtiene:

$$\Delta V = 4,22 \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{km}}{\text{m}} \times 21 \text{ m} \times 20 \text{ A}$$

$$\Delta V = 1,77$$

La caída de tensión es menor al 3% del voltaje de línea-línea por lo tanto el conductor seleccionado es correcto

### **Cableado de elementos de instrumentación**

La selección del cable correcto para la transmisión de la señal a su equipo es decisivo para el buen funcionamiento de la máquina. Por lo general, el usuario decide detalladamente la instrumentación y los

principios de medición en su aplicación, por ejemplo la alimentación y el tipo de transmisión de la señal.

El conductor que utilizaremos es el cable concéntrico 2x18 AWG apantallado de cobre estañado BELDEN de referencia 1032A, para señales de tipo analógicas.

### **Dimensionamiento y selección de tuberías y electrocanales**

Los electrocanales fueron dimensionados de acuerdo al volumen de conductores que van a transportar considerando una separación para evitar interferencias a las señales de control, al medio ambiente que los rodea en este caso húmedo y corrosivo por lo que tuvo que ser de acero inoxidable.

Los criterios para el dimensionamiento, selección y construcción fueron acogidos en base a la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2486 que se encuentra en el **anexo 8** "Sistemas de bandejas metálicas portacables, electro-canales o canaletas"

Las tuberías a seleccionar dependen del número de cables que vayan a pasar por ella, por tal motivo se debe hacer referencia a la norma NEC

2002 Artículo 334 que se encuentra en el **anexo 9** de este trabajo, indica el tipo de material de la tubería metálica rígida que se debe utilizar en áreas húmedas y corrosivas, además en la Tabla 1, Capítulo 4 de las NEC 2002 (Ver Tablas) tenemos el diámetro del electro ductos que debemos utilizar dependiendo el área de los conductores a viajar dentro del mismo.

## 4.5 Herramientas de Software

### 4.5.1 Software de programación del PLC – S7-1200

Para programar a nuestro PLC vamos a utilizar el TIA PORTAL que significa TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION PORTAL, el cual tiene embebido el SIMATIC STEP 7 V12, SIMATIC WIN CC V12 y SINAMICS STARTDRIVE V12.



Figura 4.14.- Software de integración SIEMENS TIA PORTAL

El TIA PORTAL SIEMENS pone en práctica su visión de ofrecer un marco común de ingeniería que permite implementar soluciones de automatización en todos los sectores del mundo, desde la etapa de diseño, puesta en marcha, operación y mantenimiento y hasta la actualización de soluciones de automatización, el uso del TIA PORTAL implica siempre un ahorro de tiempo, costos y esfuerzos.

### **Simatic STEP 7 V12**

Dentro del TIA PORTAL, SIMATIC STEP 7 es el software que permite configurar, programar, revisar y diagnosticar todos los controladores SIMATIC.

### **Simatic WINCC V12**

Dentro del TIA PORTAL, WINCC es el software para todas las aplicaciones HMI, desde las simples soluciones con paneles operadores básicos hasta la visualización de procesos en sistemas multiusuario basados en PC.

Como las variables del PLC están siendo administradas por el TIA PORTAL la configuración del HMI se la realiza de manera rápida

y sencilla reduciendo el tiempo de desarrollo de ingeniería en al menos un 50%.

### **Sinamics Startdrive V12**

Con sinamics startdrive los accionamientos de SINAMICS G120 se integran de forma impecable en las soluciones de automatización de SIMATIC. Así son fáciles de programar, poner en marcha y de diagnosticar. Esto supone un ahorro de tiempo, reduce los errores en la ingeniería y el esfuerzo en la capacitación.

## **4.6 Programación**

### **4.6.1 Programación Del PLC**

El programa se desarrolló en lenguaje KOP (lenguaje ladder) en varios bloques de organización OB en donde se ejecuta las instrucciones para el control de los arranques de los motores, control de llenado de tanques y sistema de presión constante tal como puede apreciarse en el ***anexo 10***

### **4.6.2 Programación de pantallas – Sistema SCADA**

El desarrollo del proceso es controlado por el PLC pero por medio de la HMI se tiene la posibilidad de monitorear, manejar, emitir

avisos y administrar los parámetros del proceso. EL resumen de las pantallas desarrolladas en el software de muestran en el ***anexo 11.***

## **4.7 Diseño de diagramas del sistema**

### **4.7.1 Diagrama Esquemático**

El diagrama esquemático nos muestra la representación de cómo se encuentra estructurado el sistema al cual se está interviniendo. En el ***anexo 12*** se muestra el diagrama esquemático del sistema.

### **4.7.2 Diagrama P&ID**

El diagrama P&ID nos muestra la interconexión de los equipos en el proceso así como también los equipos utilizados para su control. En el ***anexo 13*** se muestra esta representación.

### **4.7.3 Diagrama Unifilar**

En el ***anexo 14*** puede verse representado el diagrama unifilar eléctrico del sistema a controlar. En este, se distinguen los equipos y protecciones que están en el sistema como también sus conexiones.

#### **4.7.4 Diagrama De Control**

En el **anexo 15** se muestran los diagramas del circuito de control que controlan los equipos y dispositivos instalados en el gabinete eléctrico. Estos diagramas nos muestran las conexiones entre los elementos de campo, dispositivos de mando, controladores que nos permiten el control del proceso. El nivel de voltaje de control se ha considerado en 110 VAC.

#### **4.7.5 Diagrama de Fuerza**

El diagrama de fuerza eléctrico nos detalla la conexión entre los equipos de arranque y dispositivos de protección con su alimentación y las cargas a quienes se desea comandar, en este caso a los motores. El nivel de voltaje es 440 VAC 3F. En el **anexo 16** se muestran estos esquemas.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

1. Se concluye que mediante el diseño propuesto del sistema de control de presión constante el proceso cuenta con un control mucho más estable, que permita mantener constante la presión de agua en el sistema de distribución para lograr la continua operación de las máquinas y procesos y la disminución de paros de producción.
2. Por medio del regulador PID integrado en el software de programación se es posible la puesta en marcha rápida y sencilla del proceso ya que por medio del autotuning se pueden obtener los parámetros de regulación óptimos para el controlador PID

3. Actualmente las potentes herramientas de software y hardware nos brindan una gran ventaja en el diseño y análisis de sistemas de control, característica inherente del PLC aprovechada para el modelado, diseño e implementación de los lazos de control que rigen el programa que controla el sistema de presión constante.
4. El paquete de software TIA PORTAL nos permitió sobre un mismo entorno programar y configurar el PLC, HMI y los variadores de frecuencia permitiendo así el desarrollo integrado, rápido, sencillo de estos componentes gracias a su diseño orientado a su uso intuitivo lo que ha significado ahorro del tiempo y costos.
5. Acogiendo las sugerencias de los revisores del proyecto de graduación se presenta el **anexo 17** la explicación de la simulación didáctica del proceso, con la finalidad de comprender la operación de la función PID del PLC que mediante la herramienta autotuning nos facilita la obtención de los parámetros de ajuste del proceso.

## **Recomendaciones**

1. Es de principal importancia que cuando se realice el autotuning del PID este sea probado para cada una de las bombas bajo condiciones funcionales de operación y se escoja los parámetros de ajuste que aportaron con una mejor respuesta al sistema.
2. Debido al número de bombas que intervienen en el proceso muchas de las cuales poseen un control on/off se recomienda la utilización de variadores de frecuencia con el fin de disminuir el consumo energético y provocar arranques suaves evitando perturbaciones en la red de distribución eléctrica de la planta.
3. Se recomienda a la empresa a la cual se ha realizado el diseño del proyecto propuesto desarrollar un estudio o estimación de las pérdidas económicas debido a paros por producción y mantenimiento de equipos del antes y después del proyecto con el objetivo de visualizar la mejora al tener un sistema estable y autosuficiente para suplir la demanda de agua requerida para los diferentes procesos de planta.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Morilla García, Fernando, “Controladores PID”, <http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/El%20controlador%20PID.pdf>, fecha de publicación enero 2007.
- [2] Mazzone, Virgilia, “Controladores PID”, <http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>, fecha de publicación marzo 2002.
- [3] Universidad de León de México, “El controlador PID básico”, <http://ira.unileon.es/es/book/export/html/268>, fecha de consulta agosto 2013.
- [4] Redrejo, José, “Diseño de sistemas de regulación y control”, [http://infoplcn.net/files/documentacion/control\\_procesos/infoPLC\\_net\\_ControlPID.pdf](http://infoplcn.net/files/documentacion/control_procesos/infoPLC_net_ControlPID.pdf), fecha de consulta agosto 2013.
- [5] Universidad Nacional de Tucuman de Argentina , “Diseño de sistemas de regulación y control”, <http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/>, fecha de consulta junio 2013.

[6] Sistemas Hidroneumáticos S.A, “Manual de procedimiento para el cálculo y selección de sistemas de bombeo <http://www.sishica.com/sishica/download/Manual.pdf>, fecha de consulta mayo 2013.

[7] SIEMENS INDUSTRY, “SIMATIC WinCC (TIA PORTAL)-INTERACTION”, “<http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia-portal/hmi-sw-tia-portal/wincc-tia-portal-es/interaccion/pages/default.aspx>, fecha de consulta agosto 2013.

[8] Angulo Bahón, Cecilio, Raya Giner, Cristóbal, “Tecnologías de sistemas de control”, Universidad Politécnica de Catalunya, 2004.

[9] ENEL Valjevo d.o.o , “Sinamics G120 Standart Inverters”, <http://www.enelva.rs/siemens/katalog/Kontrola%20kretanja/Sinamics%20G120.pdf>, fecha de consulta julio 2013.

# ANEXO 1



**LISTA DE ENTRADAS DIGITALES**

<b>NUMERO</b>	<b>TIPO</b>	<b>OBSERVACION</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>No. DE HILOS</b>	<b>DIRECCION</b>
1	24VDC	Bomba de agua 1 (7.5 hp) 11 amperios, 440V, Arranque directo	Confirmación de Run	2	I0.0
2			Confirmación de Falla	2	I0.1
3	24VDC	Bomba de agua 2 (7.5 hp) 11 amperios,440V, Arranque directo	Confirmación de Run	2	I0.2
4			Confirmación de Falla	2	I0.3
5	24VDC	Bomba de agua 3 (7.5 hp) 11 amperios,440V, Arranque directo	Confirmación de Run	2	I0.4
6			Confirmación de Falla	2	I0.5
7	24VDC	Agitador reactor 1 (3 hp) 4.5 amperios,440V, Arranque directo	Confirmación de Run	2	I0.6
8			Confirmación de Falla	2	I0.7
9	24VDC	Agitador reactor 2 (3 hp) 4.5 amperios,440V, Arranque directo	Confirmación de Run	2	I1.0
10			Confirmación de Falla	2	I1.1
11	24VDC	Dosificador de cloro 1 (1 hp) 1.8 amperios,440V, Arranque directo	Confirmación de Run	2	I1.2
12			Confirmación de Falla	2	I1.3
13	24VDC	Dosificador de cloro 2 (1 hp) 1.8 amperios,440V, Arranque directo	Confirmación de Run	2	I1.4
14			Confirmación de Falla	2	I1.5
15	24VDC	Dosificador de cal 1 (1.5 hp) 2.5 amperios,440V, Arranque directo	Confirmación de Run	2	I2.0
16			Confirmación de Falla	2	I2.1
17	24VDC	Dosificador de cal 2 (1.5 hp) 2.5 amperios,440V, Arranque directo	Confirmación de Run	2	I2.2
18			Confirmación de Falla	2	I2.3
19	24VDC	Bomba de agua 4 (12.5 hp) 16 amperios,440V, Arranque suave	Confirmación de Run	2	I2.4
20			Confirmación de Falla	2	I2.5
21	24VDC	Bomba de agua 5 (12.5 hp) 16 amperios,440V, Arranque suave	Confirmación de Run	2	I2.6
22			Confirmación de Falla	2	I2.7
23	24VDC	Pulsador de emergencia	Emergencia	2	I3.0
24	24VDC	Confirmación de cierre de válvula	Confirmación de A.V	2	I3,1
25	24VDC	Confirmación de apertura de válvula	Confirmación de C.V	2	I3,2

## LISTA DE SALIDAS DIGITALES

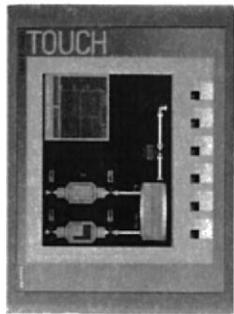
NUMERO	TIPO	OBSERVACION	DESCRIPCION	No. DE HILOS	DIRECCION
1	RELE	Bomba de agua 1 (7.5 hp) 11 amperios, 440V, Arranque directo	Star/stop	2	Q0.0
2	RELE	Bomba de agua 2 (7.5 hp) 11 amperios,440V, Arranque directo	Star/stop	2	Q0.1
3	RELE	Bomba de agua 3 (7.5 hp) 11 amperios,440V, Arranque directo	Star/stop	2	Q0.2
4	RELE	Agitador reactor 1 (3 hp) 4.5 amperios,440V, Arranque directo	Star/stop	2	Q0.3
5	RELE	Agitador reactor 2 (3 hp) 4.5 amperios,440V, Arranque directo	Star/stop	2	Q0.4
6	RELE	Dosificador de cloro 1 (1 hp) 1.8 amperios,440V, Arranque directo	Star/stop	2	Q0.5
7	RELE	Dosificador de cloro 2 (1 hp) 1.8 amperios,440V, Arranque directo	Star/stop	2	Q0.6
8	RELE	Dosificador de cal 1 (1.5 hp) 2.5 amperios,440V, Arranque directo	Star/stop	2	Q0.7
9	RELE	Dosificador de cal 2 (1.5 hp) 2.5 amperios,440V, Arranque directo	Star/stop	2	Q1.1
10	RELE	Bomba de agua 4 (12.5 hp) 16 amperios,440V, Arranque suave	Star/stop	2	Q1.2
11	RELE	Bomba de agua 5 (12.5 hp) 16 amperios,440V, Arranque suave	Star/stop	2	Q2.0
12	RELE	Salida para activar PID automático	PID enable	2	Q2.1
13	RELE	Apertura de válvula de alimentación de tanque cisterna	enable/disable	2	Q2.2
14	RELE	Cierre de válvula de alimentación de tanque cisterna	enable/disable	2	Q2.3

## LISTA DE ENTRADAS ANALOGICAS

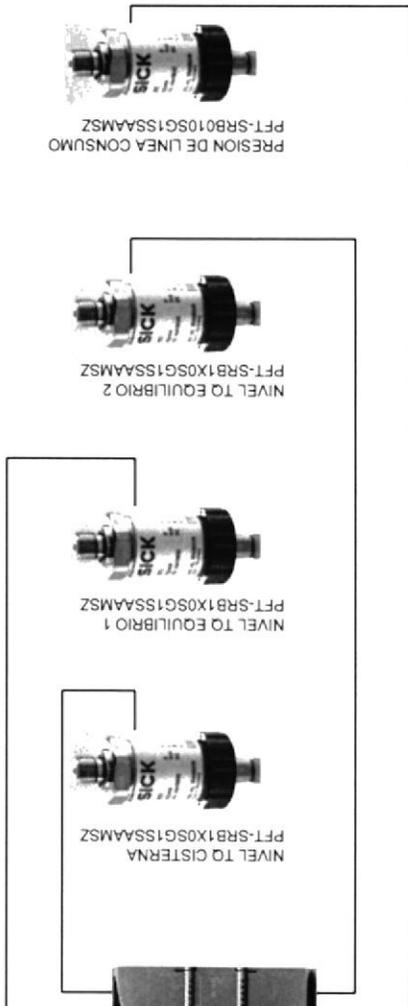
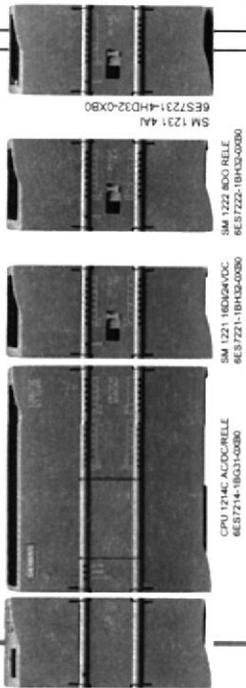
NUMERO	TIPO	DESCRIPCION	No. DE HILOS	DIRECCION
1	4-20mA	Nivel de tanque cisterna	2	IW40
2	4-20mA	Nivel de tanque equilibrio 1	2	IW42
3	4-20mA	Nivel de tanque equilibrio 2	2	IW44
4	4-20mA	Presión del sistema	2	IW46

## **ANEXO 2**

BOP-2 PANEL OPERADOR  
6AV9647-0AD11-3AX0



PLC S71200 - CONTROL PRESION  
CONSTANTE



BOMBA DE SALIDA # 1



BOMBA DE SALIDA # 2



BOMBA DE SALIDA # 3



BOMBA DE SALIDA # 4



BOMBA DE SALIDA # 5



PROFINET

MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE

FECHA	JULIO /2013
DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ
DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ
APROBADO	ING. EFREN HERRERA



ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE

PLANO N° 4.1
ESCALA: S/E
HOUJA: 1
HOUJAS: 1

PROYECTO

DESIGNACIÓN

# **ANEXO 3**

## CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PLC 1214C AC/DC/RELE

<b>Datos Técnicos Generales.</b>	
<b>Datos Técnicos</b>	<b>Descripción</b>
Referencia	6ES7 214-1BG31-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	110 X 100 X 75
Peso de Envío	475 gramos
Disipación de potencia	14 W
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1600 mA máx. (5 VDC)
Intensidad disponible (24 VDC)	400mA máx. (alimentación de sensores)
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 VDC)	4 mA / entrada utilizada
<b>Propiedades de la CPU</b>	
Memoria de trabajo	75 KB
Memoria de carga	4 MB interna, ampliable hasta tamaño de tarjeta SD
Memoria remanente	10 KB
E/S digitales Integradas	14 entradas/10 salidas
E/S analógicas Integradas	2 entradas de voltaje
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas(I)/1024 bytes de salidas (Q)
Área de marcas (M)	8192 bytes
Memoria temporal	16 KB para arranque y ciclo ( incluyendo los FB y FC asociados) 4 KB para eventos de alarma estándar, incluyendo FBs y FCs 4 KB para eventos de alarma de error, incluyendo FBs y FCs
Ampliación con módulos de señales	8 SM máx.
Ampliación con SB, CB o BB	1 máx.
Ampliación con módulos de comunicación	3 CMs máx.
Contadores rápidos	6 en total Fase simple: 3 a 100 kHz y 3 a 30 kHz de frecuencia de reloj Fase en cuadratura: 3 a 80 kHz y 3 a 20 kHz de frecuencia de reloj
Generadores de impulsos	4
Entradas de captura de impulsos	14
Alarmas de retardo/cíclicas	4 en total con resolución de 1ms
Alarmas de flanco	12 ascendentes y 12 descendentes (14 y 14 con signal board)
Precisión del reloj en tiempo real	(+/- 60 segundos/mes)
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	20 días típico/12 días min a 40 °C condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)
<b>Rendimiento</b>	
Booleano	0.08 microsegundos/instrucción
Transferir Palabra	1.7 microsegundos/instrucción
Funciones matemáticas con números reales	2.3 microsegundos/instrucción

<b>Comunicación</b>	
Numero de puertos	1
Tipo	Ethernet
Dispositivo HMI	3
Programadora (PG)	1
Conexiones	8 para open user communication (activa o pasiva): TSEND_C, TRCV_C, TCON, TDISCON, TSEND Y TRCV 3 Para comunicaciones S7 GET/PUT (CPU a CPU) de servidor 8 para comunicaciones S7 GET/PUT (CPU a CPU) de cliente
Transferencia de datos	10/100 Mb/s
Aislamiento (Señal Externa a lógica del PLC)	Aislado por transformador, 1500 V AC, solo para seguridad frente a defectos Breves
Tipo de cable	CAT5e apantallado

# ANEXO 4



## DATOS TECNICOS DEL SM 1222 DQ 8 X RELE

Modulo	SM 1222 DQ 8 x relé
Referencia	6ES7 222-1HF30-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	45 X 100 X 75
Peso	190 gramos
Disipación de potencia	4.5 W
Consumo de corriente (bus SM)	120 mA
Consumo de corriente (24 VDC)	11 mA/bobina de relé utilizada
Número de salidas	8
Tipo	Relé, Contacto seco
Rango de tensión	5 a 30 VDC o 5 a 250 VAC
Señal 1 lógico a intensidad máx.	--
Señal 0 lógico con carga de 10 kohms	--
Intensidad (máx.)	2.0 A
Carga de lámparas	30 W DC / 200 W AC
Resistencia en estado ON (contactos)	Max 0.2 OHMs (sin son nuevas)
Corriente de fuga por salida	--
Sobrecorriente momentánea	7 A si están cerrados los contactos
Protección contra sobrecargas	No
Aislamiento (campo lógico)	1500 VAC durante 1 minuto (bobina a contacto) Ninguno (bobina lógica)
Resistencia de aislamiento	100 Mohm min. Si son nuevas
Aislamiento entre contactos abiertos	750 VAC durante 1 minuto
Grupos de aislamiento	2
Intensidad por neutro (máx.)	10 Amp.
Tensión de bloqueo inductivo	--
Retardo de conmutación	10 ms máx.
Frecuencia Máxima de conmutación de relé	1 Hz
Vida útil mecánica (sin carga)	10.000.000 ciclos apertura/cierre
Vida útil de los contactos bajo carga nominal	100.000 ciclos apertura/cierre
Reacción al cambios de RUN a STOP	ultimo valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)
Número de salidas ON simultáneamente	8
Longitud de cables en metros	500 metros cable apantallado, 150 metros cables sin apantallar

## **ANEXO 5**

## DATOS TECNICOS DE LA UNIDAD DE CONTROL CU240E-2PN

Características	Datos
Referencias	6ES3244-0BB12-1FA0 Con interfaz PROFINET
Tensión de empleo	Alimentación del Power Module O bien externa a través de los bornes 31 y 32 con 24 VDC, como máximo 200VA Utilice una alimentación con pequeña tensión de protección (PELV=Protective Extra Low Voltaje según EN 61800-5-1): Los cables de 0V de la alimentación han de tener conexión de baja impedancia con la PE de la instalación. Ejemplo: Fuente de alimentación SITOP Power 5A
	La tensión de alimentación está aislada galvánicamente de los bornes de control
Tensiones de salida	(+24 V out (borne 9), 18 V.....28.8V, máx. 100 mA
	(+10V out (bornes 1 y 35), 9.5 V.....10,5V, máx. 10mA
Resolución de consigna	0.01 Hz
Entradas digitales	6 (DI0.....DI 5)
	Low < 5V, high > 11V
	Con aislamiento galvánico
	Tensión de entrada máxima 30 V
	Consumo de 5.5 mA
	Compatible con simatic
	Conmutable PNP/NPN
Entrada de impulsos	1 (DI 3) Frecuencia máxima 32kHz
	2 (AI 0, AI 1)
Entradas Analógicas	Entrada diferencial
	Conmutable 0V...10V, 0 mA.....20mA o -10V.....+10V
	Resolución de 12 bits
	Tiempo de reacción de 13ms ± 1ms con tiempo de inhibición de rebote p0724=0
Salidas Digitales	3 (DO 0....DO 2)
	DO 0: Salida de relé, 30VDC/máx. 0.5 A con carga óhmica DO 1: Salida de transistor, 30 VDC/máx. 0.5 con carga óhmica, protección contra inversión de polaridad en la tensión
	DO 2: Salida de relé, 30 VDC/máx. 0.5 A con carga óhmica
Salidas Analógicas	2 (AO 0, AO 1)
	0v...10V o 0 mA.... 20mA
	Potencial de referencia GND
	Resolución de 16 bits
	Tiempo de actualización 4ms

## **ANEXO 6**

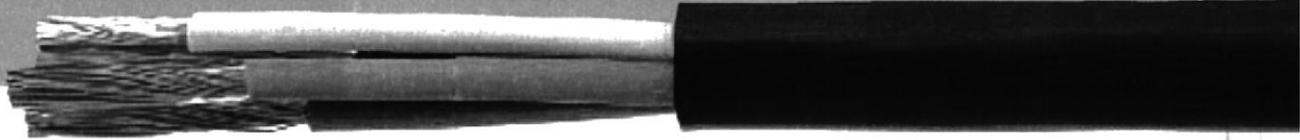
## DATOS TECNICOS DEL MODULO DE POTENCIA PM240

Propiedad	Variante
Tensión de red	3 AC 380 V.....480 V $\pm$ 10%
Tensión de salida	3 AC 0V.... Tensión de entrada x 0.95 (máx.)
Frecuencia de entrada	50 Hz.... 60Hz, $\pm$ 3 Hz
Frecuencia de salida	0 Hz....650 Hz, en función del tipo de regulación
Factor de potencia	0,7..... 0,85
Intensidad al conectar	Menor que la intensidad de entrada
Frecuencia de pulsación	4 kHz para 0,37 Kw....90Kw
	2 kHz para 110 Kw.....250 Kw
	La frecuencia de pulsación puede incrementarse en intervalos de 2 Khz. Al aumentar la frecuencia de pulsaciones se reduce la intensidad de salida
Métodos de frenado	Frenado por corriente continua, frenado combinado, frenado por resistencia con chopper de freno integrado
Grado de protección	Módulos empotrables IP20
Temperatura de almacenamiento	(-40°C..... +70°C)
Vibraciones	Vibraciones durante el funcionamiento clase 3M2 según EN 60721-3-3



# **ANEXO 7**

## MULTICONDUCTORES FLEXIBLES TSJ



### DESCRIPCIÓN

Multiconductores eléctricos flexibles, formados por cordones de hilos de cobre suave, recocido y trenzados en haz. Los conductores tienen un aislamiento termoplástico de Cloruro de Polivinilo (PVC) y una cubierta de Nylon. Adicionalmente, todo el conjunto está protegido por una cubierta externa de material termoplástico de Cloruro de Polivinilo (PVC).

Diseñado para operar a un voltaje máximo de 600 voltios, el TSJ se fabrica en formaciones dúplex, tríplex y cuádruplex, en calibres que van desde el 20 AWG hasta el 6 AWG.

### ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

Los conductores TSJ están respaldados por estándares de fabricación especialmente desarrollados para las aplicaciones permitidas. Como referencia se han tomado las normas internacionales ASTM B3, B174, UL-62 y normas internas de fabricación y de diseño de PHELPS DODGE CENTROAMÉRICA.

Este producto está diseñado para operar a una temperatura máxima, en el conductor, de 60°C en ambientes secos y húmedos.

La cubierta de Nylon de los conductores, protege contra los agentes químicos, y los derivados del petróleo, por lo que pueden ser utilizado en ambientes industriales tanto como en ambientes residenciales y comerciales.

La cubierta externa, de color negro, es resistente a los rayos ultravioleta de la luz solar, por lo que el producto puede ser utilizado a la intemperie, o sumergido.

### APLICACIONES

Las aplicaciones del TSJ están en el artículo 400 del NEC 2002.

El TSJ es ampliamente utilizado en la siguientes aplicaciones:

- Alambrado de electrodomésticos de bajo consumo
- Herramientas y lámparas portátiles.
- Sistemas de iluminación, cuando se requiera alimentar luminarias suspendidas, no ocultas y alimentadas con enchufe.
- Extensiones eléctricas portátiles.
- Como parte de un sistema temporal de alambrado.

### Usos NO Permitidos y Recomendaciones

- No pueden ser usados para sustituir el alambrado de salidas fijas, como tomacorrientes, apagadores, etc.
- No debe quedar aislado dentro de paredes, pisos o cielorasos.
- No debe pasar por huecos en las paredes, cielorasos o pisos.
- No debe pasar a través de puertas, ventanas o aberturas similares, en donde pueda dañarse debido a extremos filosos o puntiagudos.
- No debe ser engrapado o clavado a las estructura sólidas de la instalación o edificación.
- No debe ser instalado en tubería eléctrica.

- Cuando estén conectados a cajas de derivación o similares, se recomienda el uso de acoples o terminales que garanticen la integridad del conductor.
- Bajo ninguna circunstancia, el conductor deberá sustituir a los medios destinados para soporte mecánico de la instalación o los equipos.

### INFORMACIÓN TÉCNICA

Formación Calibre	Área del Conductor	Número de Hilos	Espesor de Cubierta Externa		Diámetro Total Aprox.		Peso Total Aprox.	Radio de Curvatura Mínimo	Resistencia Eléctrica c.d. Máx. @30°C	Capacidad de Corriente Máx. @30°C	
			pulg.	mm.	pulg.	mm.				Kg/Km	mm.
<b>2x20</b>	0.52	7	0.030	0.76	0.210	5.33	38	80	36.2	---	7
<b>2x18</b>	0.82	10	0.030	0.76	0.230	5.84	48	88	22.7	---	10
<b>2x16</b>	1.31	16	0.030	0.76	0.254	6.45	63	97	14.2	---	13
<b>2x14</b>	2.08	26	0.030	0.76	0.284	7.21	86	108	8.93	---	18
<b>2x12</b>	3.31	41	0.045	1.14	0.352	8.94	134	134	5.62	---	25
<b>2x10</b>	5.26	65	0.060	1.52	0.452	11.48	217	172	3.54	---	30
<b>2x8</b>	8.37	105	0.060	1.52	0.558	14.17	336	213	2.22	---	40
<b>2x6</b>	13.30	168	0.060	1.52	0.637	16.17	475	243	1.42	---	55
<b>3x18</b>	0.82	10	0.030	0.76	0.243	6.18	58	93	23.2	7	10
<b>3x16</b>	1.31	16	0.030	0.76	0.269	6.83	78	102	14.5	10	13
<b>3x14</b>	2.08	26	0.030	0.76	0.301	7.65	108	115	9.11	15	18
<b>3x12</b>	3.31	41	0.045	1.14	0.372	9.46	168	142	5.73	20	25
<b>3x10</b>	5.26	65	0.060	1.52	0.478	12.13	272	182	3.61	25	30
<b>3x8</b>	8.37	105	0.060	1.52	0.592	15.03	424	226	2.26	35	40
<b>3x6</b>	13.30	168	0.060	1.52	0.677	17.19	609	258	1.45	45	55
<b>4x18</b>	0.82	10	0.030	0.76	0.265	6.74	70	101	23.2	7	---
<b>4x16</b>	1.31	16	0.030	0.76	0.294	7.47	96	112	14.5	10	---
<b>4x14</b>	2.08	26	0.030	0.76	0.330	8.39	134	126	9.11	15	---
<b>4x12</b>	3.31	41	0.045	1.14	0.406	10.32	209	155	5.73	20	---
<b>4x10</b>	5.26	65	0.060	1.52	0.251	13.23	337	198	3.61	25	---
<b>4x8</b>	8.37	105	0.060	1.52	0.649	16.48	528	247	2.26	35	---
<b>4x6</b>	13.30	168	0.060	1.52	0.744	18.89	765	283	1.45	45	---

#### NOTAS:

- 1.- Las dimensiones son aproximadas y están sujetas a variaciones normales de fabricación.
- 2.- La capacidad de corriente está tomada de la tabla 400-5(A), columna B del NEC 2002.

#### IDENTIFICACIÓN

Los conductores individuales del TSJ se fabrican en colores de acuerdo a su formación:

- Dúplex: negro - blanco
- Tríplex: negro - blanco - rojo
- Cuádruplex: negro - blanco - rojo - verde

## **ANEXO 8**



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2 486:2009**

---

## **SISTEMA DE BANDEJAS METÁLICAS PORTACABLES, ELECTRO-CANALES O CANALETAS. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

METAL CABLE TRY SYSTEMS, ELECTROCHANNELS, REQUIREMENTS

First Edition

---

DESCRIPTORES: Ingeniería eléctrica, accesorios eléctricos, conductos, bandejas, canales, canaletas, requisitos

MC 06.10-401

CDU: 621.315

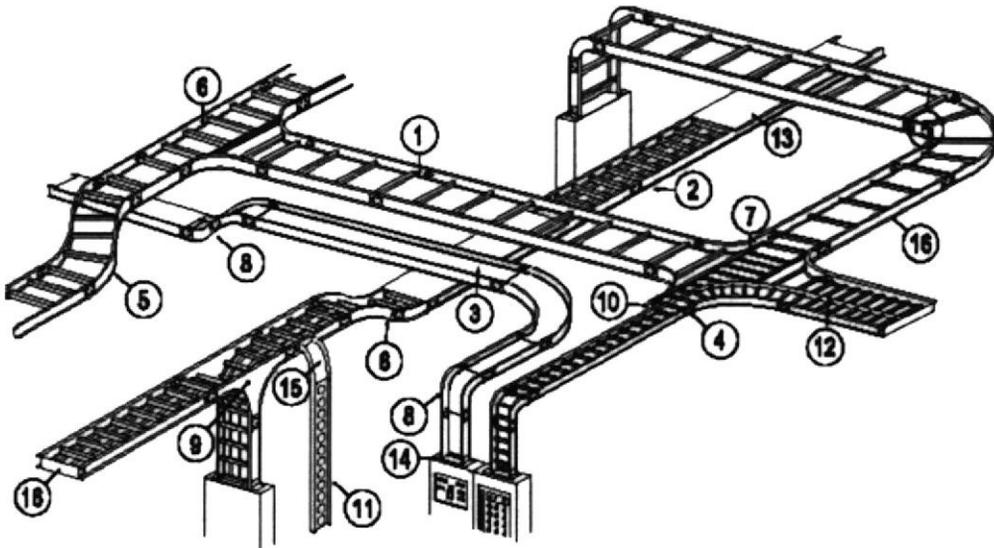
CIU: 3813

ICS: 29.120.10



CIB · ESPOL

FIGURA 1. Ilustración de las definiciones



- 1 Bandeja porta-cables tipo escalera
- 2 Bandeja porta-cables de base corrugada
- 3 Bandeja porta-cable de base sólida
- 4 Placa de unión
- 5 Codo horizontal
- 6 "T" horizontal
- 7 Cruz horizontal
- 8 Codo vertical
- 9 "T" vertical
- 10 Reducción
- 11 Bandeja porta-cable tipo ducto
- 12 División longitudinal
- 13 Tapa
- 14 Conexión a tablero
- 15 Codo vertical tipo ducto
- 16 Tapa final de tramo.

#### 4. CLASIFICACIÓN

4.1 Las bandejas porta-cables de acuerdo a su forma se clasifican en:

4.1.1 *Tipo escalerilla*

4.1.2 *Tipo ducto*

4.1.3 *Tipo malla*

(Continua)

## 5. REQUISITOS

### 5.1 Requisitos Dimensionales

#### 5.1.1 Longitudes de secciones rectas:

Las longitudes típicas son:

- a) 2400  $\pm$ 2 mm
- b) 3000  $\pm$ 2 mm
- c) 3050  $\pm$ 2 mm
- d) 6000  $\pm$ 2 mm
- e) 6100  $\pm$ 2 mm

#### 5.1.2 Ancho para secciones de las bandejas porta-cables (ver nota 1)

- a) 75 mm
- b) 100 mm
- c) 150 mm
- d) 200 mm
- e) 228 mm
- f) 300 mm
- g) 400 mm
- h) 455 mm
- i) 500 mm
- j) 510 mm.
- k) 600 mm
- l) 700 mm
- m) 760 mm
- n) 800 mm
- o) 900 mm
- p) 915 mm

#### 5.1.3. Alto del lateral

##### 5.1.3.1 Medidas típicas de alto del lateral para bandejas porta-cables tipo ducto (ver nota 2):

- a) 50 mm
- b) 80 mm
- c) 100 mm
- d) 150 mm.

##### 5.1.3.2 Alto del lateral para bandejas porta-cables tipo escalera (ver notas 3 y 4).

- a) 50
- b) 80
- c) 100
- d) 105
- e) 150
- f) 155

NOTA 1. La tolerancia del ancho es de  $\pm$  3 mm para las dimensiones exteriores, y el ancho externo (medido entre las partes más sobresalientes del lateral) no excederá el ancho interno por más de 100 mm.

NOTA 2. La tolerancia es de  $\pm$  2 mm las dimensiones son medidas exteriormente.

NOTA 3. La tolerancia es de  $\pm$  2 mm., las medidas serán tomadas exteriormente.

NOTA 4. La diferencia entre la altura exterior y la altura útil no debe exceder los 27 mm

(Continua)

**5.1.4** Espacios entre peldaños.

- a) 150 mm
- b) 225 mm
- c) 300 mm

**5.1.5** Radio interior de las secciones curvas.

- a) 300 mm
- b) 600 mm
- c) 900 mm.

**5.1.6.** Grados de arco para los codos.

- a) 30°
- b) 45°
- c) 60°
- d) 90°

**5.2. Requisitos Mecánicos****5.2.1** Capacidad de Carga

**5.2.1.1** Las clases estándar de bandejas porta-cables, se relacionan con su carga máxima y el espaciamiento de apoyo de diseño para una viga simple, descritas en la tabla 1 (ver nota 5)

**5.2.1.2** La concentración estática de cargas no se toma en cuenta en la tabla 1, algunas aplicaciones requieren una concentración de carga estática que esta por encima de la carga de trabajo, esta concentración estática de carga representa un peso estático aplicado en el centro de la bandeja porta-cables. Cuando se especifique, la carga estática concentrada puede ser convertida a una carga uniforme equivalente ( $W_e$ ) en kilogramos / metro. Utilizando la siguiente formula y añadiendo el peso estático de los cables en la bandeja porta-cables.

$$W_e = \frac{2 * (carga \cdot estática \cdot concentrada, Kg)}{Longitud \text{ entre soportes, } m}$$

Esta combinación de carga puede ser usada para seleccionar una apropiada designación de carga/distancia entre soportes (ver tabla 1). Si la combinación de cargas es superior a la carga de trabajo (ver tabla 1), se debe consultar al fabricante.

**TABLA 1.** Designación de clases según la carga y distancia entre soportes (ver nota 6)

CARGA kg/m	DISTANCIA ENTRE SOPORTES m				
	2,4	3	3,7	4,9	6
37	****	A	****	****	****
67	****	****	****	****	D
74	8A	****	12A	16A	20A
97	****	C	****	****	****
112	8B	****	12B	16B	E o 20B
149	8C	****	12C	16C	20C
179	****	D	****	****	****
299	****	E	****	****	****

NOTA 5. La carga de calificaciones en la tabla 1 son los más utilizados. Otros rangos de carga también son aceptables.

NOTA 6: 8A/B/C, 12A/B/C, 16A/B/C y 20A/B/C, son designaciones tradicionales NEMA (National Electrical Manufacturers Association), A,C,D y E son designaciones convencionales CSA (Canadian Standards Association)

(Continua)

**5.2.2 Materiales.** Las bandejas porta-cables se deben elaborar de cualquier metal resistente a la corrosión, como aluminio, acero limpio, o un metal con un acabado resistente a la corrosión.

**5.2.3 Acabados:** El acero al carbono usado para las bandejas porta-cables se protegerá contra la corrosión por uno de los procesos siguientes:

**5.2.3.1. Tipo 1** Galvanizado por inmersión en caliente después de la fabricación de acuerdo con la norma ASTM A 123 (ver nota 7)

**5.2.3.2. Tipo 2** Mili-galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo con ASTM A 653. mínimo Grado 60 (ver nota 8)

**5.2.4** Para la aplicación de otros recubrimientos, se realiza de acuerdo a las normas existentes para dicho proceso.

**5.2.5** Para instalaciones en ambientes favorables a la corrosión, como condiciones alcalinas y ácidas, pueden colocarse capas adicionales o de otro tipo, en el intermedio o al final de la manufactura.

**5.2.6** La tornillería de acero al carbono se protegerán contra la corrosión por uno de los siguientes procesos:

**5.2.6.1.** Zinc por electro-enchapado de acuerdo con la norma ASTM B 633

**5.2.6.2.** Otros recubrimientos apropiados, para la aplicación. Cuando existan normas reconocidas nacionalmente, la cobertura se la realizara de acuerdo a dicha norma.

**5.2.7. Calidad de fabricación.** La Bandeja porta-cables estará libre de rebabas y cortes afilados que puedan provocar daños en el recubrimiento de los cables durante la instalación.

**5.2.8 Accesorios.** Los accesorios pueden no satisfacer las necesidades de capacidad de carga de los segmentos rectos a menos que se apoyen de conformidad con las instrucciones del fabricante. (Ver nota 10)

### 5.3. Requisitos eléctricos

**5.3.1. Resistencia** La bandeja porta-cables debe cumplir con los ensayos especificados en el numeral 6.

#### 5.3.2 Uniones

**5.3.2.1** Las bandejas porta-cables y accesorios se proveerán con placas de unión y tornillería que cumplan los requisitos especificados en el numeral 6.1

**NOTA 7.** Los productos galvanizados por inmersión en caliente, son completamente limpiados, fundidos, y sumergidos en una tina de baño de zinc, la oxidación normal de las superficies galvanizadas requiere de un corto periodo de tiempo y aparece como una capa gris o blanca opaca. Algún grado de aspereza y variaciones de espesores pueden resultar del proceso de inmersión en caliente, ya que este tiene lugar al extremo bajo del rango de temperatura de alivio de tensión, y puede producirse una torsión. Los extremos deben ser tratados para remover cualquier aspereza o filo cortante.

**NOTA 8.** El mili-galvanizado por inmersión en caliente es producido por hojas de acero rodantes continuas o tiras en rollos a través de un baño de zinc fundido, el proceso involucra un pre-tratamiento del acero para hacer reaccionar la superficie rápidamente con el zinc fundido, ya que la línea transporta el material a través de la tina de baño con altas velocidades. Durante la fabricación, las zonas donde se han realizado cortes, soldadura de punto, deformaciones, corte de bordes, son afectadas por el calor y están expuestas a la oxidación superficial, estas áreas son entonces protegidas a través de la acción electrolítica de las superficies de zinc adyacentes. (ver nota 9). Para corrosividad o situaciones húmedas, otras capas pueden ser más convenientes.

**NOTA 9.** Cuando se realice un proceso de soldadura, que no sea soldadura de punto, se repara el área afectada según la norma ASTM A 780.

**NOTA 10.** Las bandejas porta-cables no deben usarse como una pasarela, escalera, o apoyo para las personas, es un soporte mecánico que sostiene cables y conductos, el uso de bandejas porta-cables como pasarelas puede causar daños personales, a otras bandejas porta-cables y a cables instalados.

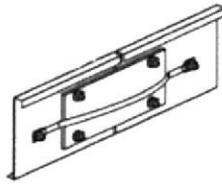
(Continúa)



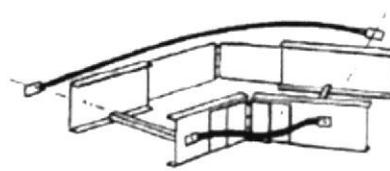
**5.3.2.2** Cuando la pintura o revestimientos adicionales se aplican a las bandejas porta-cables, se deberá garantizar una continuidad del sistema de acuerdo al numeral 6.2

**5.3.2.3** Puesta a tierra y conexiones. Las bandejas porta-cables deben ser conectadas a tierra y ser eléctricamente continuas según el artículo NEC 318<sup>1)</sup>, para especificaciones de áreas que requieren de unión para la continuidad eléctrica (ver figuras 2 y 3).

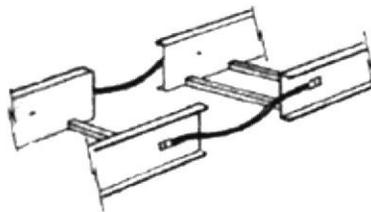
**5.3.2.4** Bandeja porta-cables utilizada como un equipo conductor de tierra (Ver figuras 1 a 4). La utilización de bandeja porta-cables de aluminio y acero es permitida como conductor a tierra, cuando esta etiquetada y marcada el área de la sección transversal disponible. (Ver tabla 1), si la bandeja porta-cable es usada como equipo conductor de tierra, se utilizan cable puente de unión instalados en los dos laterales (ver figura 1 a 4), a menos que las placas de unión satisfagan la continuidad eléctrica (ver tabla 2) para tamaños mínimos de conductores a tierra (ver nota 11).



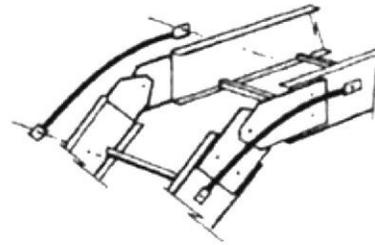
**FIGURA 2**  
Placas de expansión



**FIGURA 3**  
Placas de unión horizontal regulables



**FIGURA 4**  
Unión discontinua



**FIGURA 5**  
Placas de unión vertical regulables

**5.3.2.5.** Bandeja porta-cables con equipo conductor a tierra instalado por separado (ver figura 6). Cuando un cable conductor a tierra está instalado en el interior o en la bandeja porta-cable, puede ser unido mediante una abrazadera de conexión a tierra, los tipos de abrazadera para puesta a tierra incluyen las atornilladas al lateral, se debe utilizar una abrazadera para cada una de las secciones rectas.

En las bandeja porta-cables de aluminio, no se debe utilizar cable de cobre desnudo para conducir a tierra, y no son necesarios los cables puente de unión en caso de tener el cable conductor de tierra correctamente instalado.



**FIGURA 6**  
Abrazadera de conexión a tierra

<sup>1)</sup> NEC (National Electrical Code)

NOTA 11. Los accesorios fabricados en campo a partir de secciones rectas reducen notablemente la capacidad conductora del sistema por tanto no se recomienda utilizar la bandeja porta-cables tipo malla de alambre para realizar la conexión a tierra.

(Continúa)

**5.3.2.6 Propiedades de tamaño para equipo de conductor de tierra y Cables sujetadores.**

- a) *Aplicaciones de potencia.* Los puentes cable unión o equipo conductor a tierra separado se deben dimensionar de acuerdo al artículo NEC 250<sup>1)</sup> y 318<sup>1)</sup>, tenga en cuenta que la tabla NEC 318-7<sup>1)</sup> (b) (2) es la corriente de paso por el disyuntor, y no la máxima permitida. Si el amperaje máximo que la bandeja porta-cable puede soportar no es suficiente para el dispositivo de protección a ser utilizado, la bandeja porta-cables no puede ser usada como sistema de conexión a tierra y un sistema de conexión a tierra por separado debe ser incluido en cada cable o a la bandeja porta-cable.

Cables mono-conductores de 250 MCM se deben instalar en una sola capa, dejando un espacio entre conductores igual al diámetro del cable.

Cables multi-conductores 4/0 AWG o mayores se deben instalar en una sola capa, pueden estar uno a continuación del otro.

Cables multi-conductores menores a 4/0 AWG se pueden instalar en varias capas, pero la suma de las áreas de sección de los cables no debe ser mayor al 50% de área transversal útil de la bandeja porta-cables.

Para cables mono-conductores entre 250 y 1000 MCM, el área útil de la bandeja debe ser 2.5 veces el área de los conductores.

En general el área de sección transversal ocupada por los cables no debe sobrepasar el 50% del área útil de la bandeja porta-cables. (Ver artículo NEC 318-9<sup>1)</sup>)

- b) *Aplicaciones no eléctricas.* Los sistemas de bandeja porta-cables que contengan conductores que no son abarcados en el artículo NEC 250<sup>1)</sup>, (como comunicaciones, datos, cables de señal, etc.) requieren de uniones y puesta a tierra adecuada para la operación del sistema y buen rendimiento.

Las bandeja porta-cables que contienen dichos conductores deben ser eléctricamente continuos, por medio de los accesorios apropiados o el uso de un cable puente de unión aislado # 10 (mínimo).

En general el área de sección transversal ocupada por los cables no debe sobrepasar el 50% del área útil de la bandeja porta-cables.

- c) *Sistemas mixtos.* No es recomendable llevar en un mismo sistema de bandeja porta-cables circuitos eléctricos mayores a 600 voltios con circuitos de voltaje menor, de control o señales.

Cuando conductores de potencia y conductores no eléctricos son instalados en un sistema de bandejas porta-cables metálicas se deben tomar las recomendaciones del numeral 5.3.2.6(a) y (ver nota 12)

**5.4. Requisitos del área del metal.**

Deben cumplir con los especificados en la tabla 2

**TABLA 2. Requisitos del área de metal para bandeja porta-cables usadas como conductores de puesta a tierra**

Rango máximo de fusible en amperios. Corriente nominal del disyuntor. Calibración del relay de protección. Para protección de caída a tierra de cualquier circuito de cables en el sistema de bandejas porta-cables	Área mínima de sección del metal*	
	Bandeja porta-cables de Acero mm <sup>2</sup>	Bandeja porta-cables de aluminio, mm <sup>2</sup>
60	129	129
100	258	129
200	451,5	129
400	645	258
600	967,6**	258
1000	****	387
1200	****	645
1600	****	957,5
2000	****	1290**

\* Área total transversal, de ambos lados de los laterales a través de la bandeja porta-cable, área de la sección del perfil de la bandeja porta-cables tipo ducto de una sola pieza.

\*\* Bandeja porta-cables de acero que no se deben utilizar como equipo de puesta a tierra para circuitos con protección de caída a tierra por encima de 600 amperios. Las bandejas porta-cables de aluminio no se deben utilizar como equipo puesta a tierra para circuitos con protección de caída a tierra por encima de 2000 amperios.

NOTA 12. Se deben separar los cables de potencia y los no eléctricos utilizando una división longitudinal metálica.

5.5. Tamaño mínimo de los conductores. Son los expuestos en la tabla 3.

**TABLA 3** Tamaño mínimo de los conductores para sistemas de puesta a tierra y equipos

Rango o calibración del dispositivo automático de sobrecorriente en circuitos de quipos, conduit, etc. NO exceder (Amperios)	Tamaño de alambre AWG o kcmil	
	Tamaño de alambre de cobre	Aluminio o aluminio revestido de
15	14 AWG	12AWG
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250 kcmil
1600	4/0	350
2000	250 kcmil	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

### 5.6 Instalación de cables puente de unión (ver figura 7.)

Los tamaños típicos de cables puentes de unión (ver tabla 3) incluyen cables aislados, desnudos, y trenzados o laminados.



**FIGURA 7.** Cables puentes de unión.

Taladrar los agujeros en el lateral a 50 mm de cada extremo de la placa de unión, no usar los pernos de la placa de empalme para conectar los cable puentes de unión, la cabeza del tornillo debe estar dentro de la bandeja porta-cable, colocar el cable puente de unión fuera de la bandeja porta-cable, añadir la arandela plana, la tuerca, y apretar.

(Continua)

## ANEXOS A

## TIPOS DE SOPORTE Y MODO DE INSTALACIÓN.

## A1. Tipo Columpio (ver figuras A.1 a A.5)

Procedimiento para instalar:

- Colocar la tuerca en la varilla roscada aproximadamente 50 mm. por encima de la ubicación deseada para el fondo de la bandeja porta-cable.
- Deslizar las arandelas cuadradas seguidas por el canal estructural de apoyo.
- Insertar una arandela plana redonda y la segunda tuerca a la varilla roscada, para asegurar el soporte.
- Ubicar la parte superior del canal estructural de apoyo hasta el nivel donde se asentará la base de la bandeja porta-cable.
- Mover el segundo conjunto de arandelas y tuercas en la varilla roscada hasta la ubicación del canal estructural de apoyo para mantenerlo en dicho lugar.
- Asegúrese que el canal estructural de apoyo este sujeto y nivelado, mover el primer juego de tuercas hacia abajo de la varilla roscada, y apretar.

FIGURA A.1 Tuercas mordaza

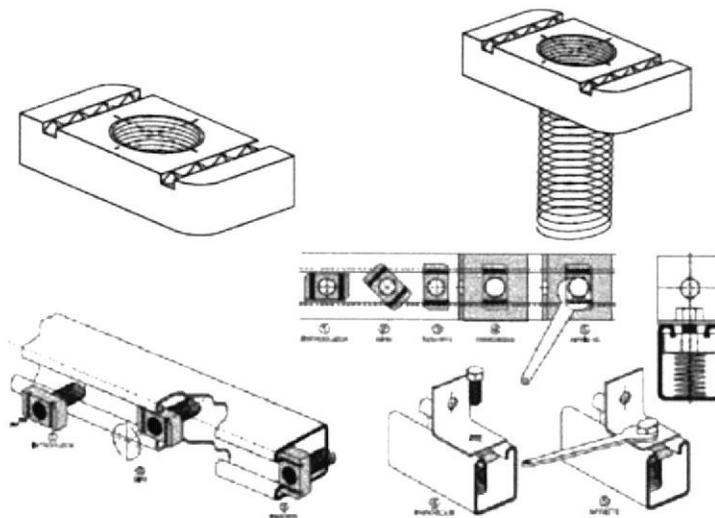
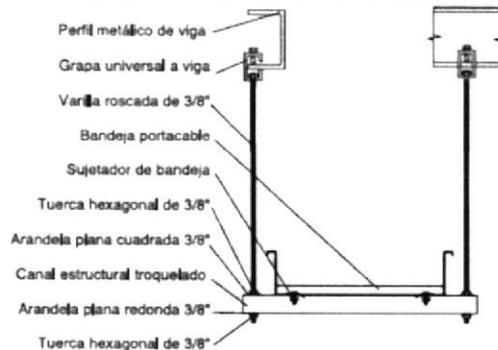
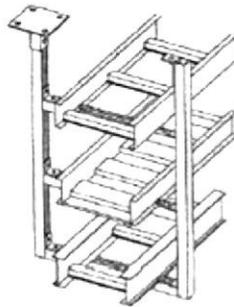


FIGURA A.2 Soporte con canal estructural

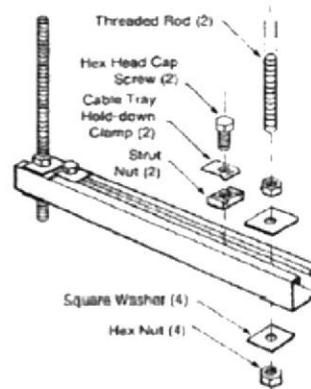


CIB - ESPOL

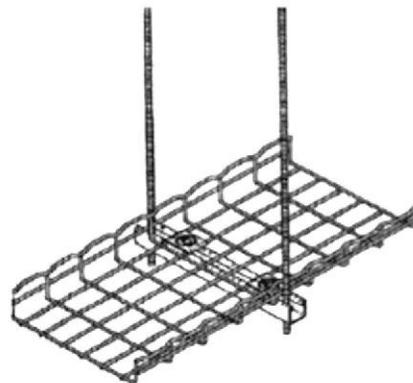
(Continúa)



**FIGURA A.3**  
 Instalación típica de un soporte con canal estructural



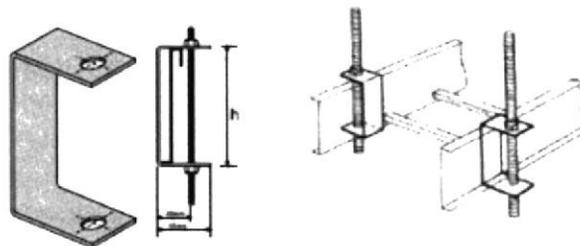
**FIGURA A.4**  
 Despiece del soporte con canal estructural



**FIGURA A.5**  
 Soporte colgante

**A.2 Abrazadera para soporte colgante (ver figuras A.6 a A.8).**

- a. Enroscar la tuerca en la varilla roscada aproximadamente 225 mm, por encima de la ubicación deseada para el fondo de la bandeja porta-cable.
- b. Colocar la abrazadera alrededor de los dos laterales de la bandeja porta-cables.
- c. Elevar la bandeja porta-cable hasta que la varilla roscada pase a través de los agujeros de las abrazaderas.
- d. Colocar un segundo conjunto de tuercas en la varilla roscada hasta llevar la base de la bandeja porta-cable hasta la posición deseada.
- e. Mover el primer conjunto de tuercas en la varilla roscada hasta asegurar la abrazadera.



**FIGURA A.6**  
 Soporte tipo c simple

(Continúa)

## ANEXO B

## SOPORTES, PLACAS DE UNION, DIVISIONES

**B.1 Instalación de secciones rectas.** Utilizar el torque por debajo de los datos para sujetadores y seguir las recomendaciones del fabricante para sujetadores no metálicos, estos valores de torque no aplican a secciones huecas como tubos.

TABLA B.1 Torque final (Ver nota 22)

MÉTRICO: CLASE 5.8	
TAMAÑO	TORQUE (N-m)
M8 x 1.25	14 – 16
M10 x 1.5	26 – 33
M12 x 1.78	45 – 58
NOTAS:	
1. Rosca no lubricada	
2. Acabado del sujetador: Zincado, plateado de cadmio y acero limpio	

## B.2 Posición de la sección recta

Después de instalar los soportes en su lugar se puede iniciar el montaje de la bandeja porta-cables en el sitio que se crea conveniente, no es necesario empezar al inicio de la carrera, se recomienda diseñar el recorrido para que las juntas entre bandejas se ubiquen máximo a 900 mm. de los soportes instalados (ver figura B.1). Esto maximiza la rigidez de la bandeja porta-cable.

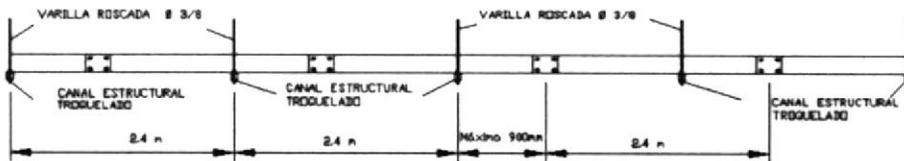


FIGURA B.1 Localización de los soportes

Colocar una sección recta a través de dos soportes para que los extremos de la sección no estén directamente en el soporte (ver Figura B.2), si el espacio de apoyo es igual a la longitud de los segmentos rectos, se deben colocar dos piezas unidas (ver Figura B.3). El espacio entre apoyos no debe ser mayor que la longitud de la sección recta o lo recomendado por el fabricante, para garantizar que no más de un empalme se sitúe entre los soportes. Sin embargo, algunas bandeja porta-cables y algunos diseños de empalme pueden permitir la ubicación aleatoria del empalme.

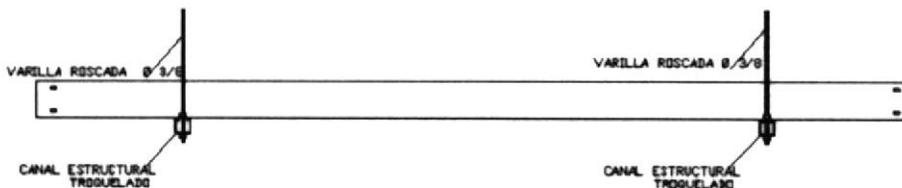
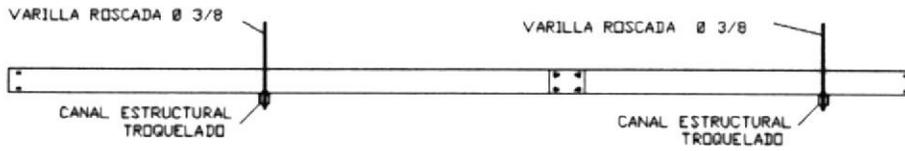


FIGURA B.2 Instalación de bandeja porta-cables

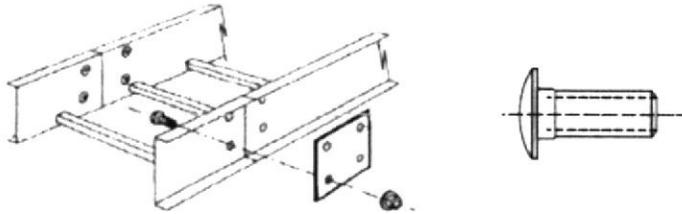
NOTA 22. Las medidas de la Tabla B.1 tienen as siguientes equivalencias M8 es similar a ¼-20 GRADO 2 UNC, M10 es similar a 3/8-16 GRADO 2 UNC, M12 es similar a ½-13 GRADO 2 UNC.

(Continua)



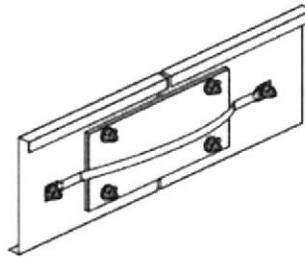
**FIGURA B.3 Instalación de bandeja porta-cables**

Colocar la siguiente sección recta a través del próximo apoyo, sujétela a la sección anterior con un par de placas y pernos, las placas se deben colocar en el exterior de la bandeja porta-cable a menos que lo especifique el fabricante, con la cabeza del perno en el interior de la bandeja porta-cable (ver figura B.4)



**FIGURA B.4 Sujeción de la placa de expansión**

**B.3 Dilatación en placas de expansión.** Es importante tomar en cuenta la contracción y dilatación térmica cuando se instalan las bandejas porta-cables, la longitud de la carrera y el diferencial de temperatura regulan la distancia máxima necesaria entre placas de expansión (ver figura B.5 y la tabla B.2).



**FIGURA B.5 Instalación de las placas de expansión**

(Continua)

## **ANEXO 9**

# NFPA 70 National Electrical Code 2002 Edition

An International Electrical Code™ Series



NFPA, 1 Batterymarch Park, PO Box 9101, Quincy, MA 02269-9101  
An International Codes and Standards Organization

NFPA License Agreement

This document is copyrighted by the National Fire Protection Association (NFPA), 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101 USA.  
All rights reserved.

NFPA grants you a license as follows: The right to download an electronic file of this NFPA document for temporary storage on one computer for purposes of viewing and/or printing one copy of the NFPA document for individual use. Neither the electronic file nor the hard copy print may be reproduced in any way. In addition, the electronic file may not be distributed elsewhere over computer networks or otherwise. The hard copy print may only be used personally or distributed to other employees for their internal use within your organization.



CIB - ESPOL

*Exception: For enclosing the leads of motors as permitted in 430.145(B).*

**(B) Maximum.** RMC larger than metric designator 155 (trade size 6) shall not be used.

FPN: See 300.1(C) for the metric designators and trade sizes. These are for identification purposes only and do not relate to actual dimensions.

**344.22 Number of Conductors.** The number of conductors or cables shall not exceed that permitted by the percentage fill specified in Table 1, Chapter 9.

Cables shall be permitted to be installed where such use is permitted by the respective cable articles. The number of cables shall not exceed the allowable percentage fill specified in Table 1, Chapter 9.

**344.24 Bends — How Made.** Bends of RMC shall be made so that the conduit is not damaged and the internal diameter of the conduit is not effectively reduced. The radius of the curve of any field bend to the centerline of the conduit shall not be less than indicated in Table 344.24.

**Table 344.24 Radius of Conduit Bends**

Conduit Size		One Shot and Full Shoe Benders		Other Bends	
Metric Designator	Trade Size	mm	in.	mm	in.
16	½	101.6	4	101.6	4
21	¾	114.3	4½	127	5
27	1	146.05	5¾	152.4	6
35	1¼	184.15	7¼	203.2	8
41	1½	209.55	8¼	254	10
53	2	241.3	9½	304.8	12
63	2½	266.7	10½	381	15
78	3	330.2	13	457.2	18
91	3½	381	15	533.4	21
103	4	406.4	16	609.6	24
129	5	609.6	24	762	30
155	6	762	30	914.4	36

**344.26 Bends — Number in One Run.** There shall not be more than the equivalent of four quarter bends (360 degrees total) between pull points, for example, conduit bodies and boxes.

**344.28 Reaming and Threading.** All cut ends shall be reamed or otherwise finished to remove rough edges. Where conduit is threaded in the field, a standard cutting die with a 1 in 16 taper (¾-in. taper per foot) shall be used.

FPN: See ANSI/ASME B.1.20.1-1983, *Standard for Pipe Threads, General Purpose (Inch)*.

**344.30 Securing and Supporting.** RMC shall be installed as a complete system as provided in Article 300 and shall be securely fastened in place and supported in accordance with 344.30(A) and (B).

**(A) Securely Fastened.** RMC shall be securely fastened within 900 mm (3 ft) of each outlet box, junction box, device box, cabinet, conduit body, or other conduit termination. Fastening shall be permitted to be increased to a distance of 1.5 m (5 ft) where structural members do not readily permit fastening within 900 mm (3 ft). Where approved, conduit shall not be required to be securely fastened within 900 mm (3 ft) of the service head for above-the-roof termination of a mast.

**(B) Supports.** RMC shall be supported in accordance with one of the following.

- (1) Conduit shall be supported at intervals not exceeding 3 m (10 ft).
- (2) The distance between supports for straight runs of conduit shall be permitted in accordance with Table 346.30(B)(2), provided the conduit is made up with threaded couplings, and such supports prevent transmission of stresses to termination where conduit is deflected between supports.
- (3) Exposed vertical risers from industrial machinery or fixed equipment shall be permitted to be supported at intervals not exceeding 6 m (20 ft), if the conduit is made up with threaded couplings, the conduit is firmly supported at the top and bottom of the riser, and no other means of intermediate support is readily available.
- (4) Horizontal runs of RMC supported by openings through framing members at intervals not exceeding 3 m (10 ft) and securely fastened within 900 mm (3 ft) of termination points shall be permitted.

**Table 344.30(B)(2) Supports for Rigid Metal Conduit**

Conduit Size		Maximum Distance Between Rigid Metal Conduit Supports	
Metric Designator	Trade Size	m	ft
16-21	½-¾	3.0	10
27	1	3.7	12
35-41	1¼-1½	4.3	14
53-63	2-2½	4.9	16
78 and larger	3 and larger	6.1	20

**344.42 Couplings and Connectors.**

**(A) Threadless.** Threadless couplings and connectors used with conduit shall be made tight. Where buried in masonry

or concrete, they shall be the concretetight type. Where installed in wet locations, they shall be the raintight type.

**(B) Running Threads.** Running threads shall not be used on conduit for connection at couplings.

**344.46 Bushings.** Where a conduit enters a box, fitting, or other enclosure, a bushing shall be provided to protect the wire from abrasion unless the design of the box, fitting, or enclosure is such as to afford equivalent protection.

FPN: See 300.4(F) for the protection of conductors sizes 4 AWG and larger at bushings.

**344.56 Splices and Taps.** Splices and taps shall be made in accordance with 300.15.

**344.60 Grounding.** RMC shall be permitted as an equipment grounding conductor.

### III. Construction Specifications

**344.120 Marking.** Each length shall be clearly and durably identified in every 3 m (10 ft) as required in the first sentence of 110.21. Nonferrous conduit of corrosion-resistant material shall have suitable markings.

**344.130 Standard Lengths.** The standard length of RMC shall be 3.05 m (10 ft), including an attached coupling, and each end shall be threaded. Longer or shorter lengths with or without coupling and threaded or unthreaded shall be permitted.

## ARTICLE 348 Flexible Metal Conduit: Type FMC

### I. General

**348.1 Scope.** This article covers the use, installation, and construction specifications for flexible metal conduit (FMC) and associated fittings.

### 348.2 Definition.

**Flexible Metal Conduit (FMC).** A raceway of circular cross section made of helically wound, formed, interlocked metal strip.

**348.6 Listing Requirements.** FMC and associated fittings shall be listed.

### II. Installation

**348.10 Uses Permitted.** FMC shall be permitted to be used in exposed and concealed locations.

**348.12 Uses Not Permitted.** FMC shall not be used in the following:

- (1) In wet locations unless the conductors are approved for the specific conditions and the installation is such that liquid is not likely to enter raceways or enclosures to which the conduit is connected
- (2) In hoistways, other than as permitted in 620.21(A)(1)
- (3) In storage battery rooms
- (4) In any hazardous (classified) location other than as permitted in 501.4(B) and 504.20
- (5) Where exposed to materials having a deteriorating effect on the installed conductors, such as oil or gasoline
- (6) Underground or embedded in poured concrete or aggregate
- (7) Where subject to physical damage

### 348.20 Size.

**(A) Minimum.** FMC less than metric designator 16 (trade size ½) shall not be used unless permitted in 348.20(A)(1) through (5) for metric designator 12 (trade size ⅜).

- (1) For enclosing the leads of motors as permitted in 430.145(B)
- (2) In lengths not in excess of 1.8 m (6 ft) for any of the following uses:
  - a. For utilization equipment
  - b. As part of a listed assembly
  - c. For tap connections to luminaires (lighting fixtures) as permitted in 410.67(C)
- (3) For manufactured wiring systems as permitted in 604.6(A)
- (4) In hoistways as permitted in 620.21(A)(1)
- (5) As part of a listed assembly to connect wired luminaire (fixture) sections as permitted in 410.77(C)

**(B) Maximum.** FMC larger than metric designator 103 (trade size 4) shall not be used.

FPN: See 300.1(C) for the metric designators and trade sizes. These are for identification purposes only and do not relate to actual dimensions.

**348.22 Number of Conductors.** The number of conductors shall not exceed that permitted by the percentage fill specified in Table 1, Chapter 9, or as permitted in Table 348.22 for metric designator 12 (trade size ⅜).

Cables shall be permitted to be installed where such use is permitted by the respective cable articles. The number of cables shall not exceed the allowable percentage fill specified in Table 1, Chapter 9.

## **ANEXO 10**

## Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

### ARRANQUES AGITADOR Y DOSIFICADOR [FC4]

#### ARRANQUES AGITADOR Y DOSIFICADOR Propiedades

##### General

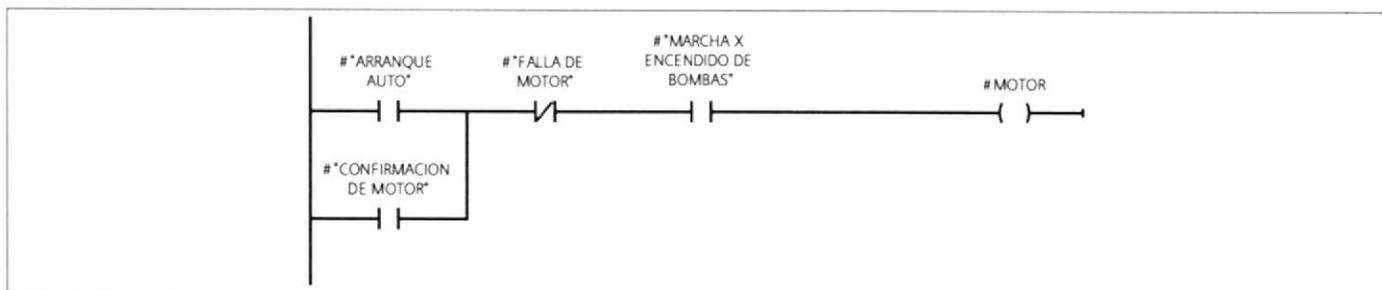
Nombre	ARRANQUES AGITADOR Y DOSIFICADOR	Número	4	Tipo	FC
Idioma	KOP				

##### Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
▼ Input			
ARRANQUE AUTO	Bool		
MARCHA X ENCENDIDO DE BOMBAS	Bool		
CONFIRMACION DE MOTOR	Bool		
FALLA DE MOTOR	Bool		
▼ Output			
MOTOR	Bool		
InOut			
Temp			
▼ Return			
ARRANQUES AGITADOR Y DOSIFICADOR	Void		

#### Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#*ARRANQUE AUTO*		Bool	
#*MARCHA X ENCENDIDO DE BOMBAS*		Bool	
#*CONFIRMACION DE MOTOR*		Bool	
#*FALLA DE MOTOR*		Bool	
#MOTOR		Bool	

## ARRANQUES DE BOMBAS [FC3]

### ARRANQUES DE BOMBAS Propiedades

#### General

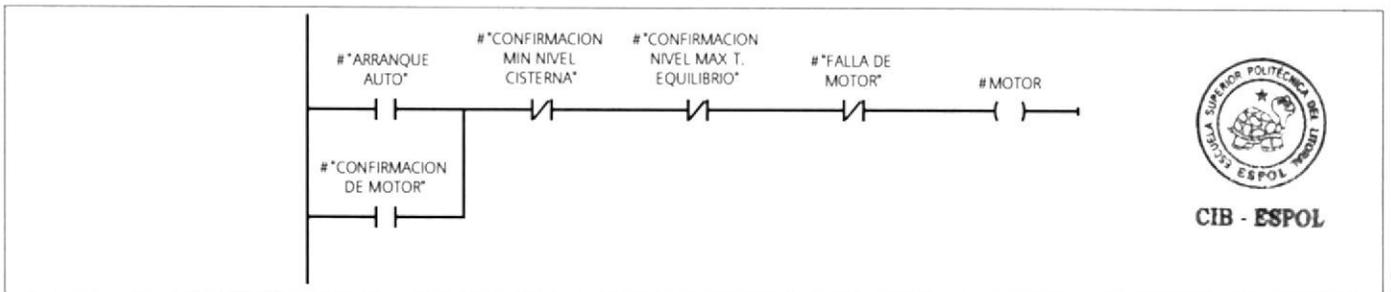
Nombre	ARRANQUES DE BOMBAS	Número	3	Tipo	FC
Idioma	KOP				

#### Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
▼ Input			
ARRANQUE AUTO	Bool		
CONFIRMACION MIN NIVEL CISTERNA	Bool		
CONFIRMACION NIVEL MAX T.EQUILIBRIO	Bool		
CONFIRMACION DE MOTOR	Bool		
FALLA DE MOTOR	Bool		
▼ Output			
MOTOR	Bool		
InOut			
Temp			
▼ Return			
ARRANQUES DE BOMBAS	Void		

### Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#*ARRANQUE AUTO*		Bool	
#*FALLA DE MOTOR*		Bool	
#MOTOR		Bool	
#*CONFIRMACION MIN NIVEL CISTERNA*		Bool	
#*CONFIRMACION NIVEL MAX T.EQUILIBRIO*		Bool	
#*CONFIRMACION DE MOTOR*		Bool	

## Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

### ARRANQUES DE VARIADORES [FC2]

#### ARRANQUES DE VARIADORES Propiedades

##### General

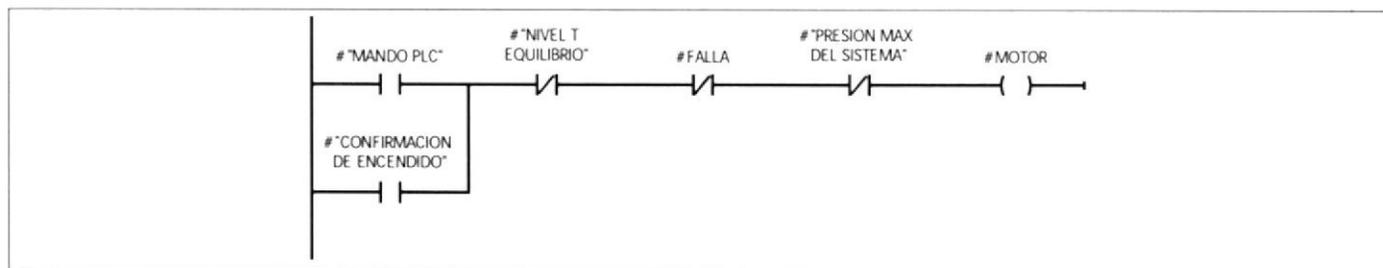
<b>Nombre</b>	ARRANQUES DE VARIADORES	<b>Número</b>	2	<b>Tipo</b>	FC
<b>Idioma</b>	KOP				

##### Información

<b>Título</b>		<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	
<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
▼ Input			
MANDO PLC	Bool		
CONFIRMACION DE ENCENDIDO	Bool		
NIVEL T EQUILIBRIO	Bool		
PRESION MAX DEL SISTEMA	Bool		
FALLA	Bool		
▼ Output			
MOTOR	Bool		
InOut			
Temp			
▼ Return			
ARRANQUES DE VARIADORES	Void		

#### Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#"MANDO PLC"		Bool	
#"CONFIRMACION DE ENCENDIDO"		Bool	
#"NIVEL T EQUILIBRIO"		Bool	
#FALLA		Bool	
#MOTOR		Bool	
#"PRESION MAX DEL SISTEMA"		Bool	

## BITS DE MANDO VARIADORES [OB126]

### BITS DE MANDO VARIADORES Propiedades

#### General

Nombre	BITS DE MANDO VARIADORES	Número	126	Tipo	OB.ProgramCycle
--------	--------------------------	--------	-----	------	-----------------

Idioma	KOP
--------	-----

#### Información

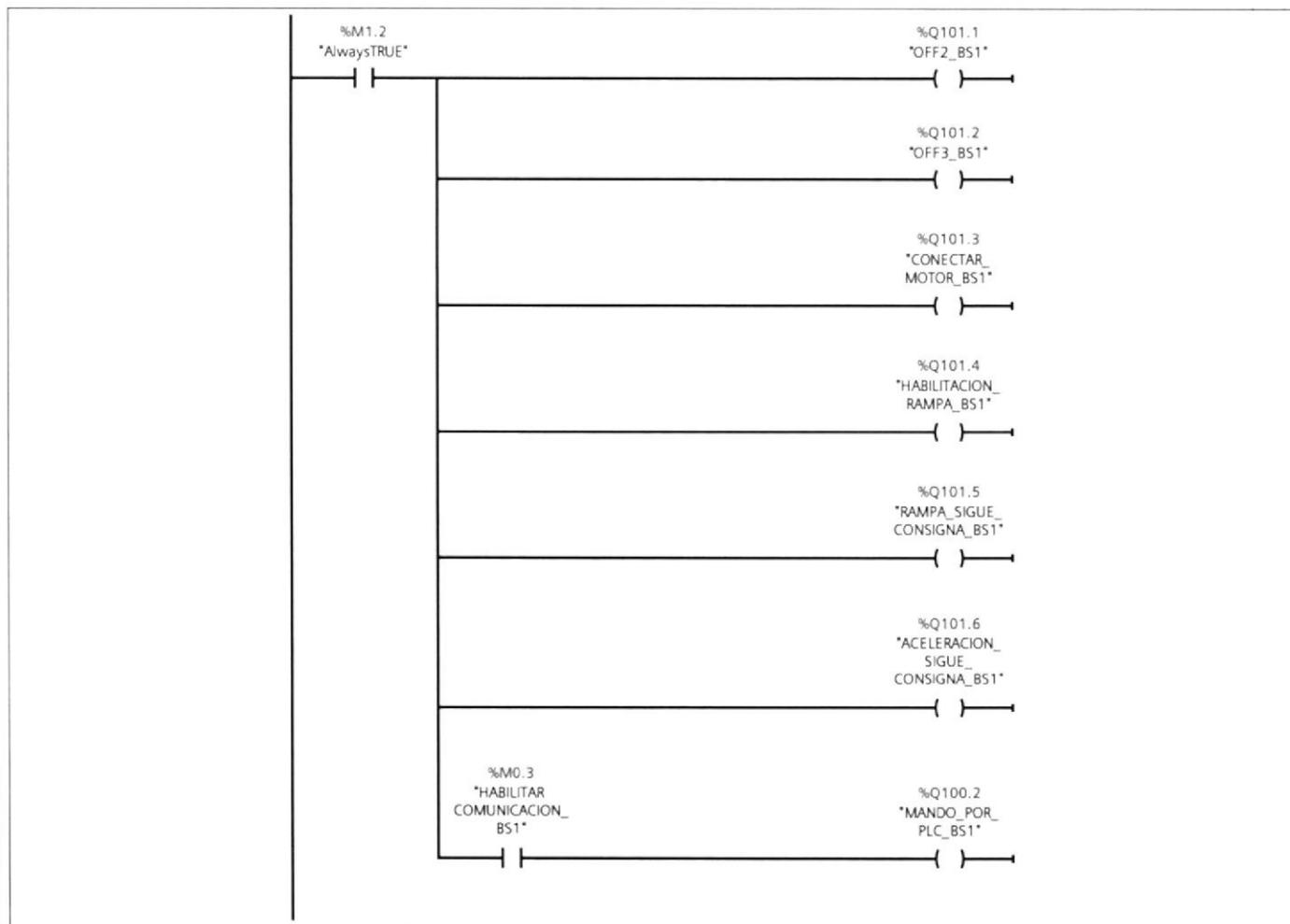
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	BITS DE MANDO DE VARIADORES
--------	------------------------------	-------	--	------------	-----------------------------

Familia		Versión	0.1	ID personalizada	
---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
Temp			

### Segmento 1:

ALISTAR VARIADOR 1 PARA ARRANQUE POR MEDIO DE LA PALABRA DE MANDO

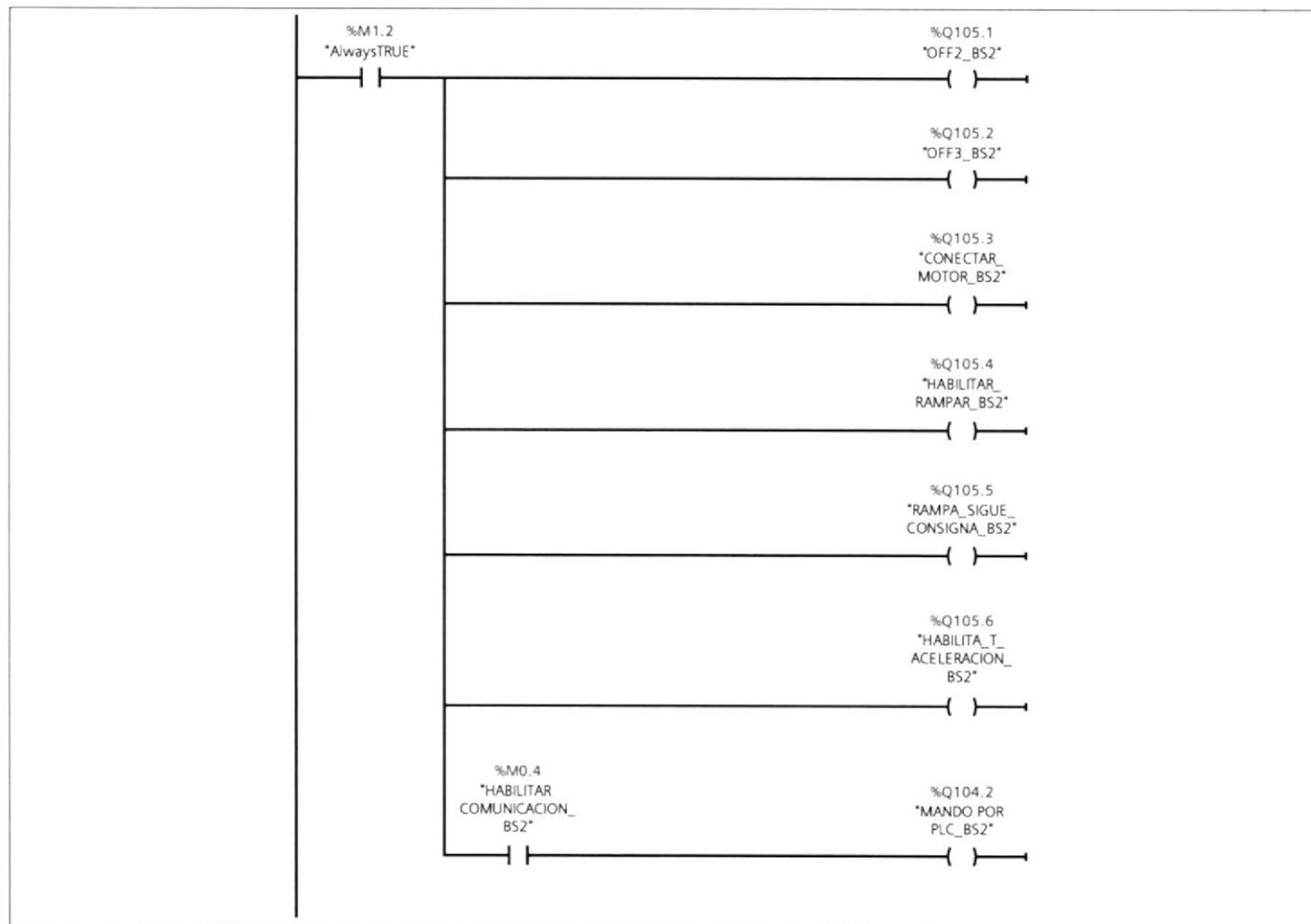


Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AlwaysTRUE"	%M1.2	Bool	
"OFF2_BS1"	%Q101.1	Bool	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"OFF3_BS1"	%Q101.2	Bool	
"CONECTAR_MOTOR_BS1"	%Q101.3	Bool	
"HABILITACION_RAMPA_BS1"	%Q101.4	Bool	
"RAMPA_SIGUE_CONSIGNA_BS1"	%Q101.5	Bool	
"ACELERACION_SIGUE_CONSIGNA_BS1"	%Q101.6	Bool	
"MANDO_POR_PLC_BS1"	%Q100.2	Bool	
"HABILITAR COMUNICACION_BS1"	%M0.3	Bool	

### Segmento 2:

ALISTAR VARIADOR 2 PARA ARRANQUE POR MEDIO DE LA PALABRA DE MANDO

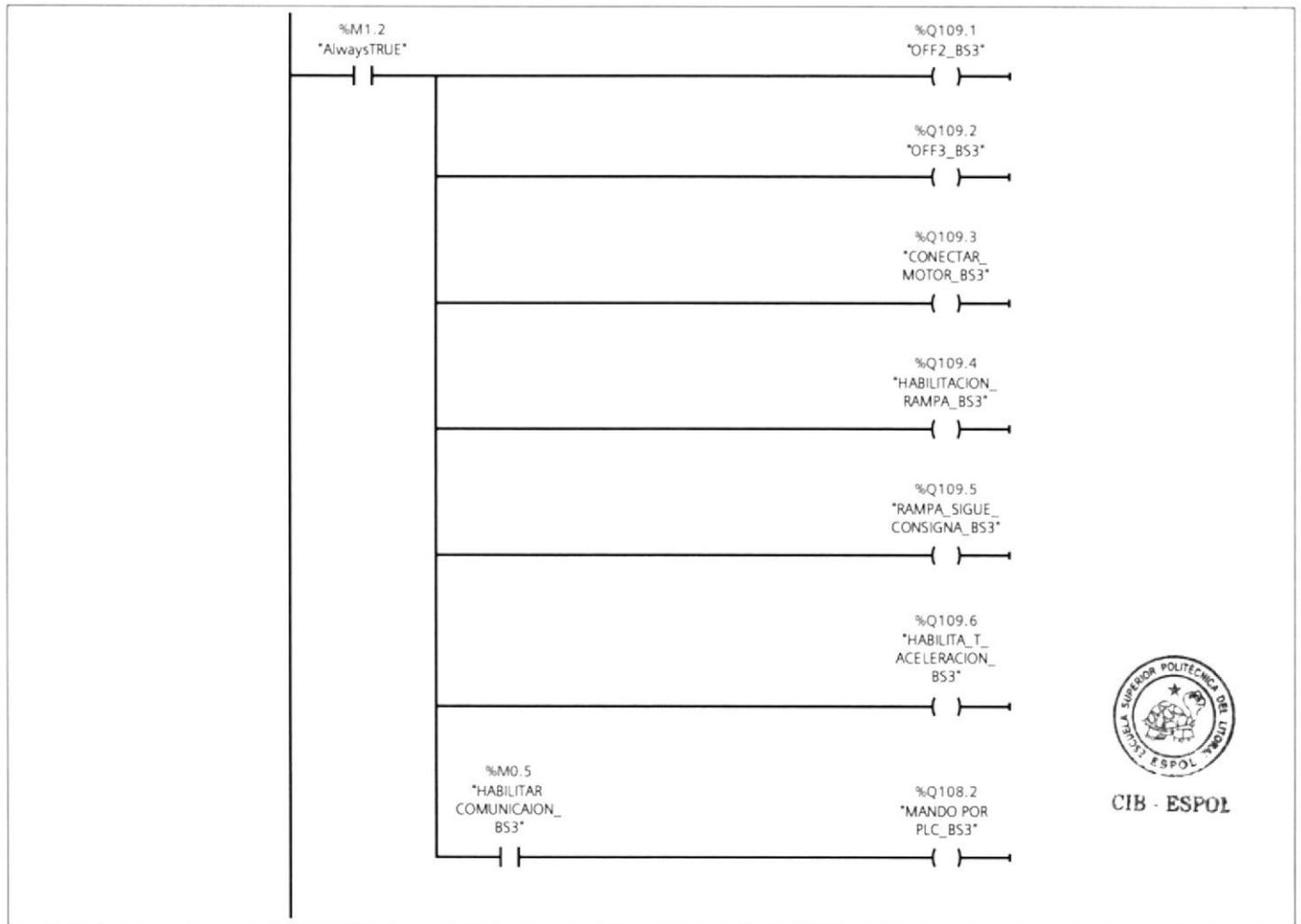


Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AlwaysTRUE"	%M1.2	Bool	
"OFF2_BS2"	%Q105.1	Bool	
"OFF3_BS2"	%Q105.2	Bool	
"CONECTAR_MOTOR_BS2"	%Q105.3	Bool	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"HABILITAR_RAMPAR_BS2"	%Q105.4	Bool	
"RAMPA_SIGUE_CONSIGNA_BS2"	%Q105.5	Bool	
"HABILITA_T_ACCELERACION_BS2"	%Q105.6	Bool	
"MANDO POR PLC_BS2"	%Q104.2	Bool	
"HABILITAR COMUNICACION_BS2"	%M0.4	Bool	

### Segmento 3:

ALISTAR VARIADOR 3 PARA ARRANQUE POR MEDIO DE LA PALABRA DE MANDO

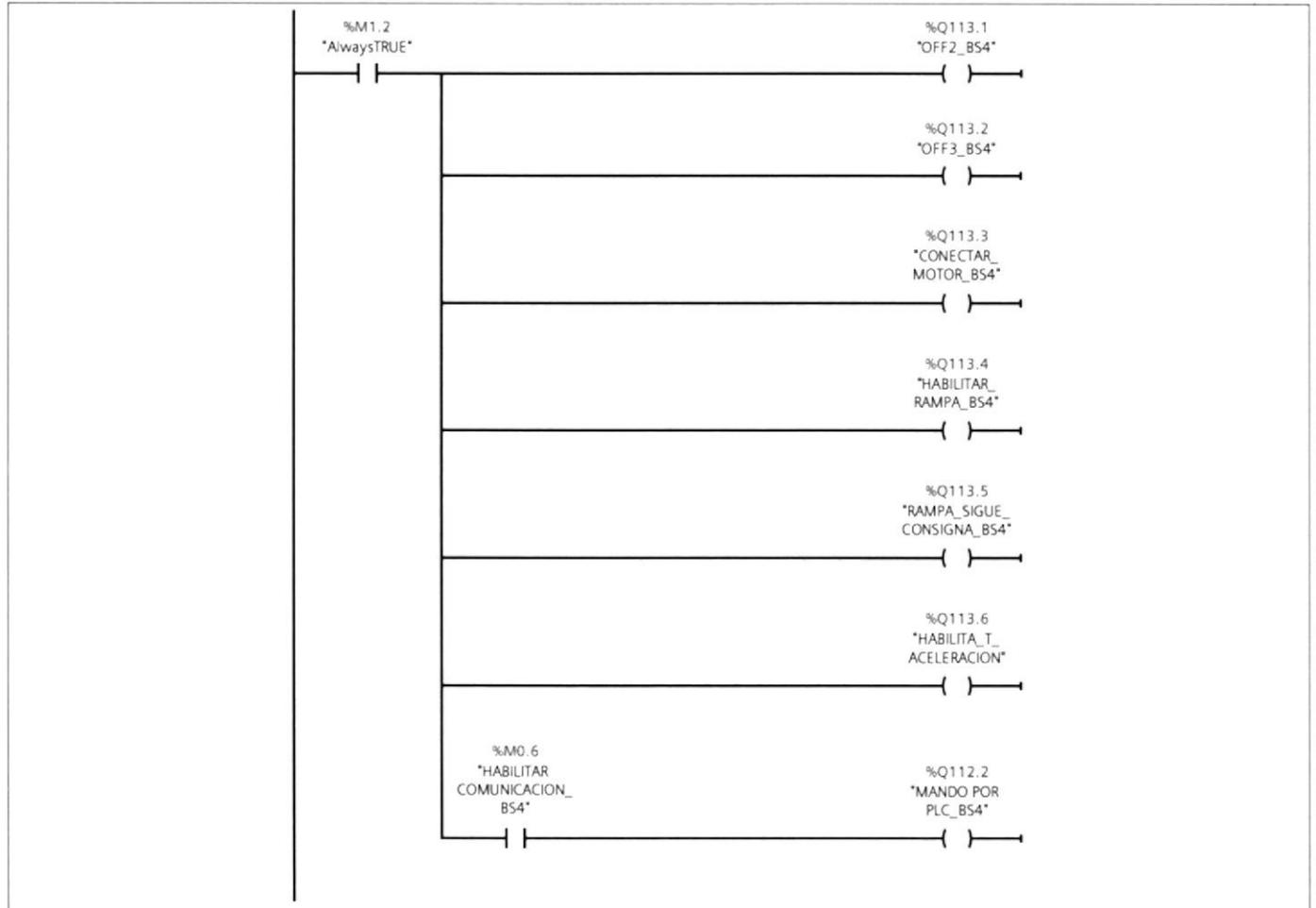


Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AlwaysTRUE"	%M1.2	Bool	
"OFF2_BS3"	%Q109.1	Bool	
"OFF3_BS3"	%Q109.2	Bool	
"CONECTAR_MOTOR_BS3"	%Q109.3	Bool	
"HABILITACION_RAMPA_BS3"	%Q109.4	Bool	
"RAMPA_SIGUE_CONSIGNA_BS3"	%Q109.5	Bool	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"HABILITA_T_ACELERA- CION_BS3"	%Q109.6	Bool	
"MANDO POR PLC_BS3"	%Q108.2	Bool	
"HABILITAR COMUNI- CAION_BS3"	%M0.5	Bool	

#### Segmento 4:

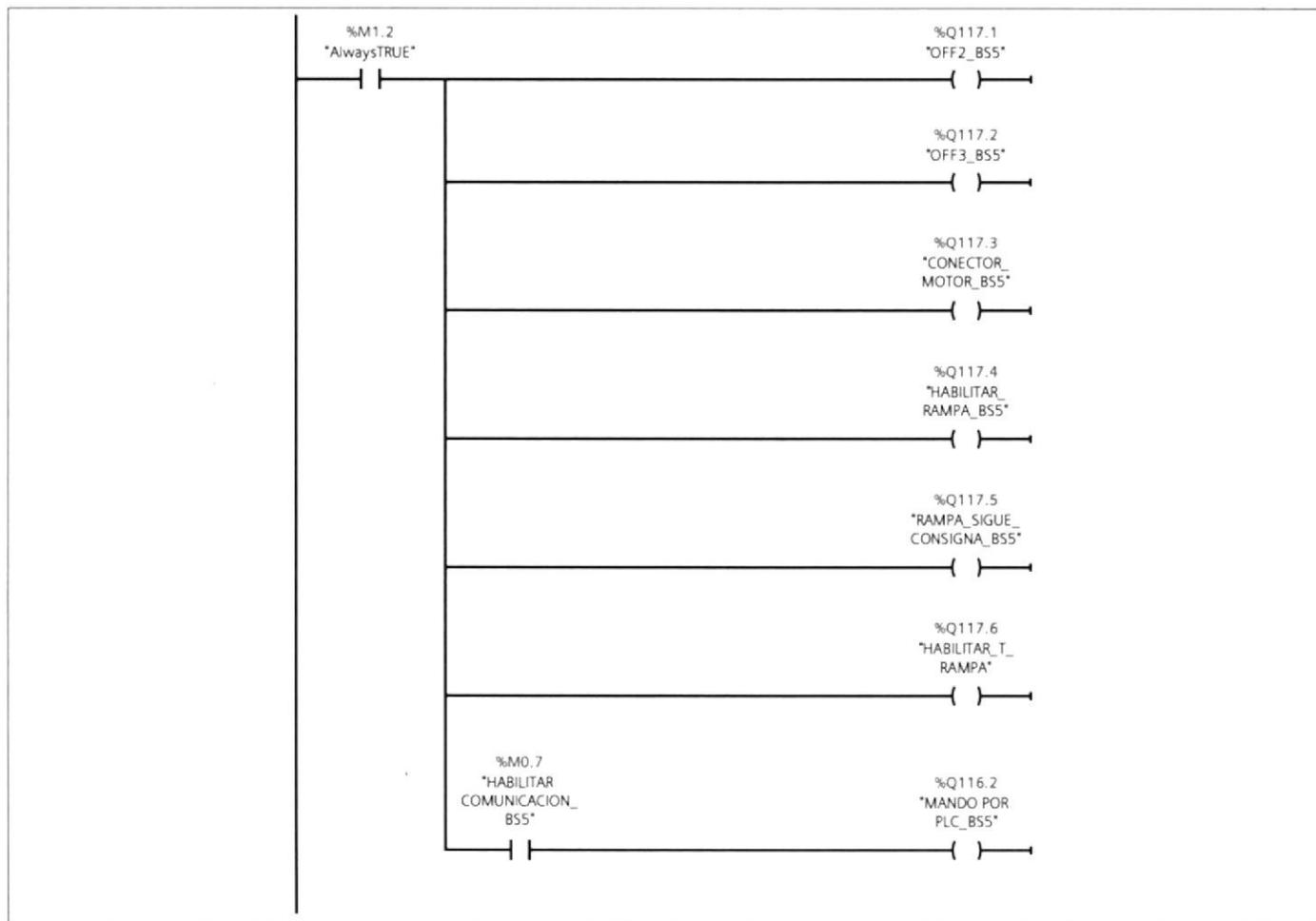
ALISTAR VARIADOR 4 PARA ARRANQUE POR MEDIO DE LA PALABRA DE MANDO



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AlwaysTRUE"	%M1.2	Bool	
"OFF2_BS4"	%Q113.1	Bool	
"OFF3_BS4"	%Q113.2	Bool	
"CONECTAR_MO- TOR_BS4"	%Q113.3	Bool	
"HABILITAR_RAMPA_BS4"	%Q113.4	Bool	
"RAMPA_SIGUE_CONSI- GNA_BS4"	%Q113.5	Bool	
"HABILITA_T_ACELERA- CION"	%Q113.6	Bool	
"MANDO POR PLC_BS4"	%Q112.2	Bool	
"HABILITAR COMUNICA- CION_BS4"	%M0.6	Bool	

### Segmento 5:

#### ALISTAR VARIADOR 5 PARA ARRANQUE POR MEDIO DE LA PALABRA DE MANDO



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AlwaysTRUE"	%M1.2	Bool	
"OFF2_B55"	%Q117.1	Bool	
"OFF3_B55"	%Q117.2	Bool	
"CONECTOR_MOTOR_B55"	%Q117.3	Bool	
"HABILITAR_RAMPA_B55"	%Q117.4	Bool	
"RAMPA_SIGUE_CONSIGNA_B55"	%Q117.5	Bool	
"HABILITAR_T_RAMPA"	%Q117.6	Bool	
"MANDO POR PLC_B55"	%Q116.2	Bool	
"HABILITAR COMUNICACION_B55"	%M0.7	Bool	

# Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

## BOMBAS DE ENTRADAS [OB1]

### BOMBAS DE ENTRADAS Propiedades

#### General

<b>Nombre</b>	BOMBAS DE ENTRADAS	<b>Número</b>	1	<b>Tipo</b>	OB.ProgramCycle
<b>Idioma</b>	KOP				

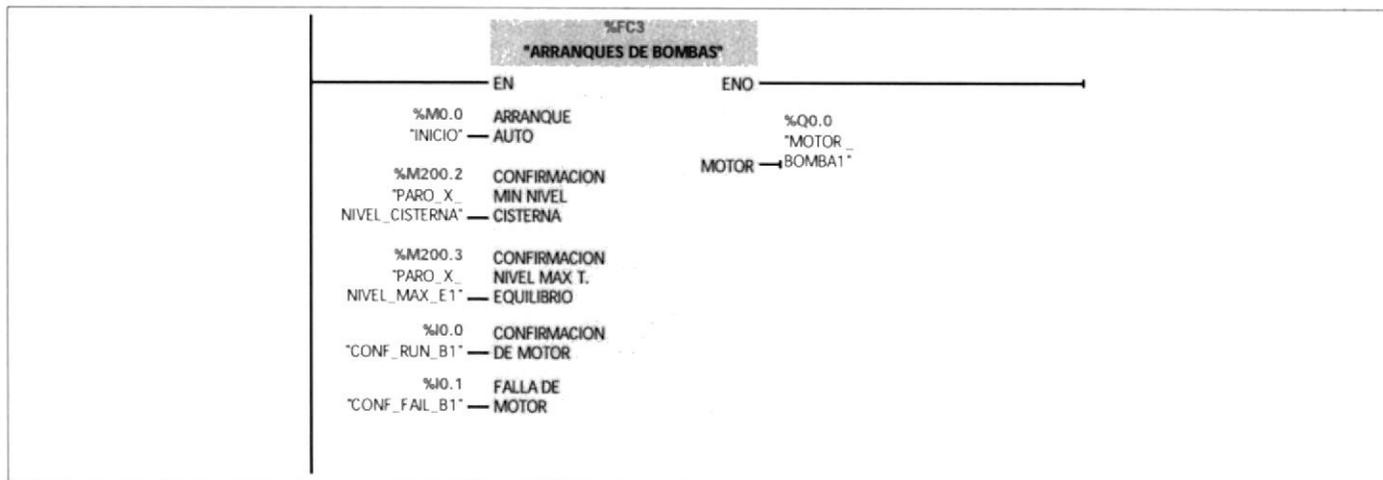
#### Información

<b>Título</b>	"Main Program Sweep (Cycle)"	<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	
<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
▼ Temp			
OUTPUTAND1	Bool		
OUTPUTXOR1	Bool		

### Segmento 1:

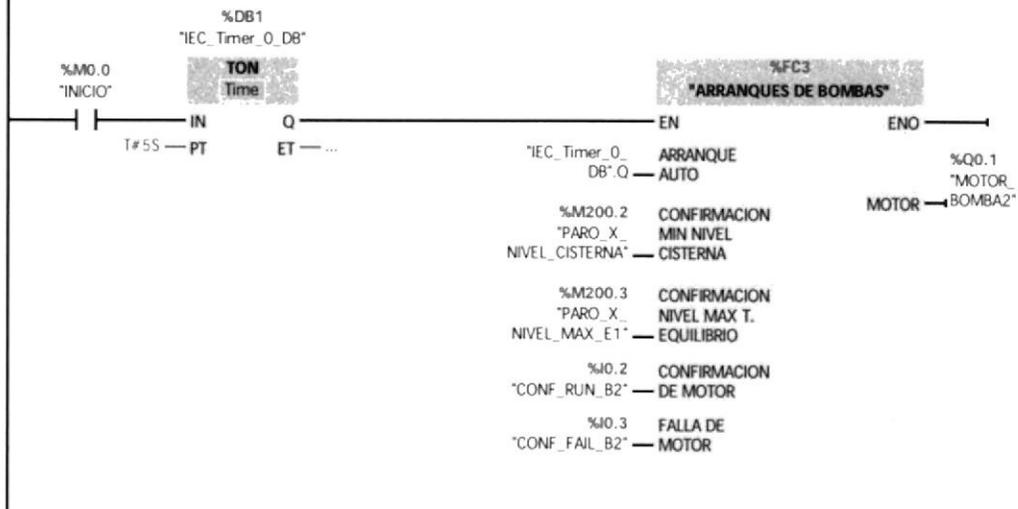
#### ARRANQUE BOMBA 1



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ARRANQUES DE BOMBAS"	%FC3	Block_FC	
"INICIO"	%M0.0	Bool	
"CONF_RUN_B1"	%IO.0	Bool	
"CONF_FAIL_B1"	%IO.1	Bool	
"MOTOR_BOMBA1"	%Q0.0	Bool	
"PARO_X_NIVEL_MAX_E1"	%M200.3	Bool	
"PARO_X_NIVEL_CISTERNA"	%M200.2	Bool	

### Segmento 2:

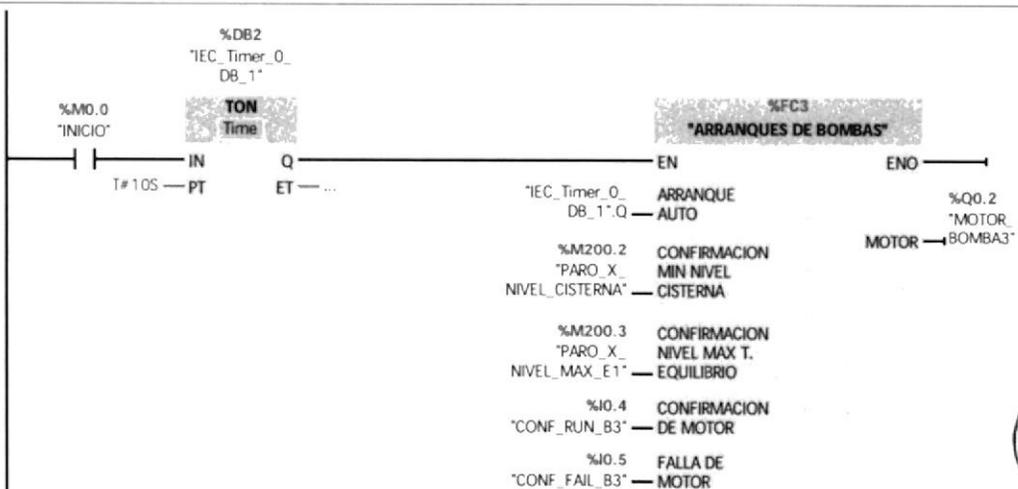
#### ARRANQUE BOMBA 2



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ARRANQUES DE BOMBAS"	%FC3	Block_FC	
"INICIO"	%M0.0	Bool	
"CONF_RUN_B2"	%I0.2	Bool	
"CONF_FAIL_B2"	%I0.3	Bool	
"MOTOR_BOMBA2"	%Q0.1	Bool	
"PARO_X_NIVEL_MAX_E1"	%M200.3	Bool	
"IEC_Timer_0_DB"	%DB1	IEC_Timer	
T#5S	T#5S	Time	
"IEC_Timer_0_DB"	%DB1	IEC_Timer	
"IEC_Timer_0_DB".Q		Bool	
"PARO_X_NIVEL_CISTERNA"	%M200.2	Bool	

### Segmento 3:

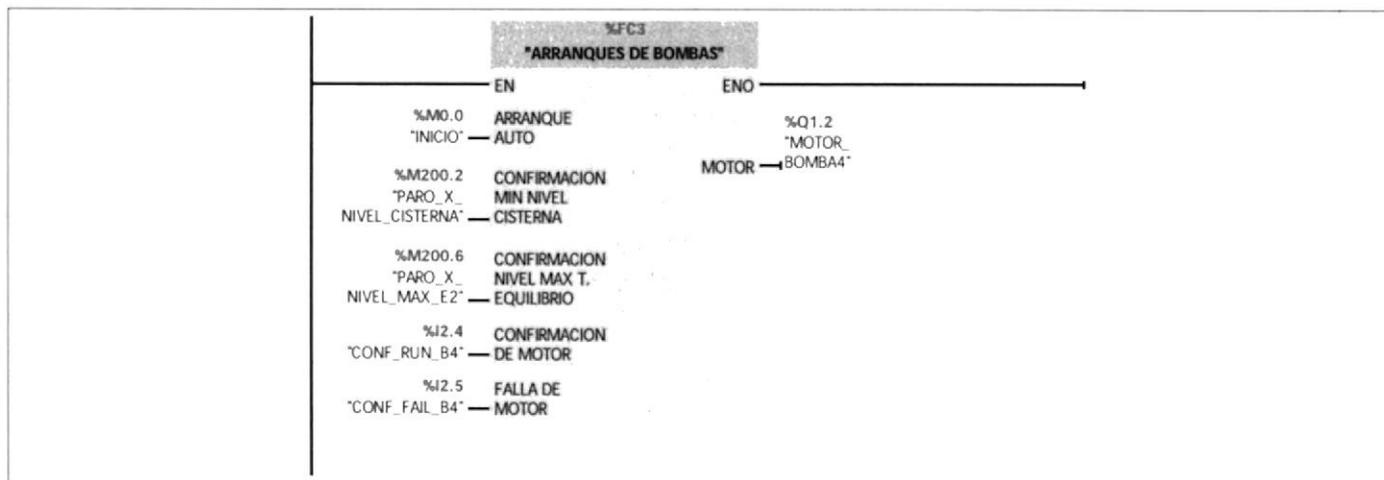
#### ARRANQUE BOMBA 3



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ARRANQUES DE BOMBAS"	%FC3	Block_FC	
"INICIO"	%M0.0	Bool	
"CONF_RUN_B3"	%I0.4	Bool	
"CONF_FAIL_B3"	%I0.5	Bool	
"MOTOR_BOMBA3"	%Q0.2	Bool	
"PARO_X_NIVEL_MAX_E1"	%M200.3	Bool	
"IEC_Timer_0_DB_1"	%DB2	IEC_Timer	
T#10S	T#10S	Time	
"IEC_Timer_0_DB_1"	%DB2	IEC_Timer	
"IEC_Timer_0_DB_1".Q		Bool	
"PARO_X_NIVEL_CISTERNA"	%M200.2	Bool	

#### Segmento 4:

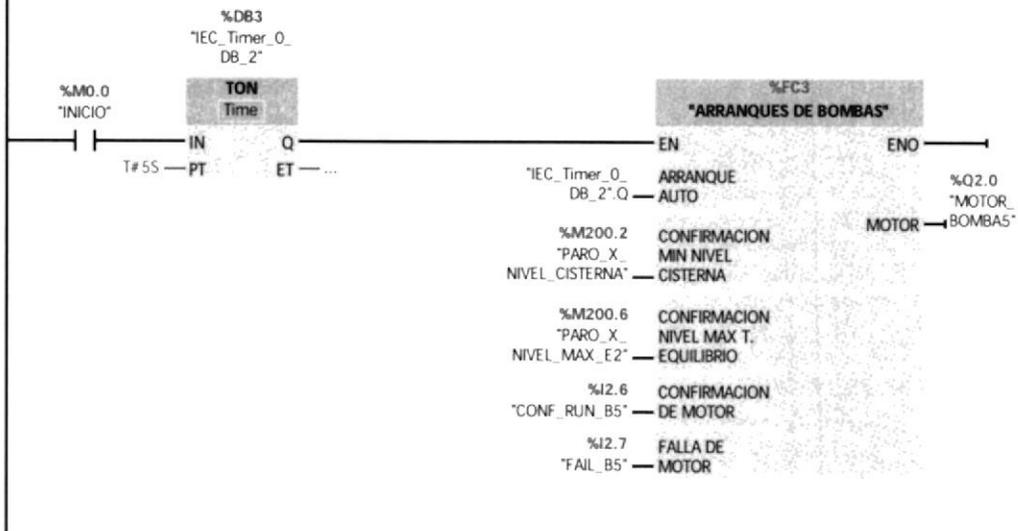
##### ARRANQUE BOMBA 4



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ARRANQUES DE BOMBAS"	%FC3	Block_FC	
"INICIO"	%M0.0	Bool	
"CONF_RUN_B4"	%I2.4	Bool	
"CONF_FAIL_B4"	%I2.5	Bool	
"MOTOR_BOMBA4"	%Q1.2	Bool	
"PARO_X_NIVEL_MAX_E2"	%M200.6	Bool	
"PARO_X_NIVEL_CISTERNA"	%M200.2	Bool	

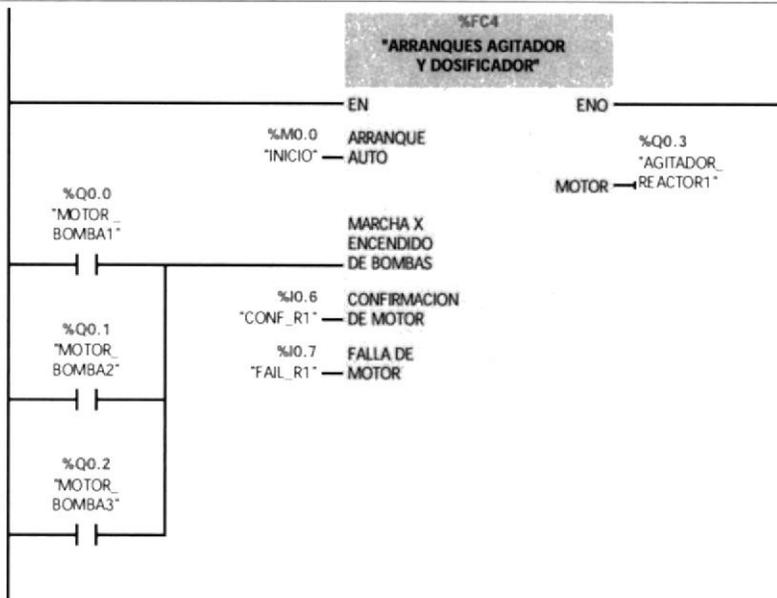
#### Segmento 5:

##### ARRANQUE BOMBA 5



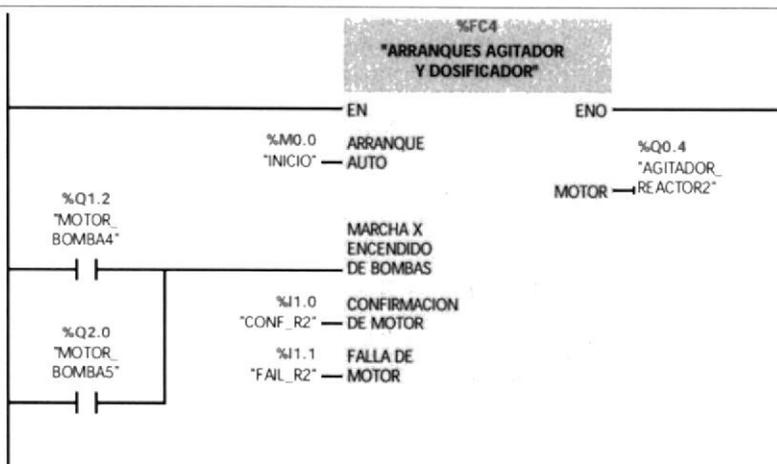
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ARRANQUES DE BOMBAS"	%FC3	Block_FC	
"INICIO"	%M0.0	Bool	
"CONF_RUN_B5"	%I2.6	Bool	
"FAIL_B5"	%I2.7	Bool	
"MOTOR_BOMBA5"	%Q2.0	Bool	
"PARO_X_NIVEL_MAX_E2"	%M200.6	Bool	
T#5S	T#5S	Time	
"IEC_Timer_0_DB_2"	%DB3	IEC_Timer	
"IEC_Timer_0_DB_2"	%DB3	IEC_Timer	
"IEC_Timer_0_DB_2".Q		Bool	
"PARO_X_NIVEL_CISTERNA"	%M200.2	Bool	

**Segmento 6:**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"INICIO"	%M0.0	Bool	
"MOTOR_BOMBA1"	%Q0.0	Bool	
"MOTOR_BOMBA2"	%Q0.1	Bool	
"MOTOR_BOMBA3"	%Q0.2	Bool	
"ARRANQUES AGITADOR Y DOSIFICADOR"	%FC4	Block_FC	
"CONF_R1"	%I0.6	Bool	
"FAIL_R1"	%I0.7	Bool	
"AGITADOR_REACTOR1"	%Q0.3	Bool	

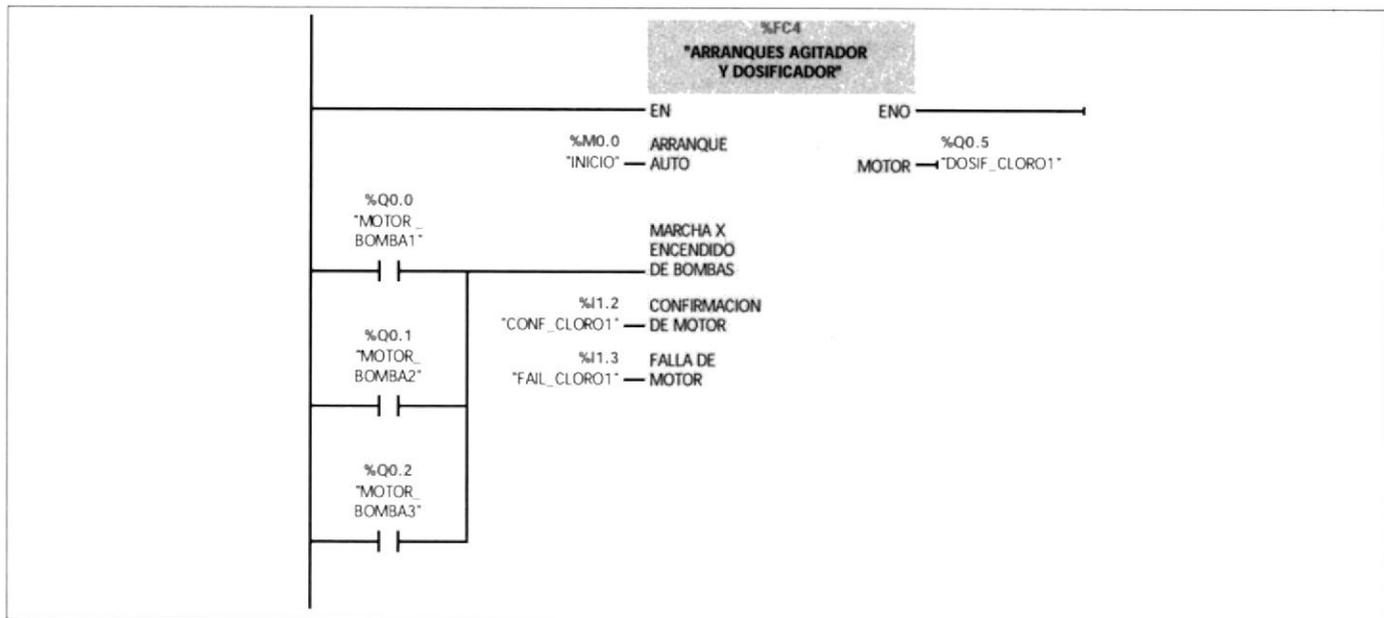
**Segmento 7:**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"INICIO"	%M0.0	Bool	
"MOTOR_BOMBA4"	%Q1.2	Bool	
"MOTOR_BOMBA5"	%Q2.0	Bool	
"ARRANQUES AGITADOR Y DOSIFICADOR"	%FC4	Block_FC	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AGITADOR_REACTOR2"	%Q0.4	Bool	
"CONF_R2"	%I1.0	Bool	
"FAIL_R2"	%I1.1	Bool	

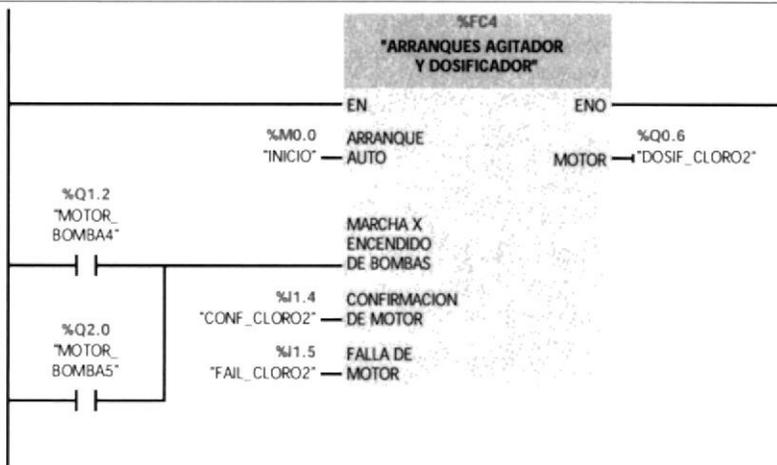
**Segmento 8:**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"INICIO"	%M0.0	Bool	
"MOTOR_BOMBA1"	%Q0.0	Bool	
"MOTOR_BOMBA2"	%Q0.1	Bool	
"MOTOR_BOMBA3"	%Q0.2	Bool	
"ARRANQUES AGITADOR Y DOSIFICADOR"	%FC4	Block_FC	
"CONF_CLORO1"	%I1.2	Bool	
"FAIL_CLORO1"	%I1.3	Bool	
"DOSIF_CLORO1"	%Q0.5	Bool	

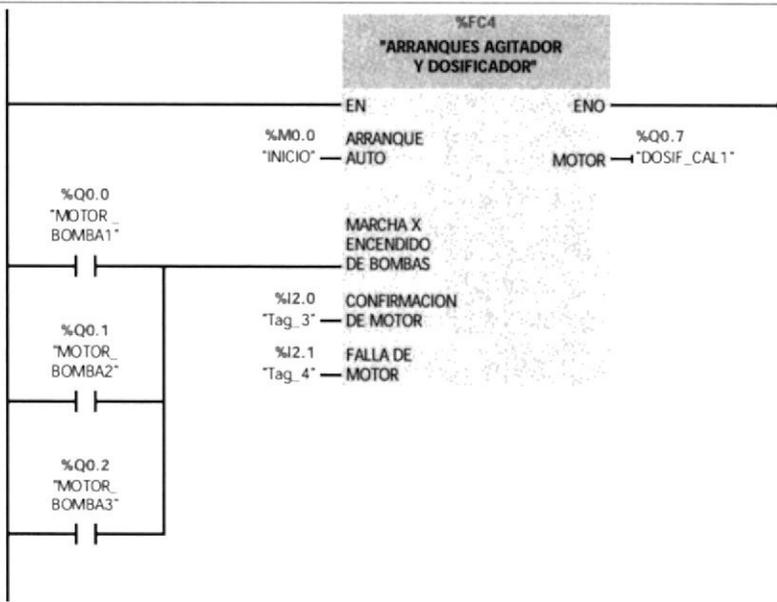
**Segmento 9:**





Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"INICIO"	%M0.0	Bool	
"MOTOR_BOMBA4"	%Q1.2	Bool	
"MOTOR_BOMBA5"	%Q2.0	Bool	
"ARRANQUES AGITADOR Y DOSIFICADOR"	%FC4	Block_FC	
"CONF_CLORO2"	%I1.4	Bool	
"DOSIF_CLORO2"	%Q0.6	Bool	
"FAIL_CLORO2"	%I1.5	Bool	

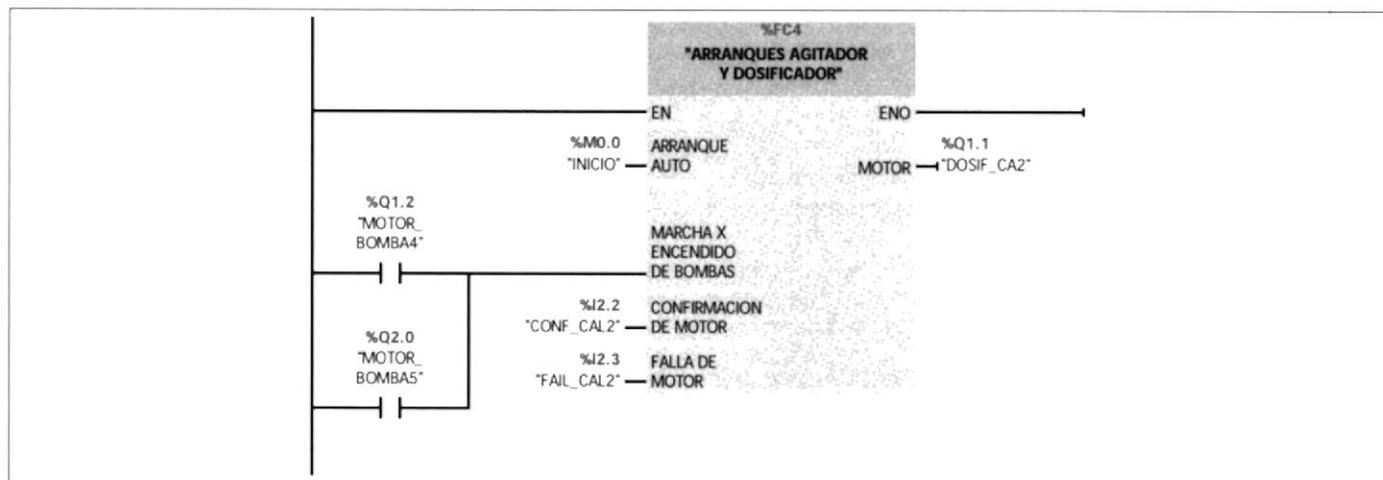
**Segmento 10:**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"INICIO"	%M0.0	Bool	
"MOTOR_BOMBA1"	%Q0.0	Bool	
"MOTOR_BOMBA2"	%Q0.1	Bool	
"MOTOR_BOMBA3"	%Q0.2	Bool	
"ARRANQUES AGITADOR Y DOSIFICADOR"	%FC4	Block_FC	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Tag_3"	%I2.0	Bool	
"Tag_4"	%I2.1	Bool	
"DOSIF_CAL1"	%Q0.7	Bool	

**Segmento 11:**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"INICIO"	%M0.0	Bool	
"MOTOR_BOMBA4"	%Q1.2	Bool	
"MOTOR_BOMBA5"	%Q2.0	Bool	
"ARRANQUES AGITADOR Y DOSIFICADOR"	%FC4	Block_FC	
"CONF_CAL2"	%I2.2	Bool	
"FAIL_CAL2"	%I2.3	Bool	
"DOSIF_CA2"	%Q1.1	Bool	

# Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

## BOMBAS DE SALIDA [OB128]

### BOMBAS DE SALIDA Propiedades

#### General

<b>Nombre</b>	BOMBAS DE SALIDA	<b>Número</b>	128	<b>Tipo</b>	OB.ProgramCycle
<b>Idioma</b>	KOP				

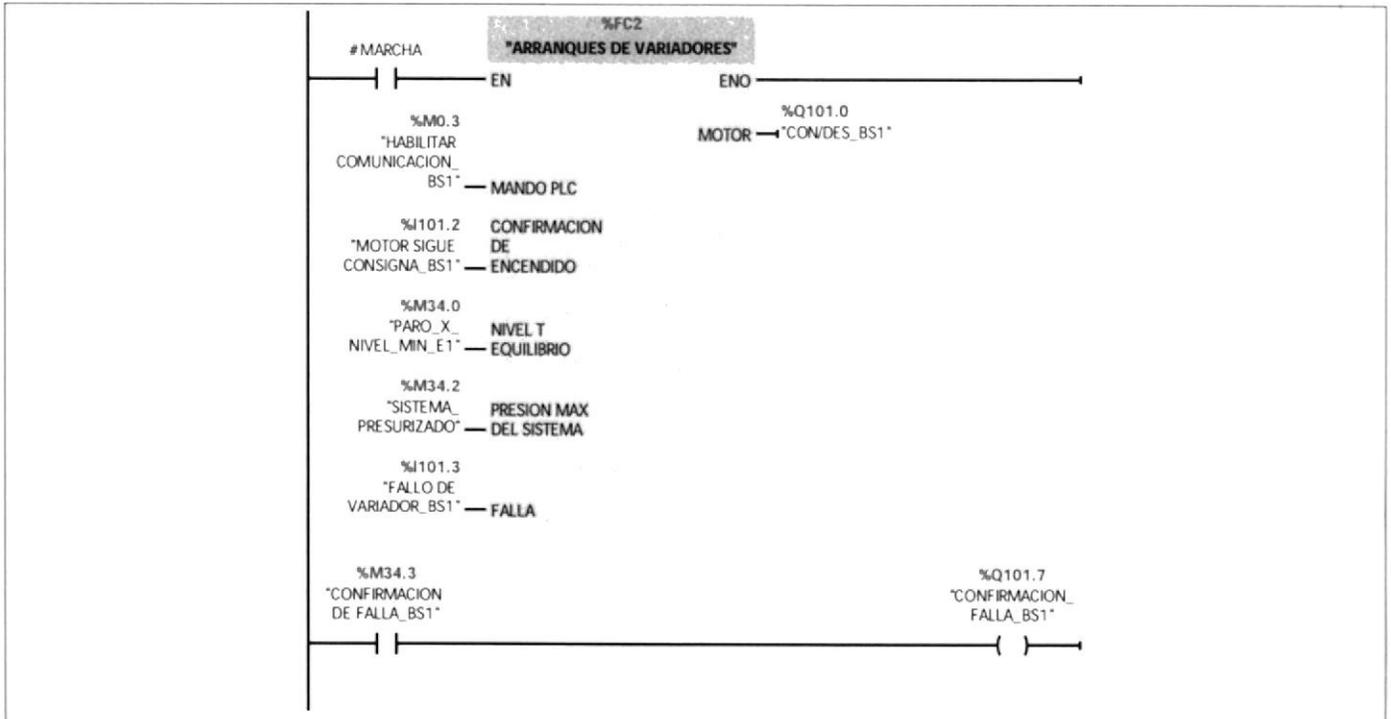
#### Información

<b>Título</b>	"Main Program Sweep (Cycle)"	<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	BOMBAS DE SALIDAS
<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
▼ Temp			
MARCHA	Bool		
MARCHA2	Bool		
MARCHA3	Bool		
MARCHA4	Bool		
MARCHA5	Bool		

### Segmento 1:

#### VARIADOR BOMBA DE SALIDA 1

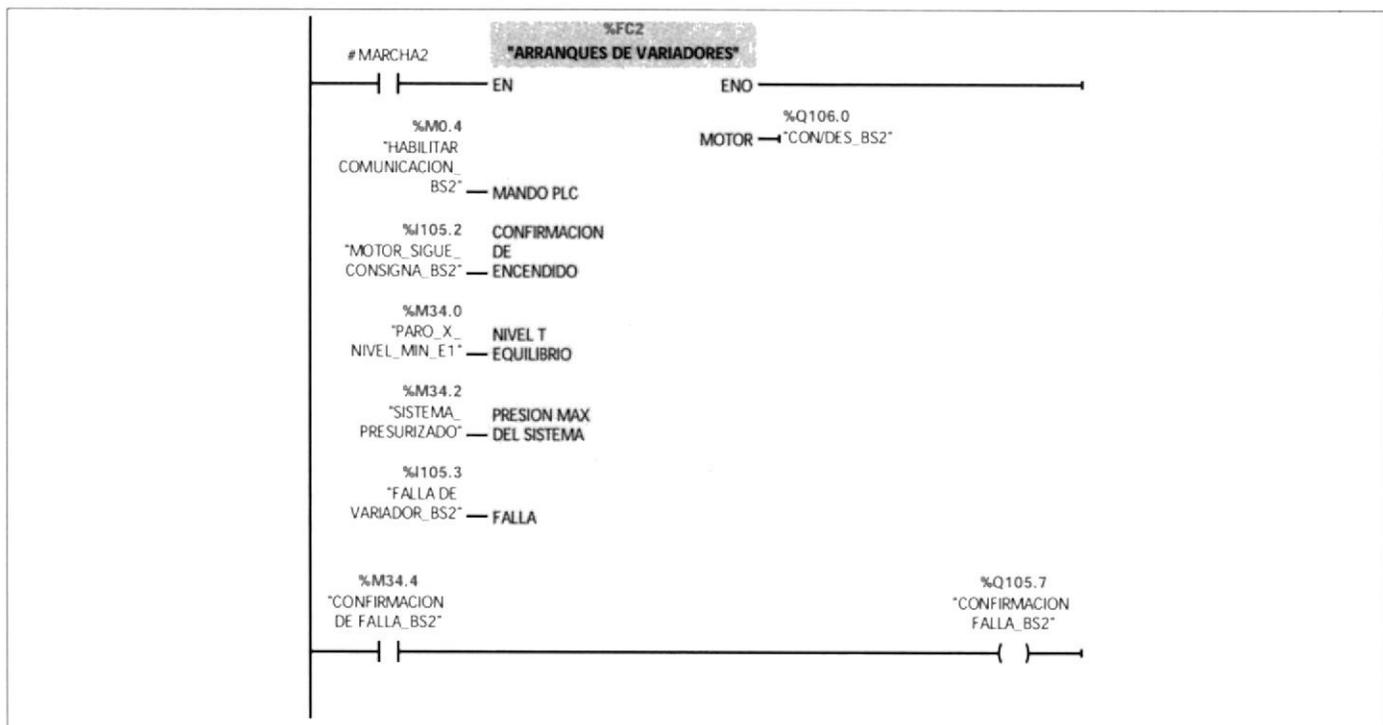


Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ARRANQUES DE VARIADORES"	%FC2	Block_FC	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"HABILITAR COMUNICACION_BS1"	%M0.3	Bool	
"MOTOR SIGUE CONSIGNA_BS1"	%I101.2	Bool	
"PARO_X_NIVEL_MIN_E1"	%M34.0	Bool	
"SISTEMA PRESURIZADO"	%M34.2	Bool	
"FALLO DE VARIADOR_BS1"	%I101.3	Bool	
"CON/DES_BS1"	%Q101.0	Bool	
"CONFIRMACION DE FALLA_BS1"	%M34.3	Bool	
"CONFIRMACION_FALLA_BS1"	%Q101.7	Bool	
#MARCHA		Bool	

## Segmento 2:

### VARIADOR BOMBA DE SALIDA 2

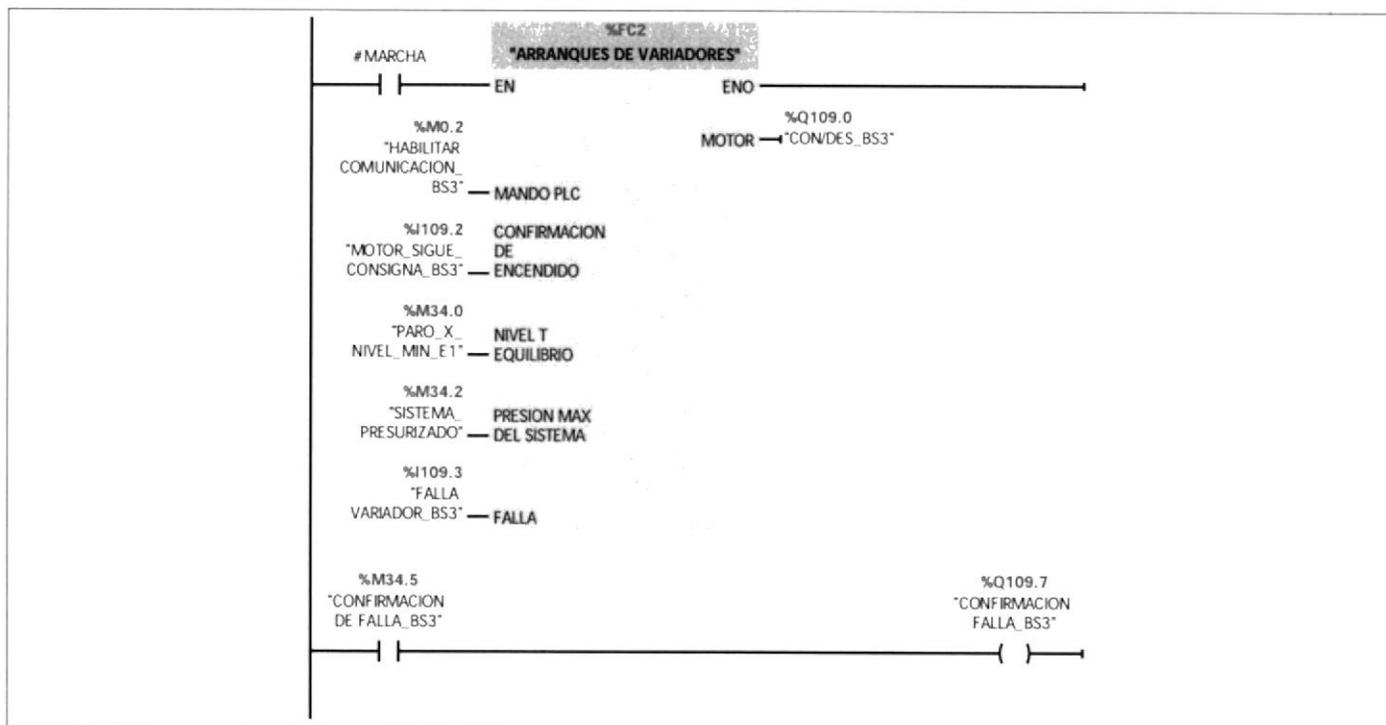


Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ARRANQUES DE VARIADORES"	%FC2	Block_FC	
"PARO_X_NIVEL_MIN_E1"	%M34.0	Bool	
"SISTEMA PRESURIZADO"	%M34.2	Bool	
"HABILITAR COMUNICACION_BS2"	%M0.4	Bool	
"MOTOR SIGUE CONSIGNA_BS2"	%I105.2	Bool	
"FALLA DE VARIADOR_BS2"	%I105.3	Bool	
"CON/DES_BS2"	%Q106.0	Bool	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"CONFIRMACION DE FAL- LA_BS2"	%M34.4	Bool	
"CONFIRMACION FAL- LA_BS2"	%Q105.7	Bool	
#MARCHA2		Bool	

### Segmento 3:

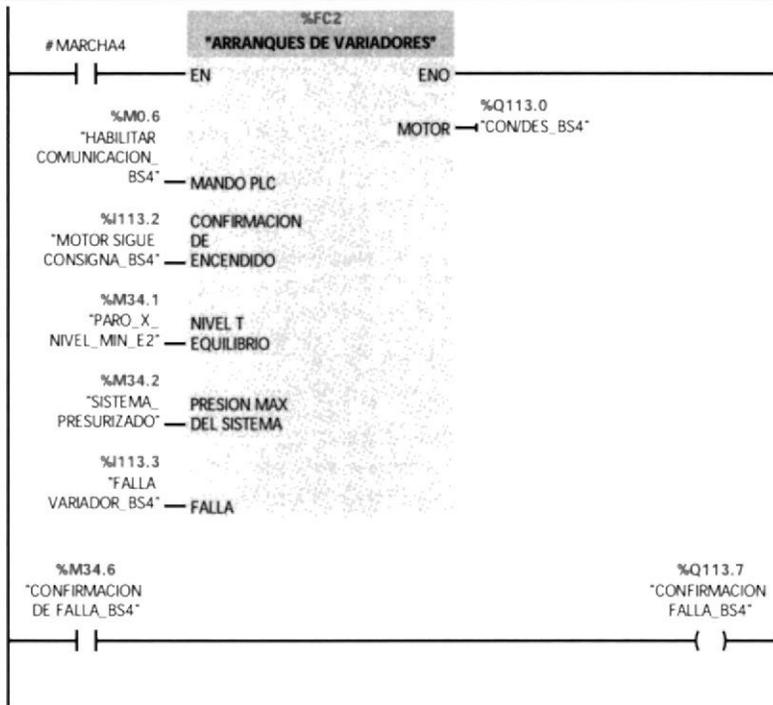
VARIADOR BOMBA DE SALIDA 3



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ARRANQUES DE VARIA- DORES"	%FC2	Block_FC	
"PARO_X_NIVEL_MIN_E1"	%M34.0	Bool	
"SISTEMA_PRESURIZADO"	%M34.2	Bool	
"HABILITAR COMUNICA- CION_BS3"	%M0.2	Bool	
"MOTOR_SIGUE_CONSI- GNA_BS3"	%I109.2	Bool	
"FALLA VARIADOR_BS3"	%I109.3	Bool	
"CON/DES_BS3"	%Q109.0	Bool	
"CONFIRMACION DE FAL- LA_BS3"	%M34.5	Bool	
"CONFIRMACION FAL- LA_BS3"	%Q109.7	Bool	
#MARCHA		Bool	

### Segmento 4:

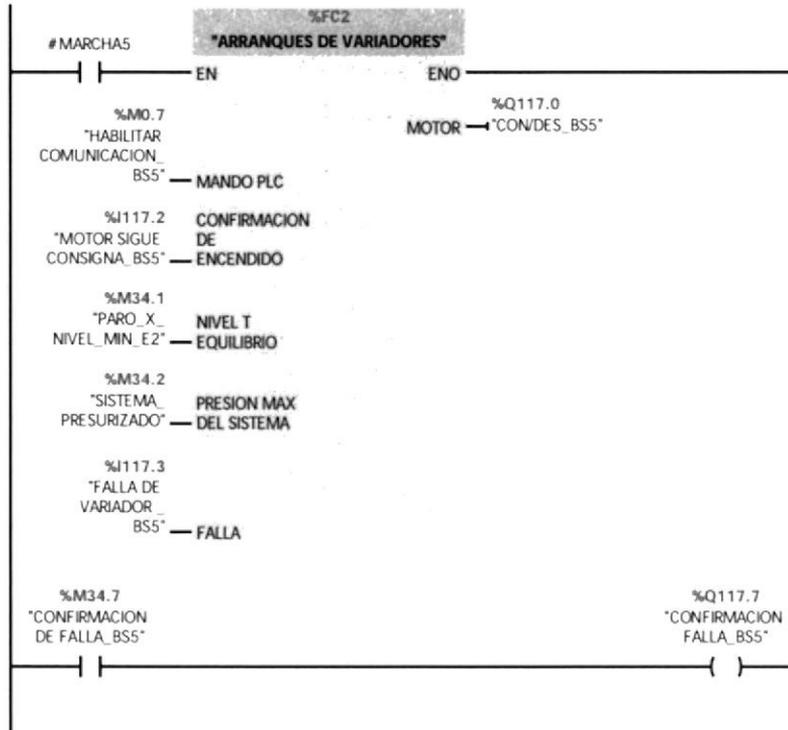
VARIADOR BOMBA DE SALIDA 4



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ARRANQUES DE VARIADORES"	%FC2	Block_FC	
"SISTEMA_PRESURIZADO"	%M34.2	Bool	
"HABILITAR COMUNICACION_BS4"	%M0.6	Bool	
"MOTOR SIGUE CONSIGNA_BS4"	%I113.2	Bool	
"PARO_X_NIVEL_MIN_E2"	%M34.1	Bool	
"FALLA VARIADOR_BS4"	%I113.3	Bool	
"CON/DES_BS4"	%Q113.0	Bool	
"CONFIRMACION DE FALLA_BS4"	%M34.6	Bool	
"CONFIRMACION FALLA_BS4"	%Q113.7	Bool	
#MARCHA4		Bool	

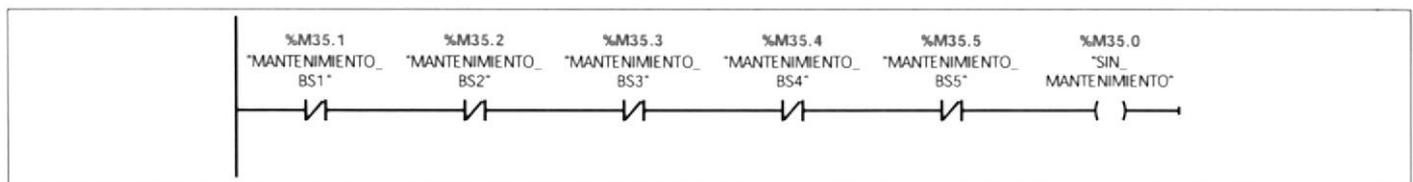
**Segmento 5:**

VARIADOR BOMBA DE SALIDA 5



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ARRANQUES DE VARIADORES"	%FC2	Block_FC	
"SISTEMA_PRESURIZADO"	%M34.2	Bool	
"PARO_X_NIVEL_MIN_E2"	%M34.1	Bool	
"HABILITAR COMUNICACION_BS5"	%M0.7	Bool	
"MOTOR SIGUE CONSIGNA_BS5"	%I117.2	Bool	
"FALLA DE VARIADOR_BS5"	%I117.3	Bool	
"CON/DES_BS5"	%Q117.0	Bool	
"CONFIRMACION DE FALLA_BS5"	%M34.7	Bool	
"CONFIRMACION FALLA_BS5"	%Q117.7	Bool	
#MARCHA5		Bool	

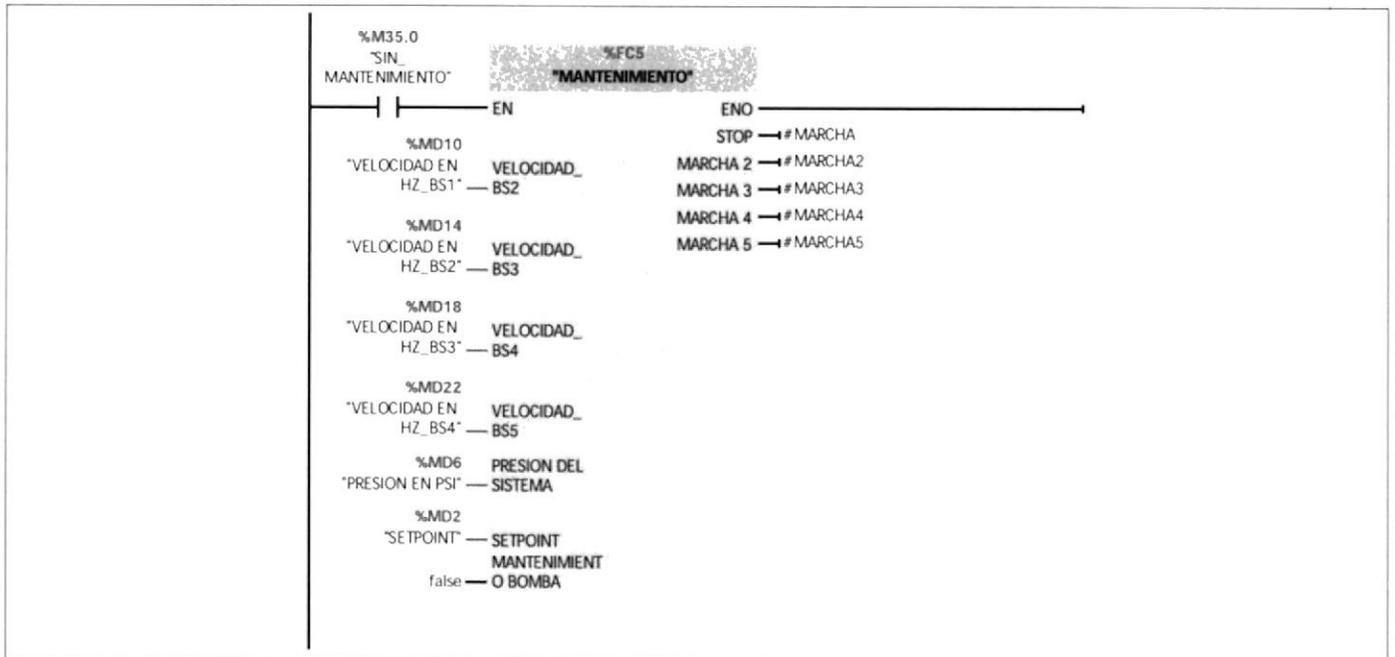
**Segmento 6:**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"SIN_MANTENIMIENTO"	%M35.0	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS1"	%M35.1	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS2"	%M35.2	Bool	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MANTENIMIENTO_BS3"	%M35.3	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS4"	%M35.4	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS5"	%M35.5	Bool	

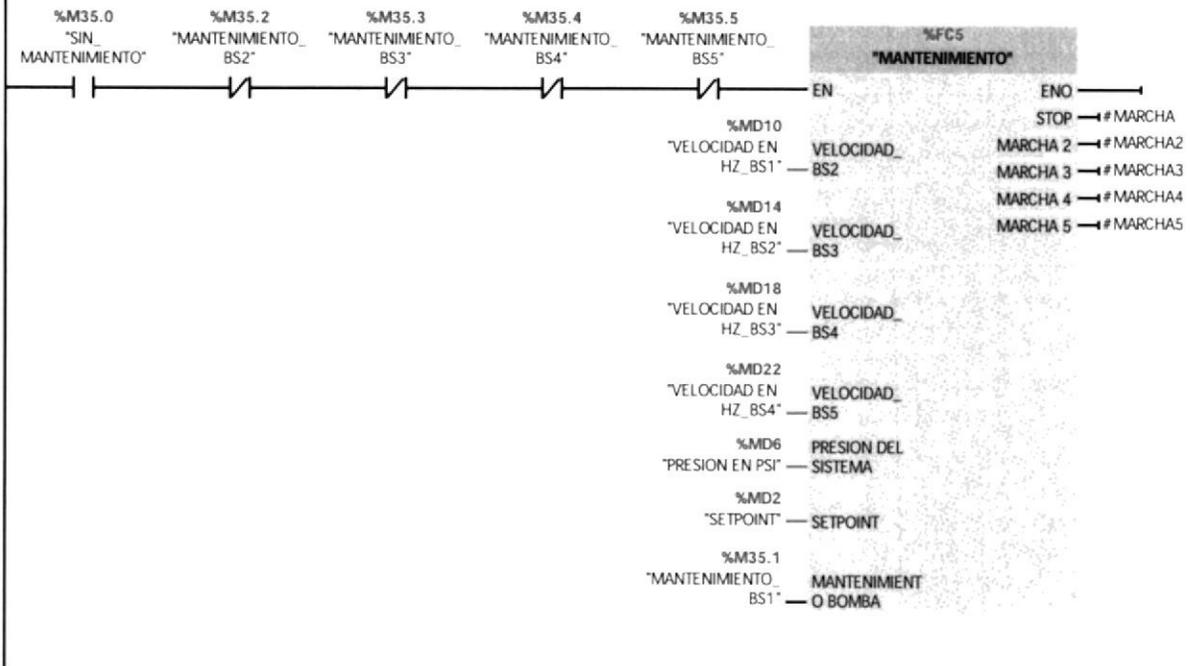
**Segmento 7:**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PRESION EN PSI"	%MD6	Real	
"SETPOINT"	%MD2	Real	
#MARCHA		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS1"	%MD10	Real	
#MARCHA2		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS2"	%MD14	Real	
#MARCHA3		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS3"	%MD18	Real	
#MARCHA4		Bool	
#MARCHA5		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS4"	%MD22	Real	
"MANTENIMIENTO"	%FC5	Block_FC	
"SIN_MANTENIMIENTO"	%M35.0	Bool	
false	false	Bool	

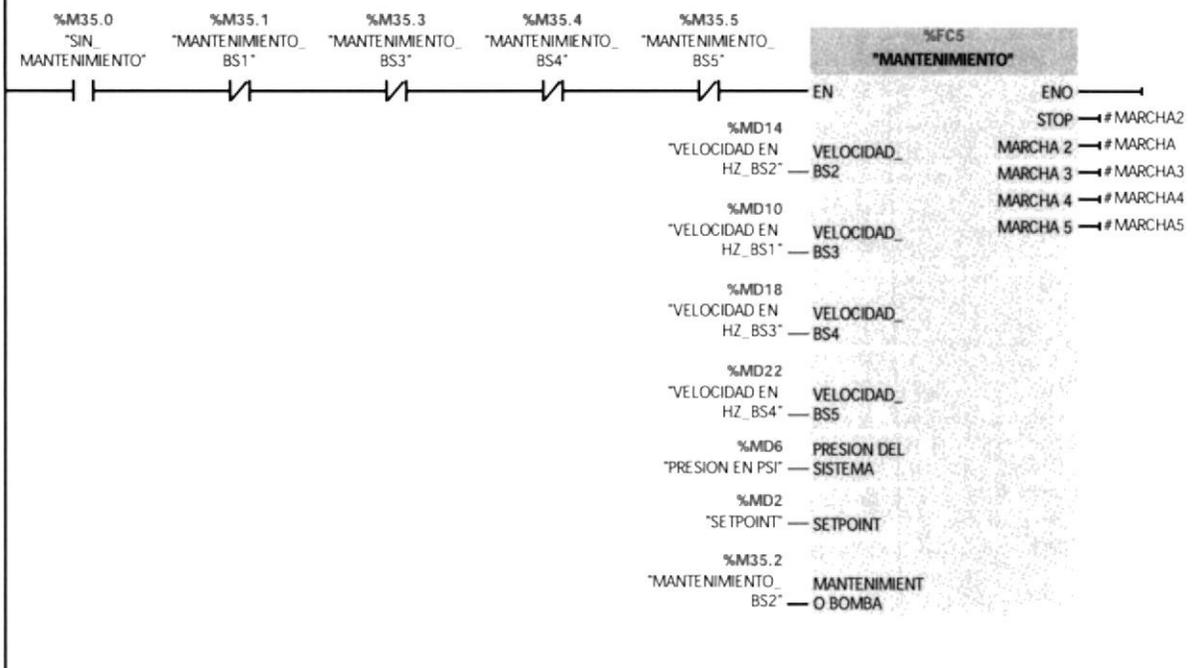
**Segmento 8:**

--	--	--	--



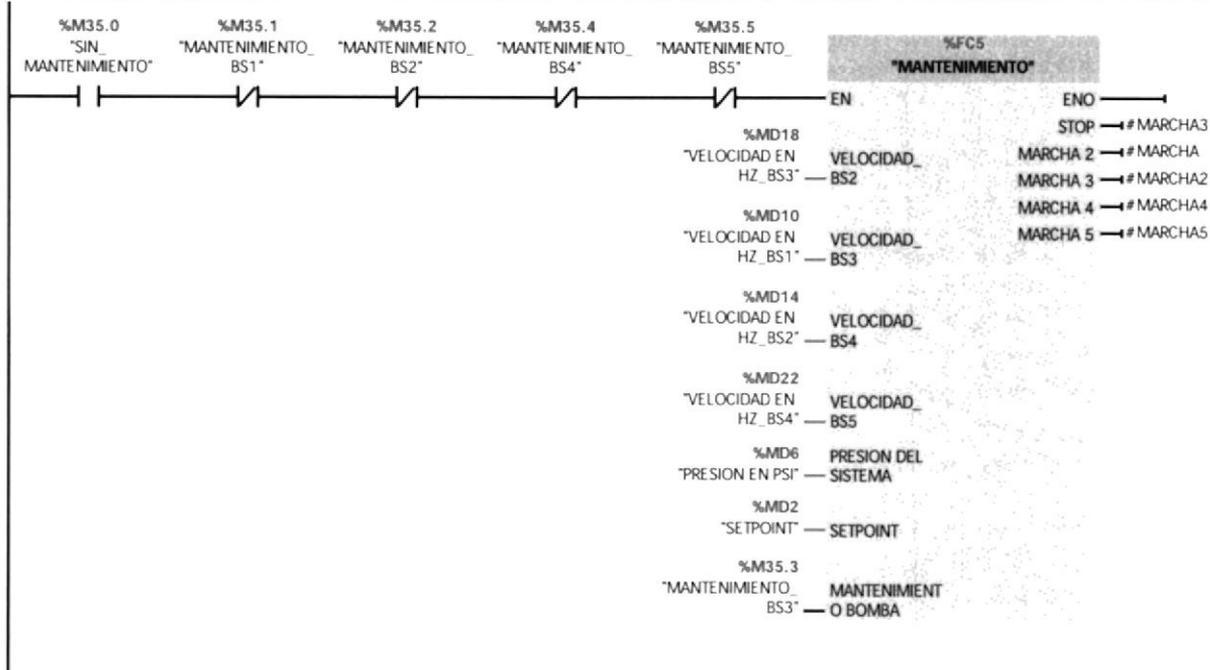
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PRESION EN PSI"	%MD6	Real	
"SETPOINT"	%MD2	Real	
#MARCHA		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS1"	%MD10	Real	
#MARCHA2		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS2"	%MD14	Real	
#MARCHA3		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS3"	%MD18	Real	
#MARCHA4		Bool	
#MARCHA5		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS4"	%MD22	Real	
"MANTENIMIENTO"	%FC5	Block_FC	
"SIN_MANTENIMIENTO"	%M35.0	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS1"	%M35.1	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS2"	%M35.2	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS3"	%M35.3	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS4"	%M35.4	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS5"	%M35.5	Bool	

**Segmento 9:**



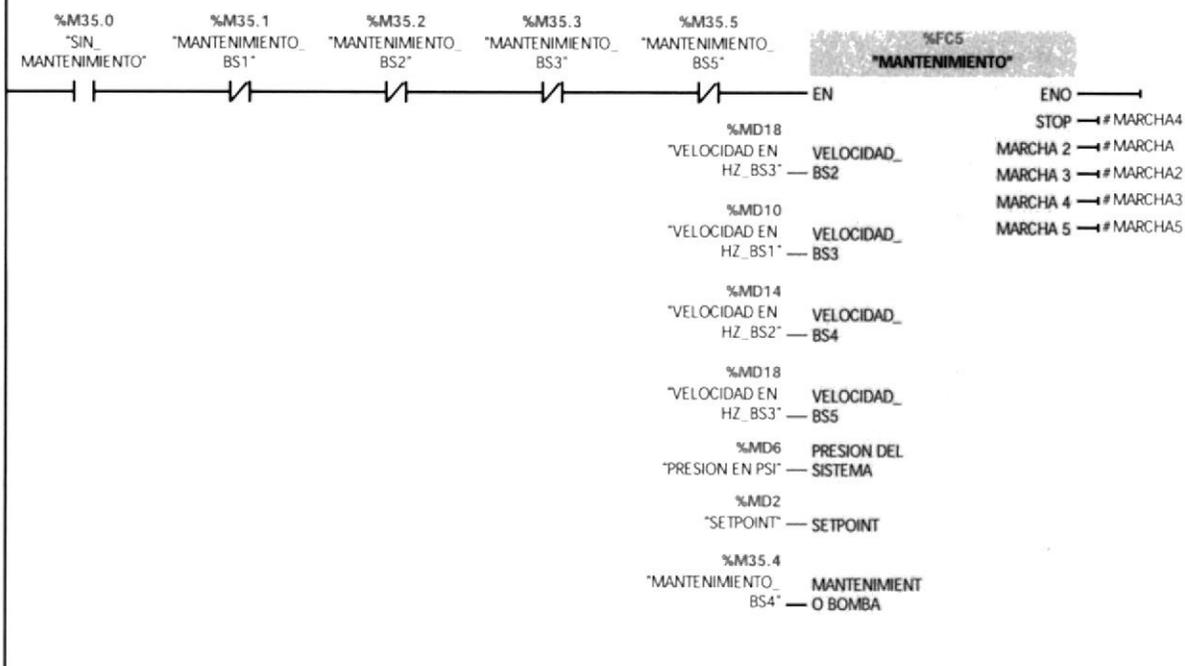
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PRESION EN PSI"	%MD6	Real	
"SETPOINT"	%MD2	Real	
#MARCHA		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS1"	%MD10	Real	
#MARCHA2		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS2"	%MD14	Real	
#MARCHA3		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS3"	%MD18	Real	
#MARCHA4		Bool	
#MARCHA5		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS4"	%MD22	Real	
"MANTENIMIENTO"	%FC5	Block_FC	
"SIN_MANTENIMIENTO"	%M35.0	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS1"	%M35.1	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS2"	%M35.2	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS3"	%M35.3	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS4"	%M35.4	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS5"	%M35.5	Bool	

**Segmento 10:**



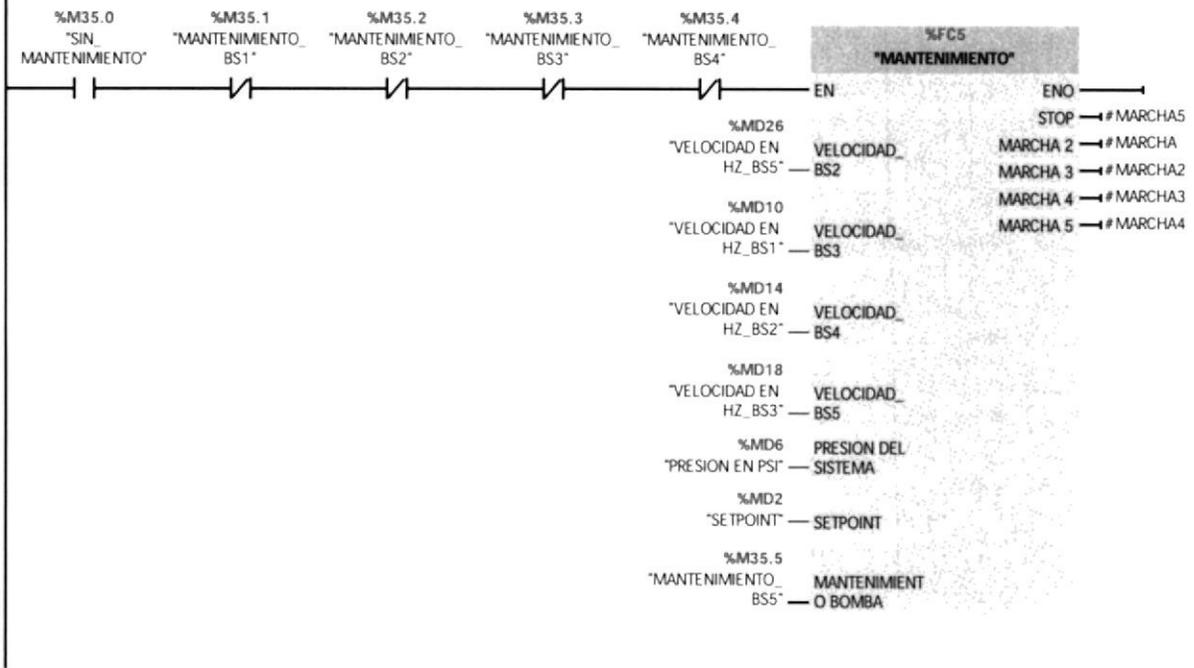
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PRESION EN PSI"	%MD6	Real	
"SETPOINT"	%MD2	Real	
#MARCHA		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS1"	%MD10	Real	
#MARCHA2		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS2"	%MD14	Real	
#MARCHA3		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS3"	%MD18	Real	
#MARCHA4		Bool	
#MARCHA5		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS4"	%MD22	Real	
"MANTENIMIENTO"	%FC5	Block_FC	
"SIN_MANTENIMIENTO"	%M35.0	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS1"	%M35.1	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS2"	%M35.2	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS3"	%M35.3	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS4"	%M35.4	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS5"	%M35.5	Bool	

**Segmento 11:**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PRESION EN PSI"	%MD6	Real	
"SETPOINT"	%MD2	Real	
#MARCHA		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS1"	%MD10	Real	
#MARCHA2		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS2"	%MD14	Real	
#MARCHA3		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS3"	%MD18	Real	
#MARCHA4		Bool	
#MARCHA5		Bool	
"MANTENIMIENTO"	%FC5	Block_FC	
"SIN_MANTENIMIENTO"	%M35.0	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS1"	%M35.1	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS2"	%M35.2	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS3"	%M35.3	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS4"	%M35.4	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS5"	%M35.5	Bool	

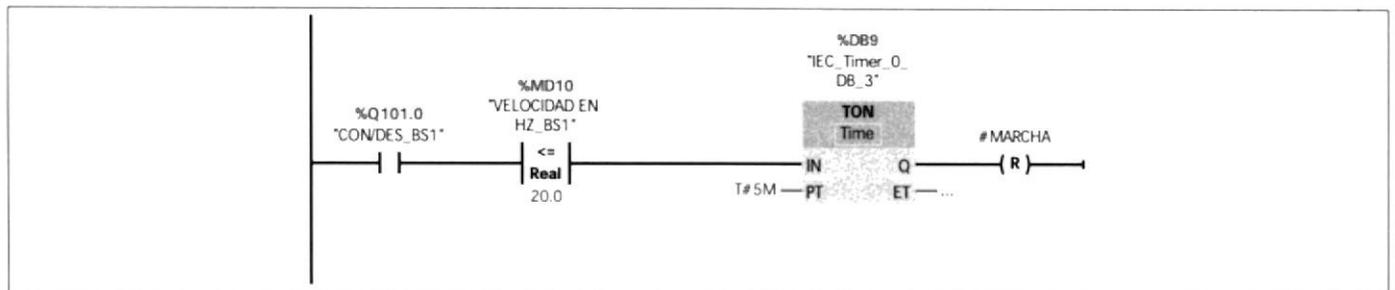
**Segmento 12:**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PRESION EN PSI"	%MD6	Real	
"SETPOINT"	%MD2	Real	
#MARCHA		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS1"	%MD10	Real	
#MARCHA2		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS2"	%MD14	Real	
#MARCHA3		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS3"	%MD18	Real	
#MARCHA4		Bool	
#MARCHA5		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS5"	%MD26	Real	
"MANTENIMIENTO"	%FC5	Block_FC	
"SIN_MANTENIMIENTO"	%M35.0	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS1"	%M35.1	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS2"	%M35.2	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS3"	%M35.3	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS4"	%M35.4	Bool	
"MANTENIMIENTO_BS5"	%M35.5	Bool	

### Segmento 13:

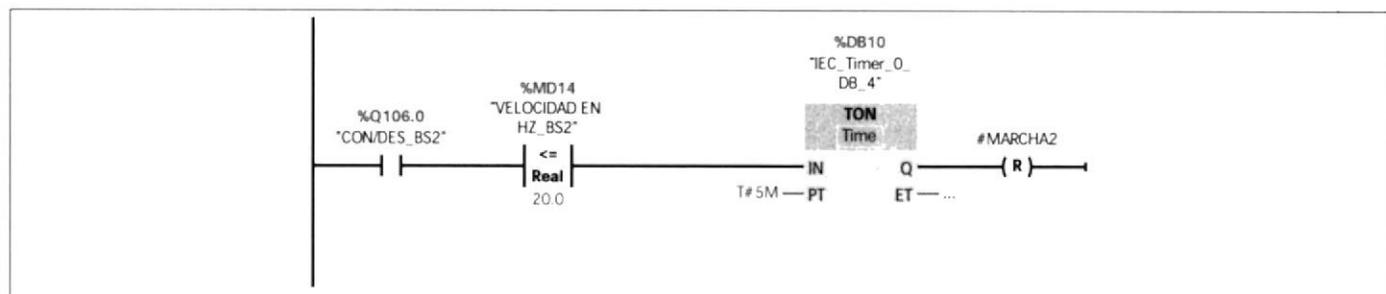
PARO DE BOMBA DE SALIDA 1



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"CON/DES_BS1"	%Q101.0	Bool	
#MARCHA		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS1"	%MD10	Real	
20.0	20.0	Real	
"IEC_Timer_0_DB_3"	%DB9	IEC_Timer	
T#5M	T#5M	Time	

### Segmento 14:

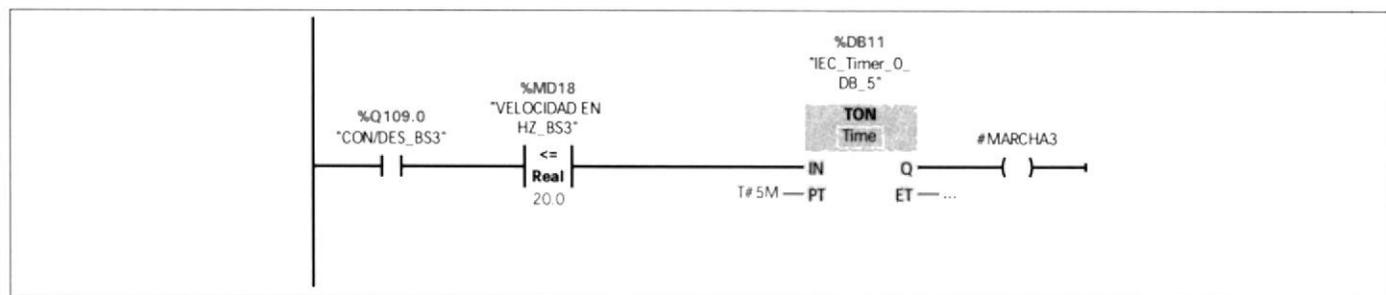
PARO DE BOMBA DE SALIDA 2



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"CON/DES_BS2"	%Q106.0	Bool	
#MARCHA2		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS2"	%MD14	Real	
20.0	20.0	Real	
T#5M	T#5M	Time	
"IEC_Timer_0_DB_4"	%DB10	IEC_Timer	

### Segmento 15:

PARO DE BOMBA DE SALIDA 3



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"CON/DES_BS3"	%Q109.0	Bool	
#MARCHA3		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS3"	%MD18	Real	
20.0	20.0	Real	
T#5M	T#5M	Time	
"IEC_Timer_0_DB_5"	%DB11	IEC_Timer	

### Segmento 16:

PARO DE BOMBA DE SALIDA 4

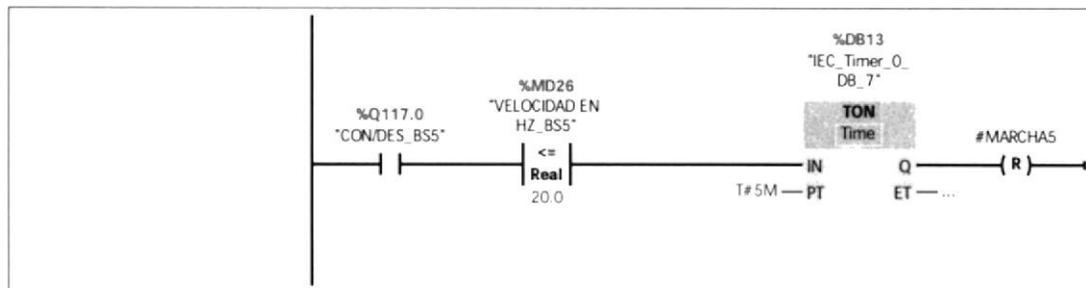




Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"CON/DES_BS4"	%Q113.0	Bool	
#MARCHA4		Bool	
"VELOCIDAD EN HZ_BS4"	%MD22	Real	
20.0	20.0	Real	
T#5M	T#5M	Time	
"IEC_Timer_0_DB_6"	%DB12	IEC_Timer	

### Segmento 17:

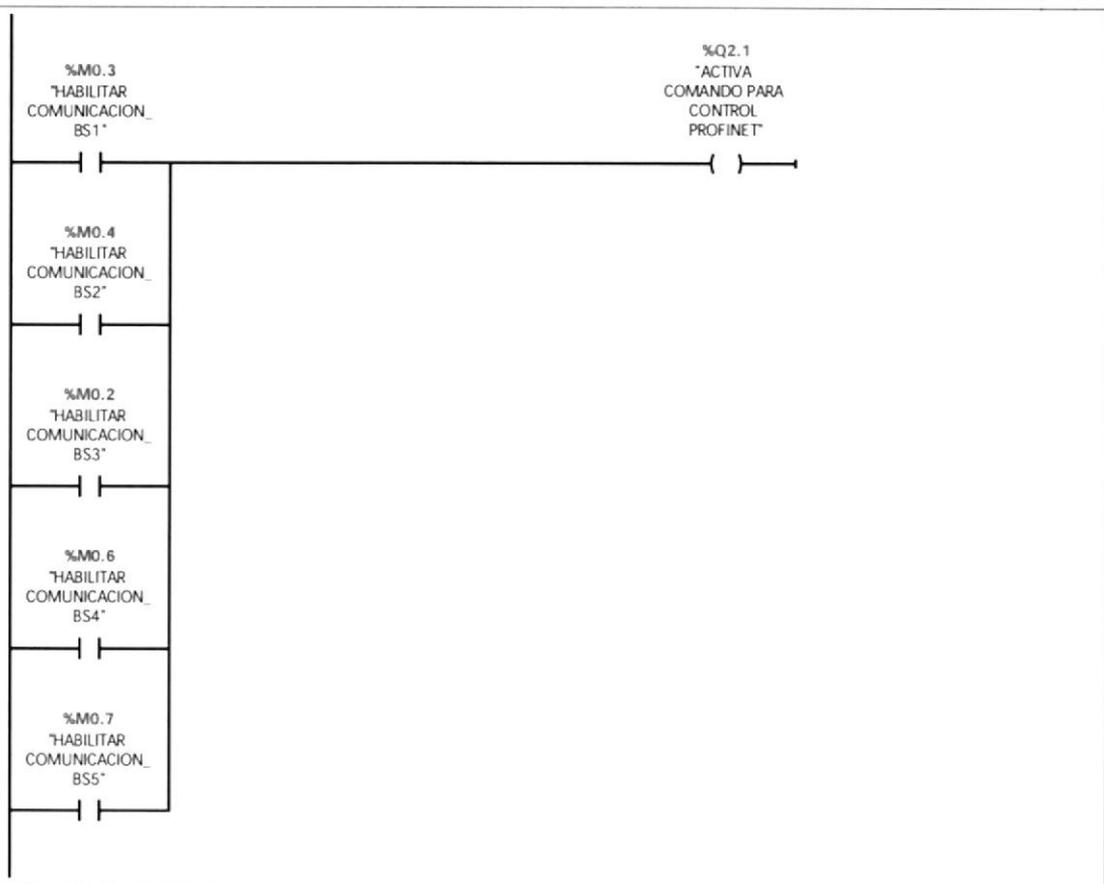
PARO DE BOMBA DE SALIDA 5



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"CON/DES_BS5"	%Q117.0	Bool	
#MARCHA5		Bool	
20.0	20.0	Real	
T#5M	T#5M	Time	
"VELOCIDAD EN HZ_BS5"	%MD26	Real	
"IEC_Timer_0_DB_7"	%DB13	IEC_Timer	

### Segmento 18:

SALIDA DIGITAL QUE VA AL VARIADOR PARA ACTIVAR EL CONTROL POR PROFINET



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"HABILITAR COMUNICACION_BS1"	%M0.3	Bool	
"HABILITAR COMUNICACION_BS2"	%M0.4	Bool	
"HABILITAR COMUNICACION_BS3"	%M0.2	Bool	
"HABILITAR COMUNICACION_BS4"	%M0.6	Bool	
"HABILITAR COMUNICACION_BS5"	%M0.7	Bool	
"ACTIVA COMANDO PARA CONTROL PROFINET"	%Q2.1	Bool	

# Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

## ERROR DEL SISTEMA [OB129]

### ERROR DEL SISTEMA Propiedades

#### General

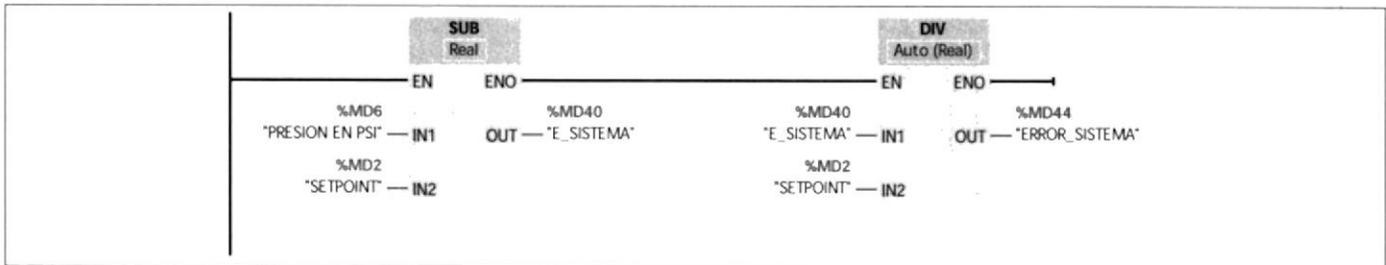
<b>Nombre</b>	ERROR DEL SISTEMA	<b>Número</b>	129	<b>Tipo</b>	OB.ProgramCycle
<b>Idioma</b>	KOP				

#### Información

<b>Título</b>	"Main Program Sweep (Cycle)"	<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	
<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
Temp			

### Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PRESION EN PSI"	%MD6	Real	
"SETPOINT"	%MD2	Real	
"E_SISTEMA"	%MD40	Real	
"ERROR_SISTEMA"	%MD44	Real	

# Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

## ESCALADO [FC1]

### ESCALADO Propiedades

#### General

<b>Nombre</b>	ESCALADO	<b>Número</b>	1	<b>Tipo</b>	FC
<b>Idioma</b>	KOP				

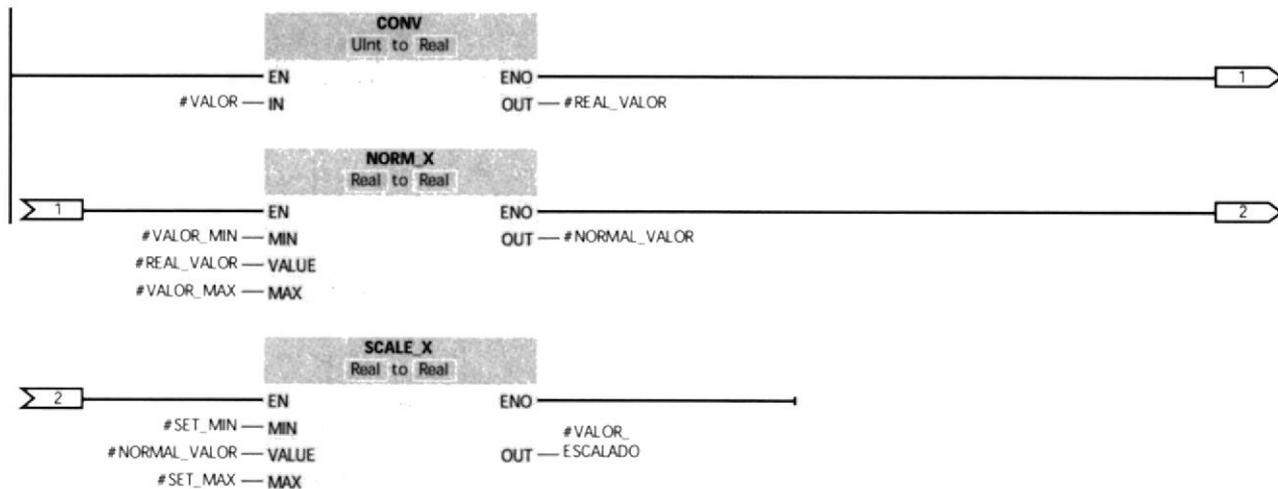
#### Información

<b>Título</b>		<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	
<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
▼ Input			
VALOR	UInt		
VALOR_MIN	Real		
VALOR_MAX	Real		
SET_MIN	Real		
SET_MAX	Real		
▼ Output			
VALOR_ESCALADO	Real		
InOut			
▼ Temp			
REAL_VALOR	Real		
NORMAL_VALOR	Real		
▼ Return			
ESCALADO	Void		

### Segmento 1:

### Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#VALOR		UInt	
#REAL_VALOR		Real	
#VALOR_MIN		Real	
#VALOR_MAX		Real	
#NORMAL_VALOR		Real	
#SET_MIN		Real	
#SET_MAX		Real	
#VALOR_ESCALADO		Real	

## Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

### MANTENIMIENTO [FC5]

#### MANTENIMIENTO Propiedades

##### General

<b>Nombre</b>	MANTENIMIENTO	<b>Número</b>	5	<b>Tipo</b>	FC
<b>Idioma</b>	KOP				

##### Información

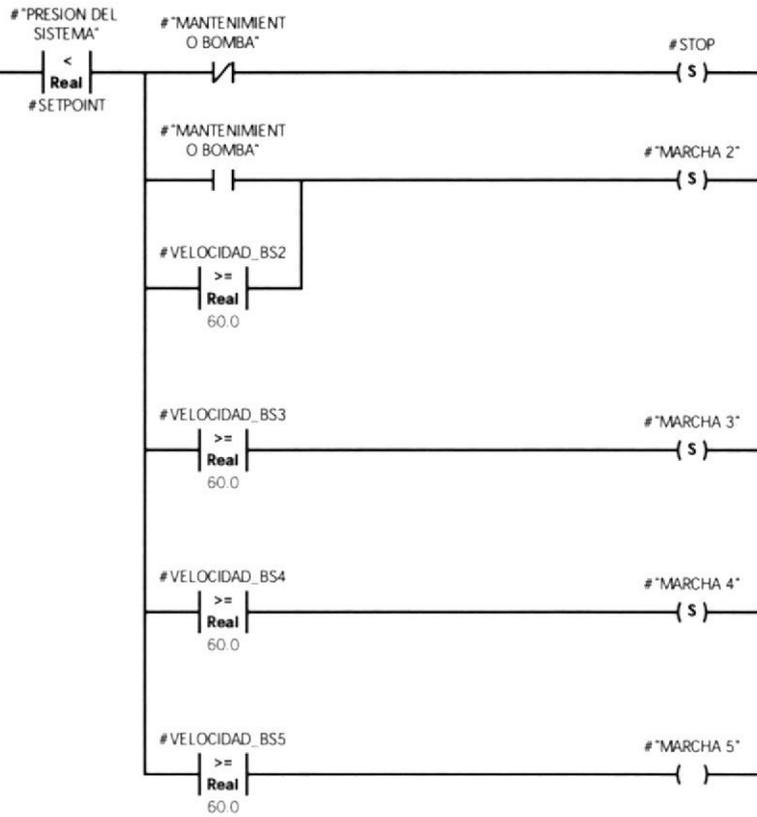
<b>Título</b>		<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	
<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
▼ Input			
VELOCIDAD_BS2	Real		
VELOCIDAD_BS3	Real		
VELOCIDAD_BS4	Real		
VELOCIDAD_BS5	Real		
PRESION DEL SISTEMA	Real		
SETPOINT	Real		
MANTENIMIENTO BOMBA	Bool		
▼ Output			
STOP	Bool		
MARCHA 2	Bool		
MARCHA 3	Bool		
MARCHA 4	Bool		
MARCHA 5	Bool		
InOut			
Temp			
▼ Return			
MANTENIMIENTO	Void		

#### Segmento 1:

SECUENCIA DE SELECCION DE 1 BOMBA PARA MANTENIMIENTO





Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PRESION DEL SISTEMA"		Real	
SETPOINT		Real	
"MANTENIMIENTO BOMBA"		Bool	
60.0	60.0	Real	
VELOCIDAD_BS2		Real	
VELOCIDAD_BS3		Real	
VELOCIDAD_BS4		Real	
STOP		Bool	
"MARCHA 2"		Bool	
"MARCHA 3"		Bool	
"MARCHA 4"		Bool	
VELOCIDAD_BS5		Real	
"MARCHA 5"		Bool	

# Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

## NIVEL TANQUE CISTERNA [OB123]

### NIVEL TANQUE CISTERNA Propiedades

#### General

<b>Nombre</b>	NIVEL TANQUE CISTERNA	<b>Número</b>	123	<b>Tipo</b>	OB.ProgramCycle
<b>Idioma</b>	KOP				

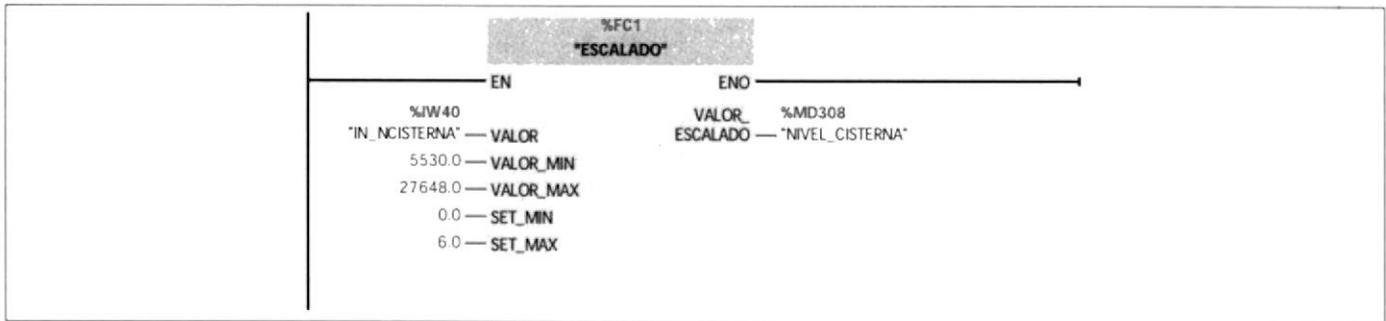
#### Información

<b>Título</b>	"Main Program Sweep (Cycle)"	<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	TANQUE CISTERNA
<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
Temp			

### Segmento 1:

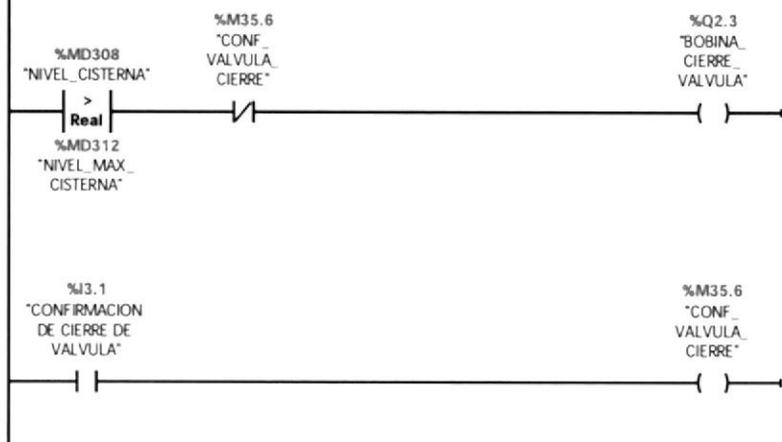
ESCALAMIENTO DE VARIABLE DE TRANSMISOR DE PRESION PARA MEDIR NIVEL



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"IN_NCISTERNA"	%IW40	UInt	
5530.0	5530.0	Real	
27648.0	27648.0	Real	
"NIVEL_CISTERNA"	%MD308	Real	
"ESCALADO"	%FC1	Block_FC	
0.0	0.0	Real	
6.0	6.0	Real	

### Segmento 2:

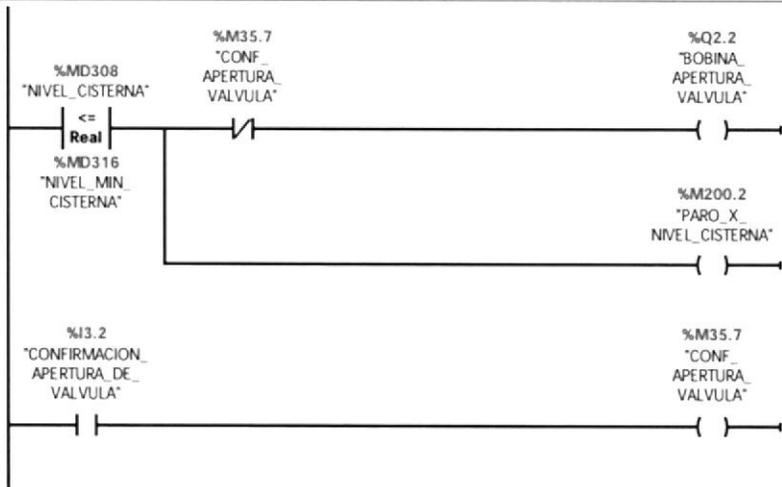
COMPARACION NIVEL MAX PARA CERRAR ACTUADOR NEUMATICO 5/3 CENTRO A PRESION



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"NIVEL_CISTERNA"	%MD308	Real	
"BOBINA_CIERRE_VALVULA"	%Q2.3	Bool	
"NIVEL_MAX_CISTERNA"	%MD312	Real	
"CONFIRMACION DE CIERRE DE VALVULA"	%I3.1	Bool	
"CONF_VALVULA_CIERRE"	%M35.6	Bool	

### Segmento 3:

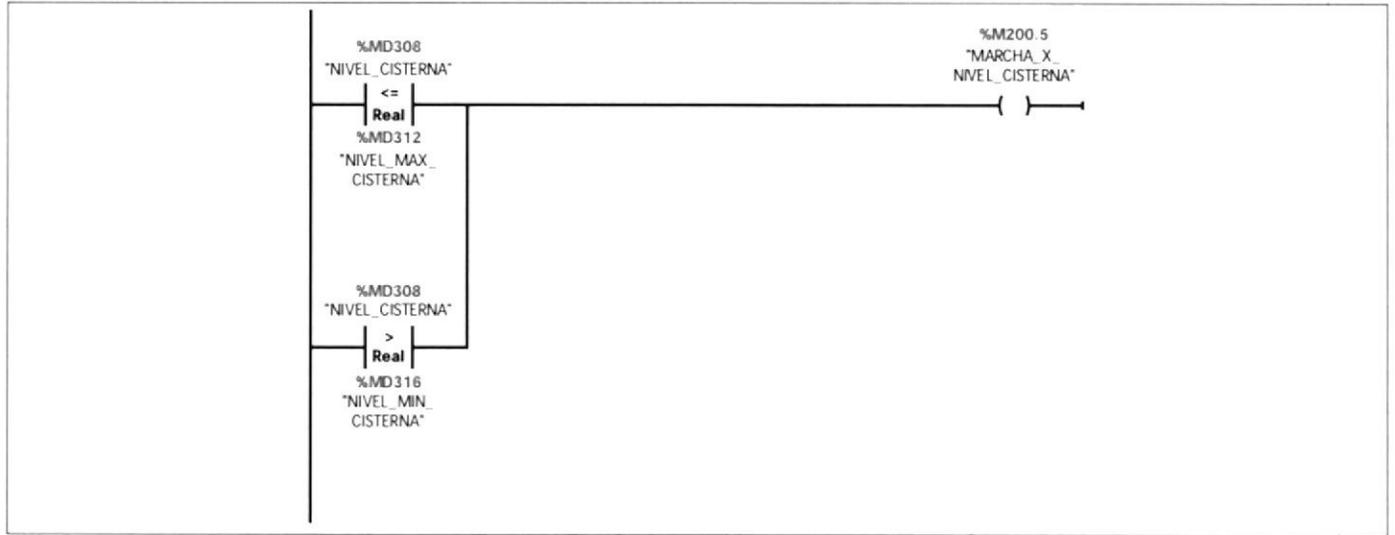
COMPARACION NIVEL MIN PARA CERRA ACTUADOR NEUMATICO 5/3 CENTRO A PRESION



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"NIVEL_CISTERNA"	%MD308	Real	
"BOBINA_APERTURA_VALVULA"	%Q2.2	Bool	
"NIVEL_MIN_CISTERNA"	%MD316	Real	
"PARO_X_NIVEL_CISTERNA"	%M200.2	Bool	
"CONFIRMACION_APERTURA_DE_VALVULA"	%I3.2	Bool	
"CONF_APERTURA_VALVULA"	%M35.7	Bool	

**Segmento 4:**

ALARMA POR REBOSE O VACIO DE TANQUE CISTERNA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"NIVEL_CISTERNA"	%MD308	Real	
"NIVEL_MIN_CISTERNA"	%MD316	Real	
"NIVEL_MAX_CISTERNA"	%MD312	Real	
"MARCHA_X_NIVEL_CISTERNA"	%M200.5	Bool	



CTB E.S.P.P.M.

# Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

## NIVEL TANQUE EQUILIBRIO 1 [OB124]

### NIVEL TANQUE EQUILIBRIO 1 Propiedades

#### General

<b>Nombre</b>	NIVEL TANQUE EQUILIBRIO 1	<b>Número</b>	124	<b>Tipo</b>	OB.ProgramCycle
---------------	---------------------------	---------------	-----	-------------	-----------------

<b>Idioma</b>	KOP
---------------	-----

#### Información

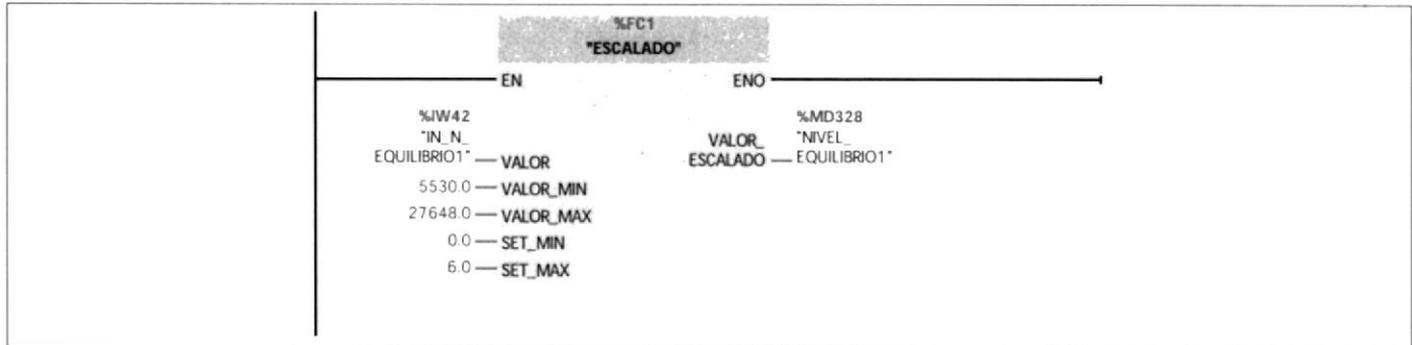
<b>Título</b>	"Main Program Sweep (Cycle)"	<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	NIVEL TANQUE EQUILIBRIO 1
---------------	------------------------------	--------------	--	-------------------	---------------------------

<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	
----------------	--	----------------	-----	-------------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
Temp			

### Segmento 1:

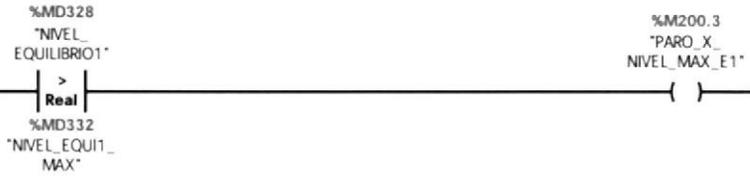
ESCALAMIENTO DE VARIABLE DE TRANSMISOR DE PRESION PARA MEDIR NIVEL



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"IN_N_EQUILIBRIO1"	%IW42	UInt	
5530.0	5530.0	Real	
27648.0	27648.0	Real	
"NIVEL_EQUILIBRIO1"	%MD328	Real	
"ESCALADO"	%FC1	Block_FC	
0.0	0.0	Real	
6.0	6.0	Real	

### Segmento 2: 27648

SEÑAL DE PARO POR NIVEL



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"NIVEL_EQUILIBRIO1"	%MD328	Real	
"PARO_X_NIVEL_MAX_E1"	%M200.3	Bool	
"NIVEL_EQUI1_MAX"	%MD332	Real	

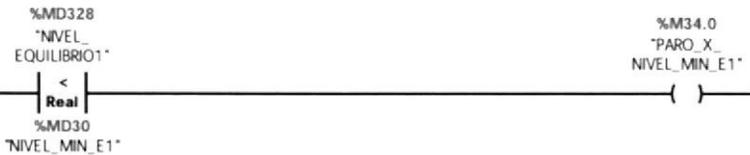
### Segmento 3:

SEÑAL DE MARCHA POR NIVEL



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"NIVEL_EQUILIBRIO1"	%MD328	Real	
"NIVEL_EQUI1_MAX"	%MD332	Real	
"NIVEL_EQUI1_MIN"	%MD336	Real	
"MARCHA_X_NIVEL_E1"	%M200.4	Bool	

### Segmento 4:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"NIVEL_EQUILIBRIO1"	%MD328	Real	
"PARO_X_NIVEL_MIN_E1"	%M34.0	Bool	
"NIVEL_MIN_E1"	%MD30	Real	

# Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

## NIVEL TANQUE EQUILIBRIO 2 [OB125]

### NIVEL TANQUE EQUILIBRIO 2 Propiedades

#### General

<b>Nombre</b>	NIVEL TANQUE EQUILIBRIO 2	<b>Número</b>	125	<b>Tipo</b>	OB.ProgramCycle
---------------	---------------------------	---------------	-----	-------------	-----------------

<b>Idioma</b>	KOP
---------------	-----

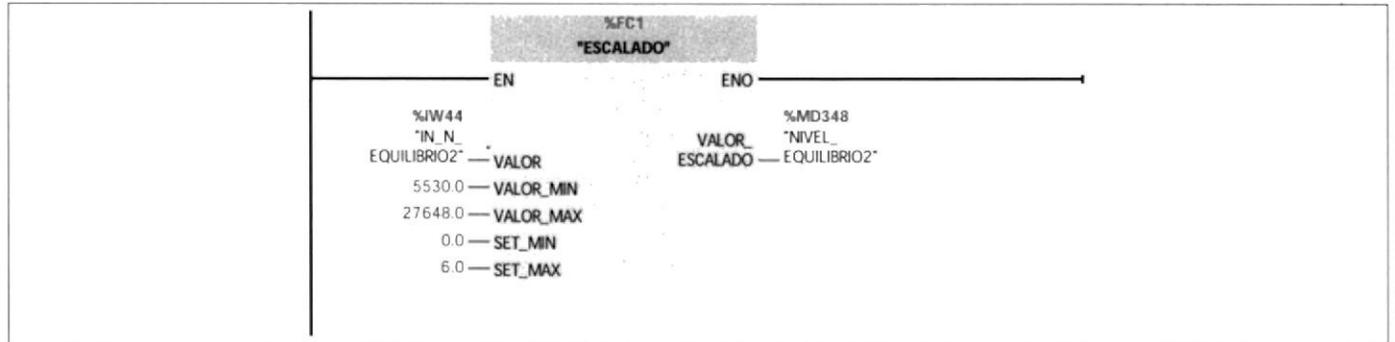
#### Información

<b>Título</b>	"Main Program Sweep (Cycle)"	<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	NIVEL TANQUE EQUILIBRIO 2
---------------	------------------------------	--------------	--	-------------------	---------------------------

<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	
----------------	--	----------------	-----	-------------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
Temp			

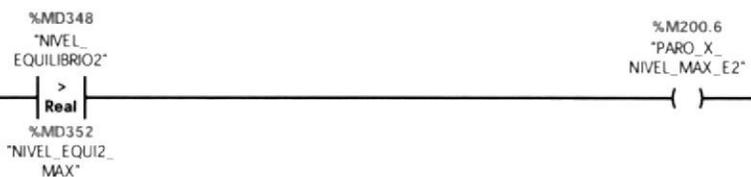
### Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"IN_N_EQILIBRIO2"	%IW44	UInt	
5530.0	5530.0	Real	
27648.0	27648.0	Real	
"NIVEL_EQILIBRIO2"	%MD348	Real	
"ESCALADO"	%FC1	Block_FC	
0.0	0.0	Real	
6.0	6.0	Real	

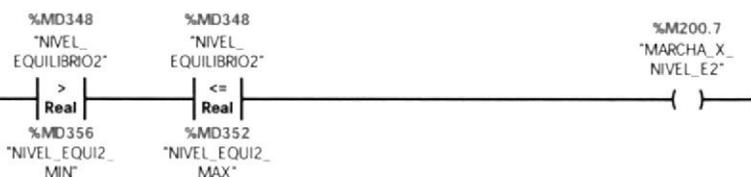
### Segmento 2:

--	--	--



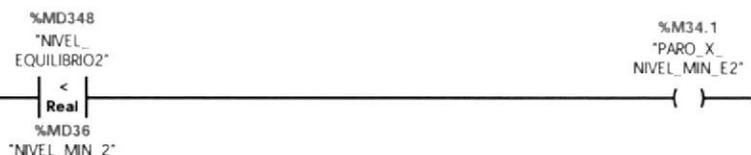
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"NIVEL_EQUILIBRIO2"	%MD348	Real	
"NIVEL_EQUI2_MAX"	%MD352	Real	
"PARO_X_NIVEL_MAX_E2"	%M200.6	Bool	

### Segmento 3:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"NIVEL_EQUILIBRIO2"	%MD348	Real	
"NIVEL_EQUI2_MAX"	%MD352	Real	
"NIVEL_EQUI2_MIN"	%MD356	Real	
"MARCHA_X_NIVEL_E2"	%M200.7	Bool	

### Segmento 4:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"NIVEL_EQUILIBRIO2"	%MD348	Real	
"PARO_X_NIVEL_MIN_E2"	%M34.1	Bool	
"NIVEL_MIN_2"	%MD36	Real	

# Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

## PID DE BOMBAS DE SALIDA [OB30]

### PID DE BOMBAS DE SALIDA Propiedades

#### General

<b>Nombre</b>	PID DE BOMBAS DE SALIDA	<b>Número</b>	30	<b>Tipo</b>	OB.CyclicInterrupt
---------------	-------------------------	---------------	----	-------------	--------------------

<b>Idioma</b>	KOP
---------------	-----

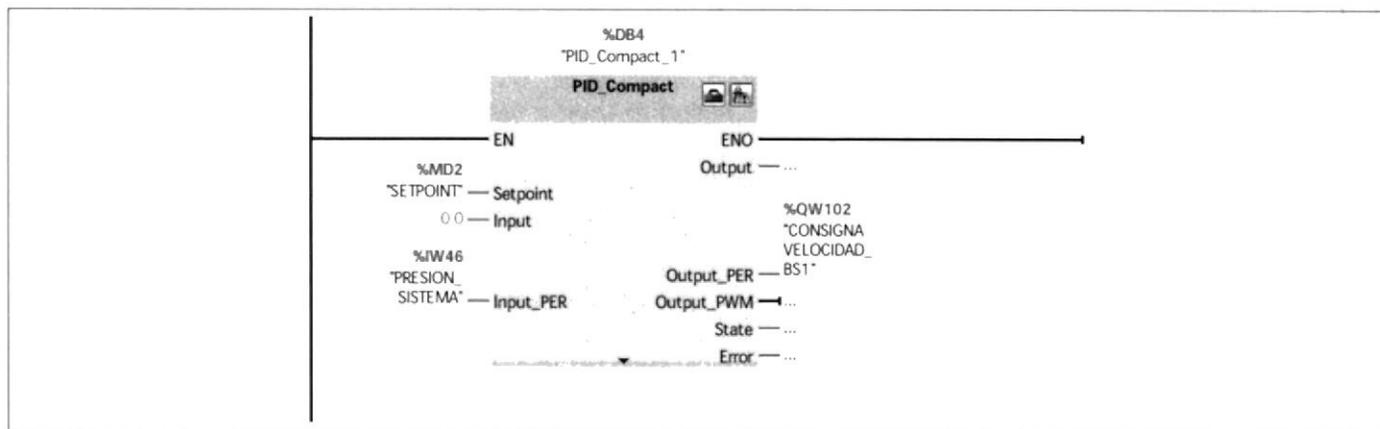
#### Información

<b>Título</b>		<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	BLOQUE DE PID
<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
Temp			

### Segmento 1:

PID PARA BOMBA DE SALIDA 1



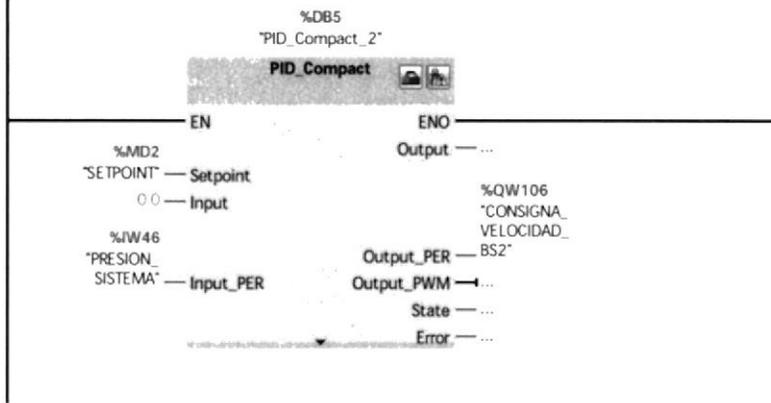
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PID_Compact_1"	%DB4	Block_FB	
"SETPOINT"	%MD2	Real	
"CONSIGNA VELOCIDAD_BS1"	%QW102	Word	
"PRESION_SISTEMA"	%IW46	Word	

### Segmento 2:

PID PARA BOMBA DE SALIDA 2



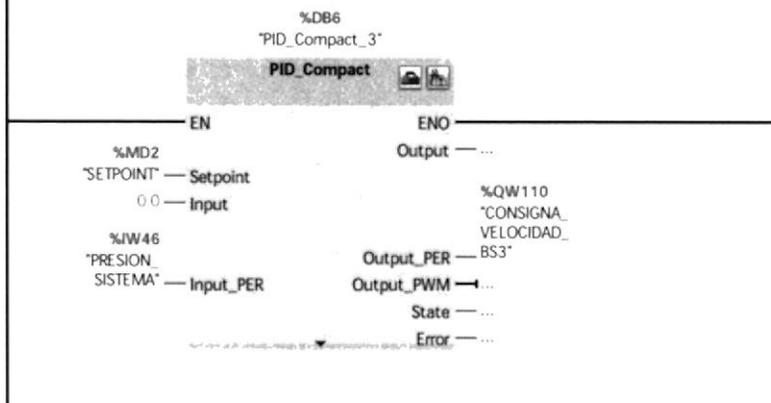
CTB ESPOL



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"SETPOINT"	%MD2	Real	
"PID_Compact_2"	%DB5	Block_FB	
"PRESION_SISTEMA"	%IW46	Word	
"CONSIGNA_VELOCIDAD_BS2"	%QW106	Word	

### Segmento 3:

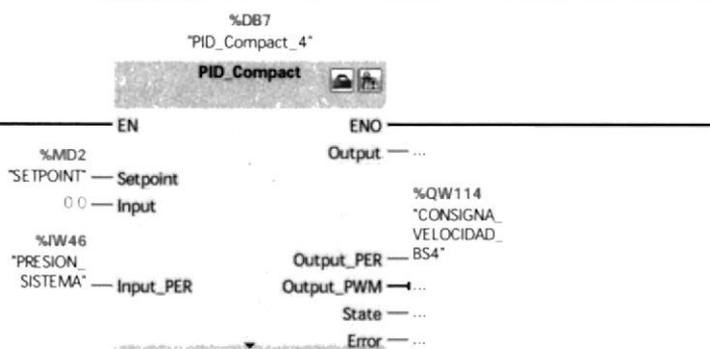
PID PARA BOMBA DE SALIDA 3



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"SETPOINT"	%MD2	Real	
"PRESION_SISTEMA"	%IW46	Word	
"PID_Compact_3"	%DB6	Block_FB	
"CONSIGNA_VELOCIDAD_BS3"	%QW110	Word	

### Segmento 4:

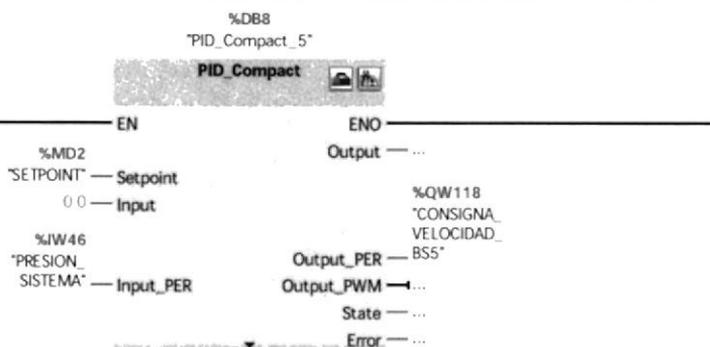
PID PARA BOMBA DE SALIDA 4



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"SETPOINT"	%MD2	Real	
"PRESION_SISTEMA"	%IW46	Word	
"PID_Compact_4"	%DB7	Block_FB	
"CONSIGNA_VELOCIDAD_BS4"	%QW114	Word	

### Segmento 5:

PID PARA BOMBA DE SALIDA 5



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"SETPOINT"	%MD2	Real	
"PRESION_SISTEMA"	%IW46	Word	
"PID_Compact_5"	%DB8	Block_FB	
"CONSIGNA_VELOCIDAD_BS5"	%QW118	Word	

# Proyecto\_presion\_constante / PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

## VISUALIZACION DE VARIABLES [OB127]

### VISUALIZACION DE VARIABLES Propiedades

#### General

<b>Nombre</b>	VISUALIZACION DE VARIABLES	<b>Número</b>	127	<b>Tipo</b>	OB.ProgramCycle
---------------	----------------------------	---------------	-----	-------------	-----------------

<b>Idioma</b>	KOP
---------------	-----

#### Información

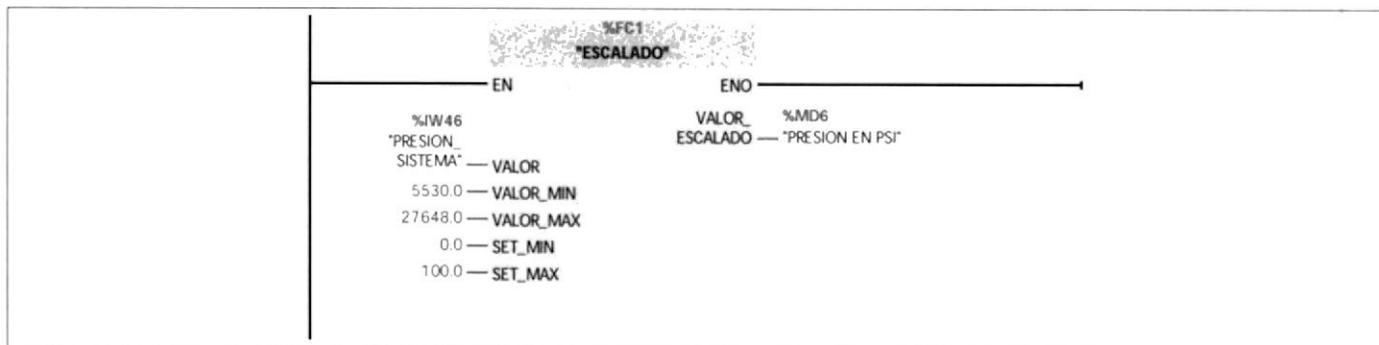
<b>Título</b>	"Main Program Sweep (Cycle)"	<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	
---------------	------------------------------	--------------	--	-------------------	--

<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	
----------------	--	----------------	-----	-------------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
Temp			

### Segmento 1:

ESCALADO DE PRESION EN PSI DE TRANSMISOR DE SISTEMA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ESCALADO"	%FC1	Block_FC	
"PRESION_SISTEMA"	%IW46	Word	
5530.0	5530.0	Real	
27648.0	27648.0	Real	
0.0	0.0	Real	
100.0	100.0	Real	
"PRESION EN PSI"	%MD6	Real	

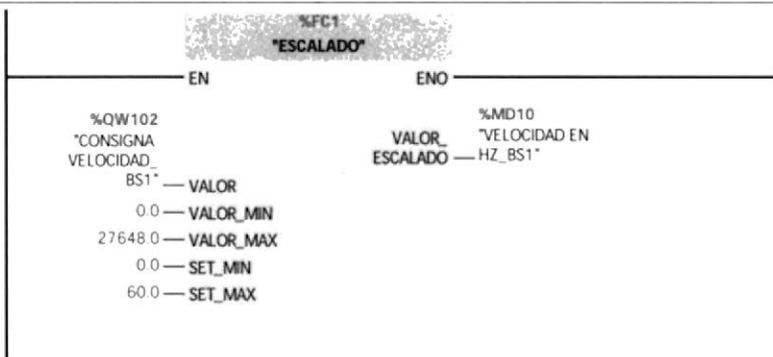
### Segmento 2:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PRESION EN PSI"	%MD6	Real	
"SISTEMA PRESURIZADO"	%M34.2	Bool	
"PRESION_DE_SISTEMA PRESURIZADO"	%MD48	Real	

### Segmento 3:

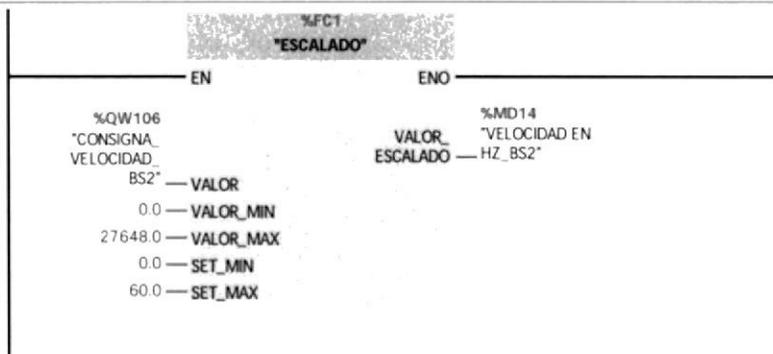
ESCALADO DE VELOCIDAD EN FRECUENCIA BOMBA DE SALIDA 1



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ESCALADO"	%FC1	Block_FC	
27648.0	27648.0	Real	
0.0	0.0	Real	
"CONSIGNA VELOCIDAD_BS1"	%QW102	Word	
60.0	60.0	Real	
"VELOCIDAD EN HZ_BS1"	%MD10	Real	

### Segmento 4:

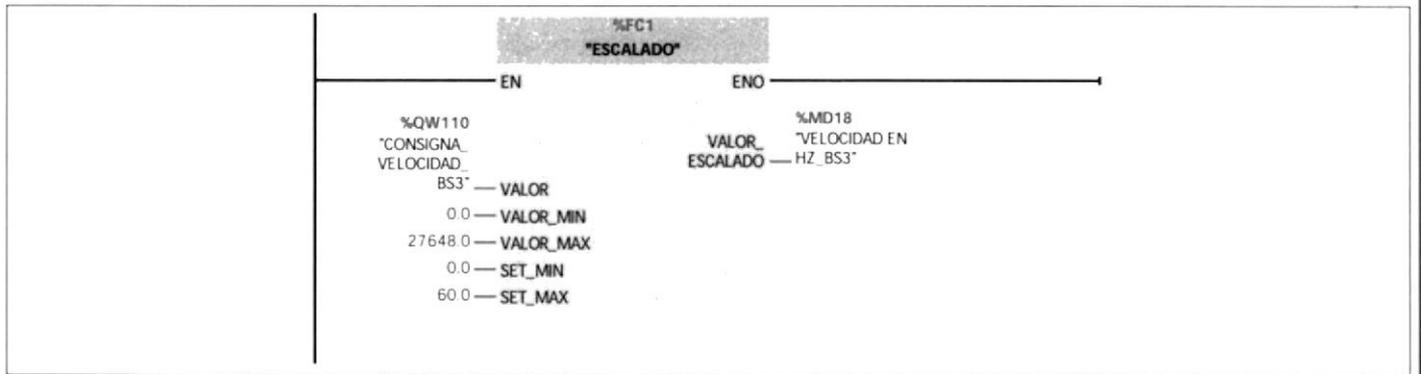
ESCALADO DE VELOCIDAD EN FRECUENCIA BOMBA DE SALIDA 2



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ESCALADO"	%FC1	Block_FC	
27648.0	27648.0	Real	
0.0	0.0	Real	
60.0	60.0	Real	
"CONSIGNA_VELOCIDAD_BS2"	%QW106	Word	
"VELOCIDAD EN HZ_BS2"	%MD14	Real	

**Segmento 5:**

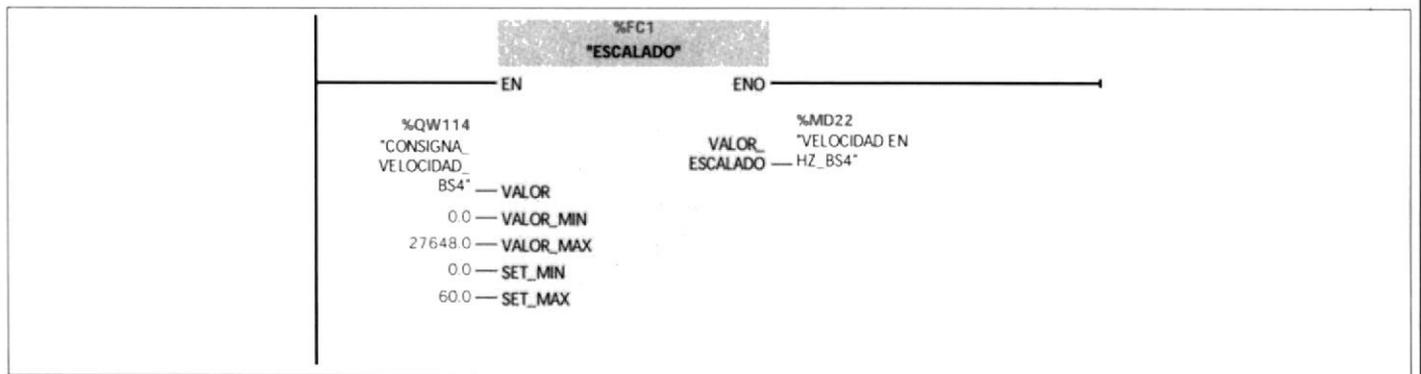
ESCALADO DE VELOCIDAD EN FRECUENCIA BOMBA DE SALIDA 3



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ESCALADO"	%FC1	Block_FC	
27648.0	27648.0	Real	
0.0	0.0	Real	
60.0	60.0	Real	
"CONSIGNA_VELOCIDAD_BS3"	%QW110	Word	
"VELOCIDAD EN HZ_BS3"	%MD18	Real	

**Segmento 6:**

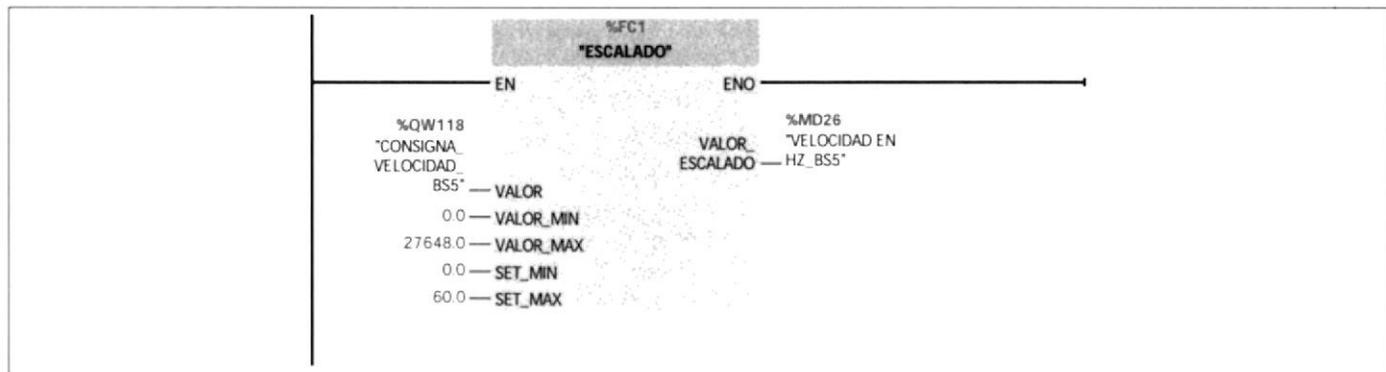
ESCALADO DE VELOCIDAD EN FRECUENCIA BOMBA DE SALIDA 4



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ESCALADO"	%FC1	Block_FC	
27648.0	27648.0	Real	
0.0	0.0	Real	
60.0	60.0	Real	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"CONSIGNA_VELOCIDAD_BS4"	%QW114	Word	
"VELOCIDAD EN HZ_BS4"	%MD22	Real	

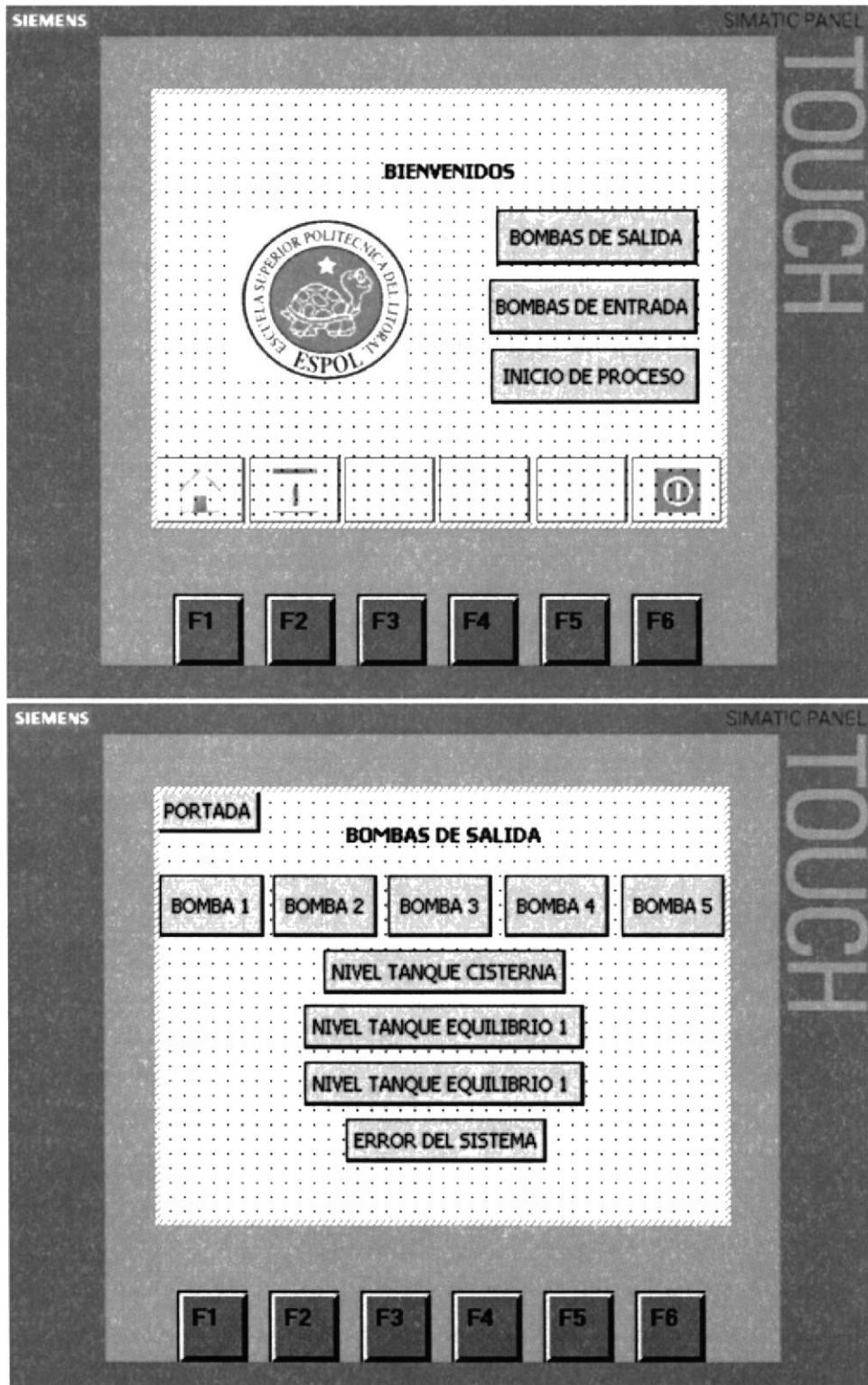
**Segmento 7:**

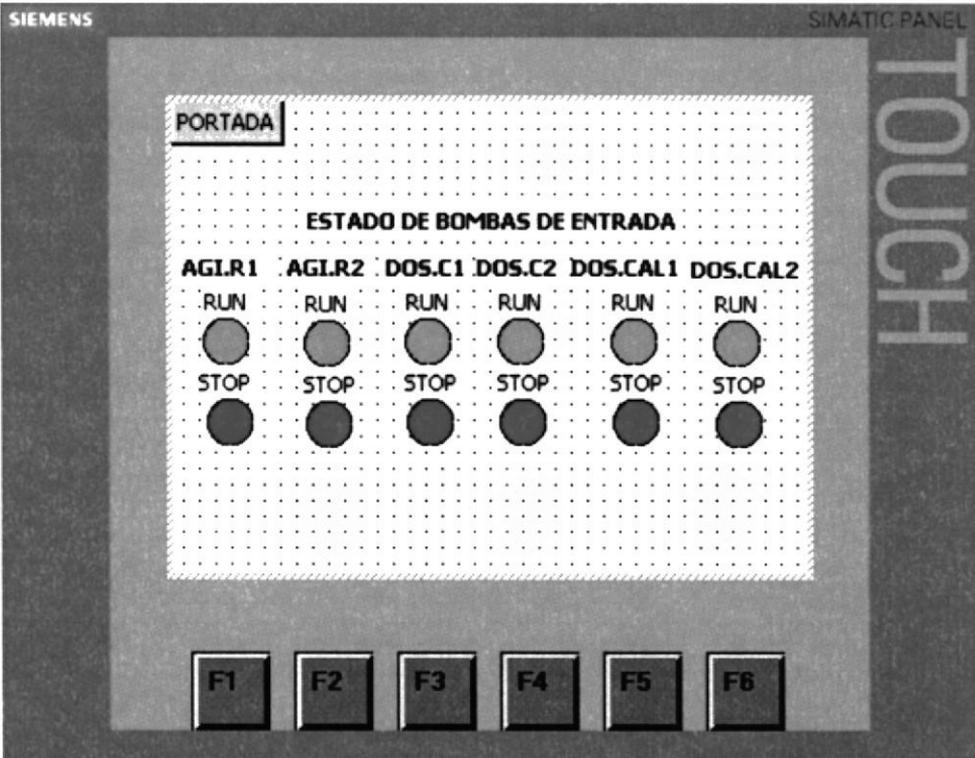
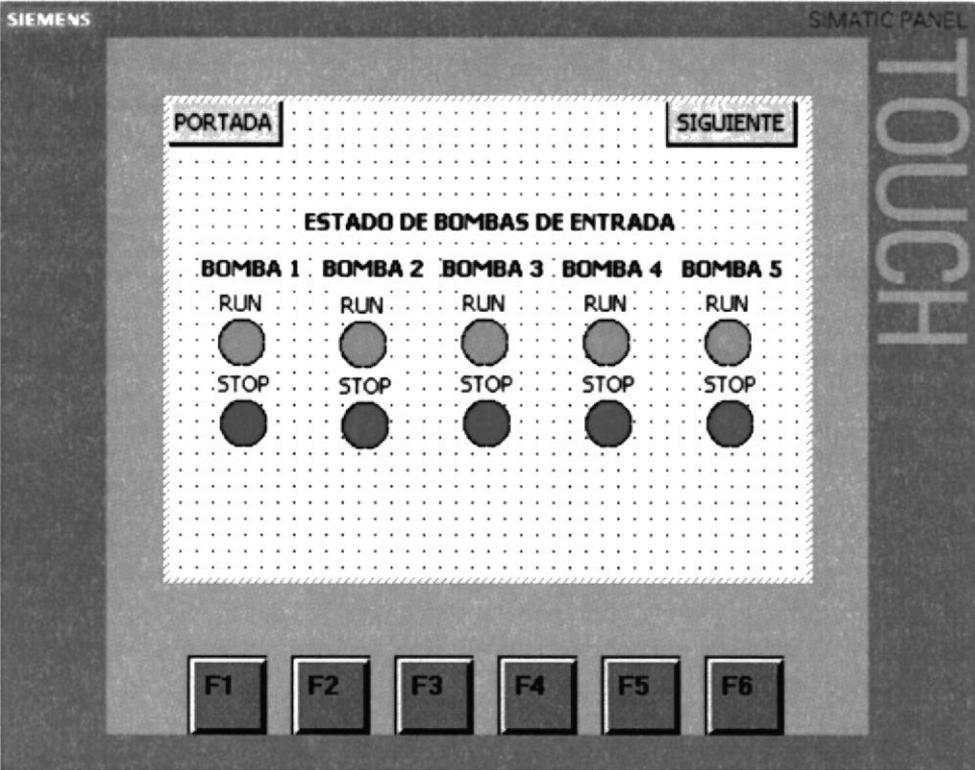


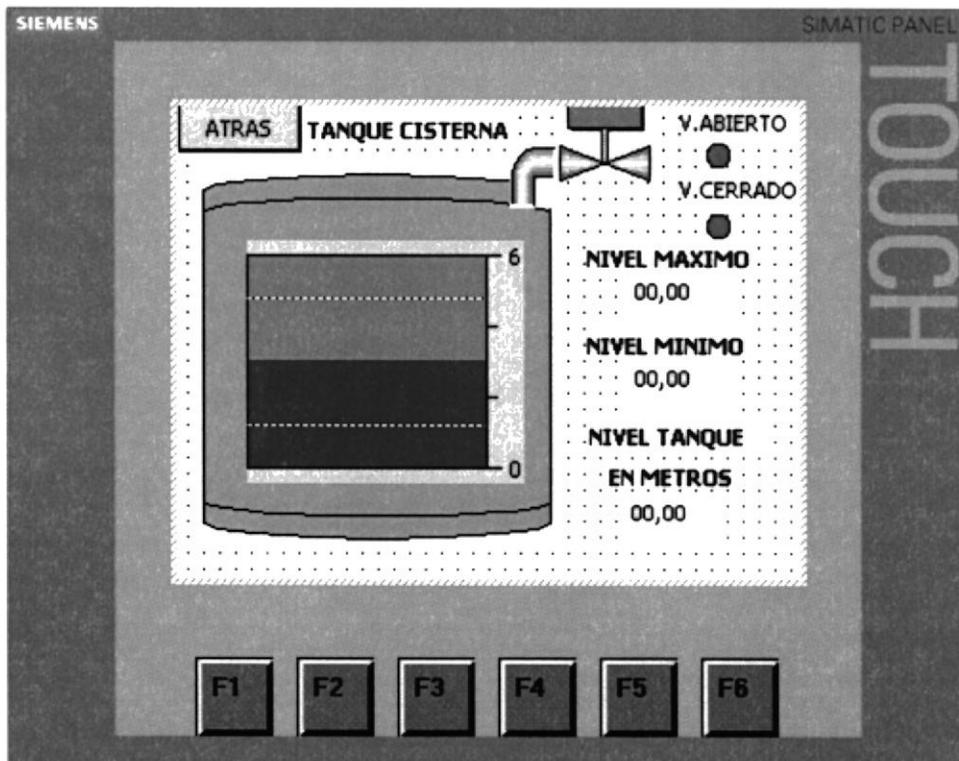
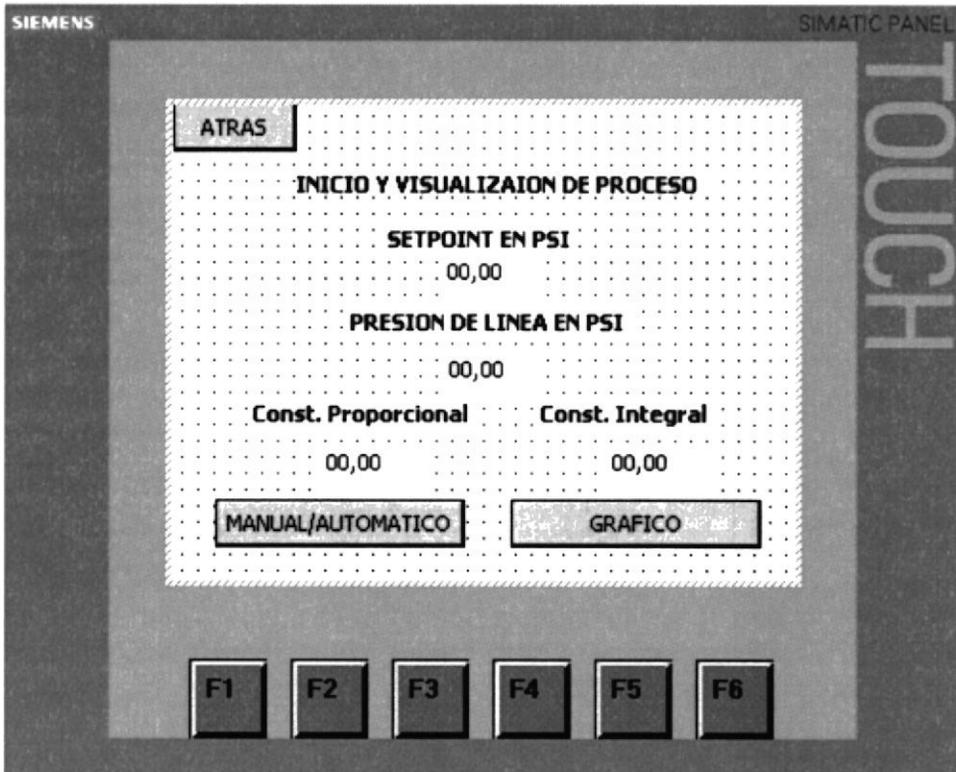
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ESCALADO"	%FC1	Block_FC	
27648.0	27648.0	Real	
0.0	0.0	Real	
60.0	60.0	Real	
"CONSIGNA_VELOCIDAD_BS5"	%QW118	Word	
"VELOCIDAD EN HZ_BS5"	%MD26	Real	

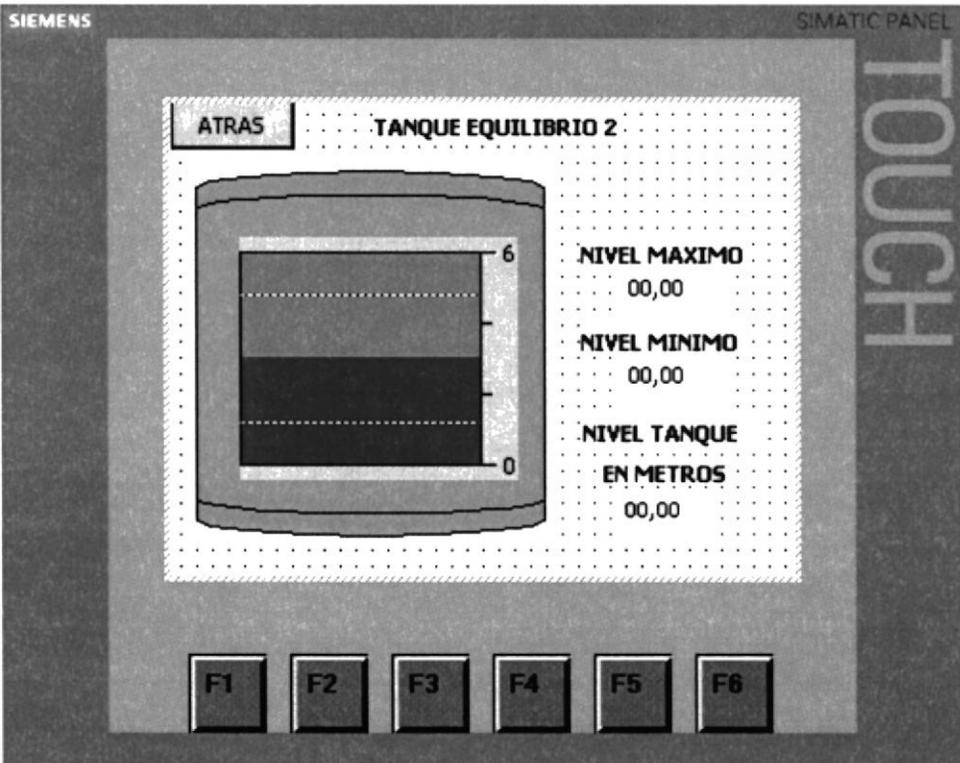
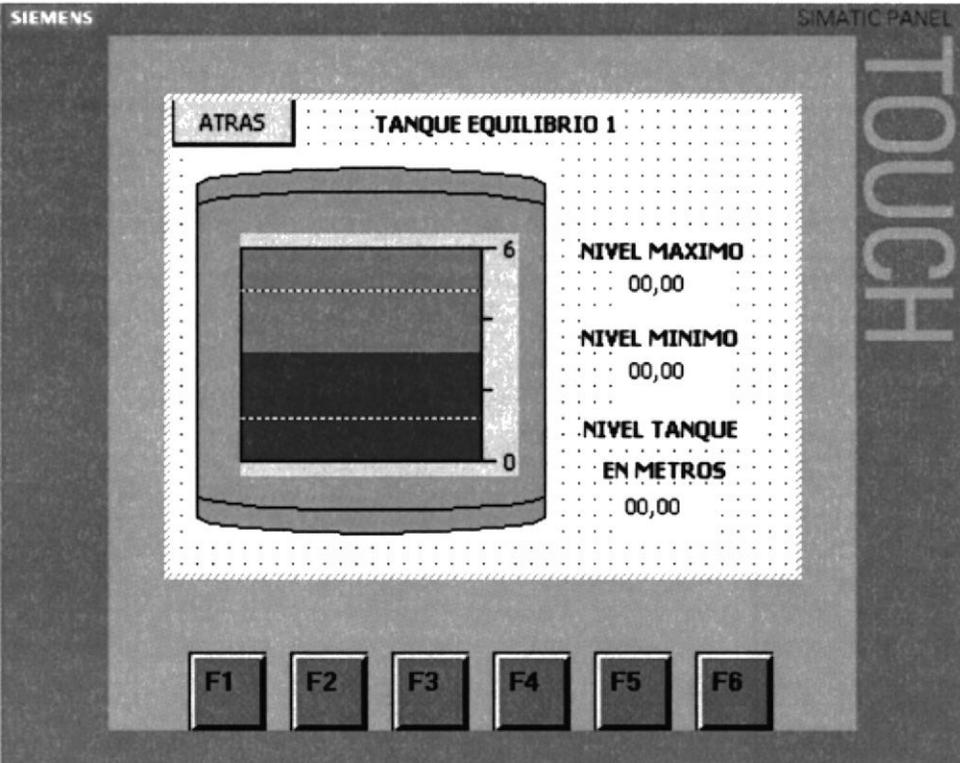
# **ANEXO 11**

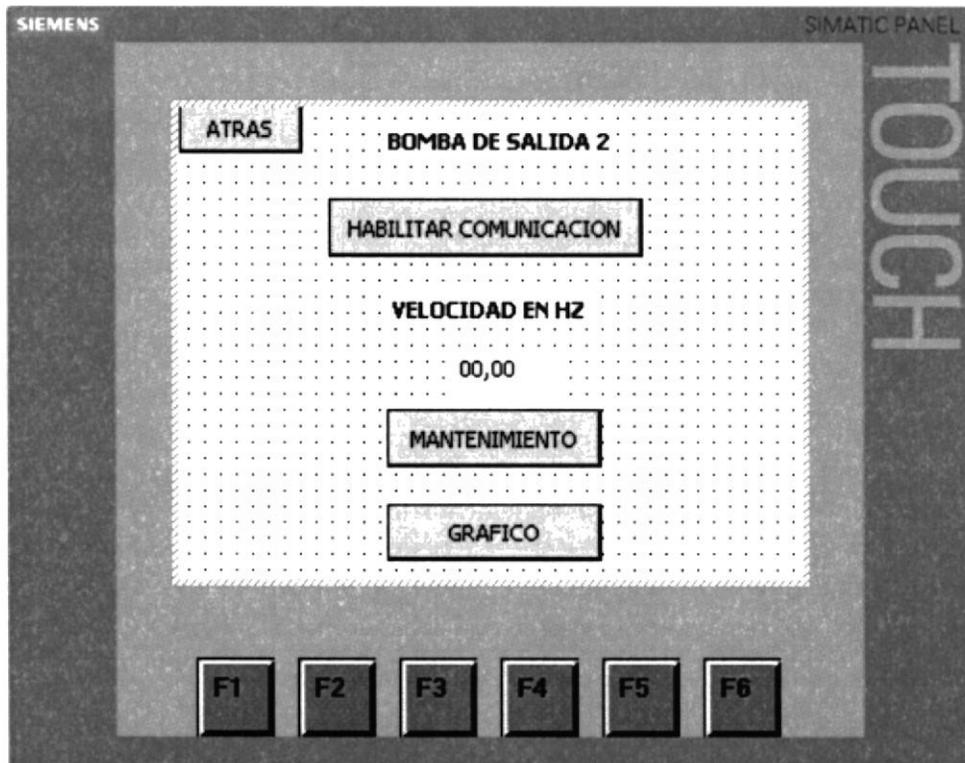
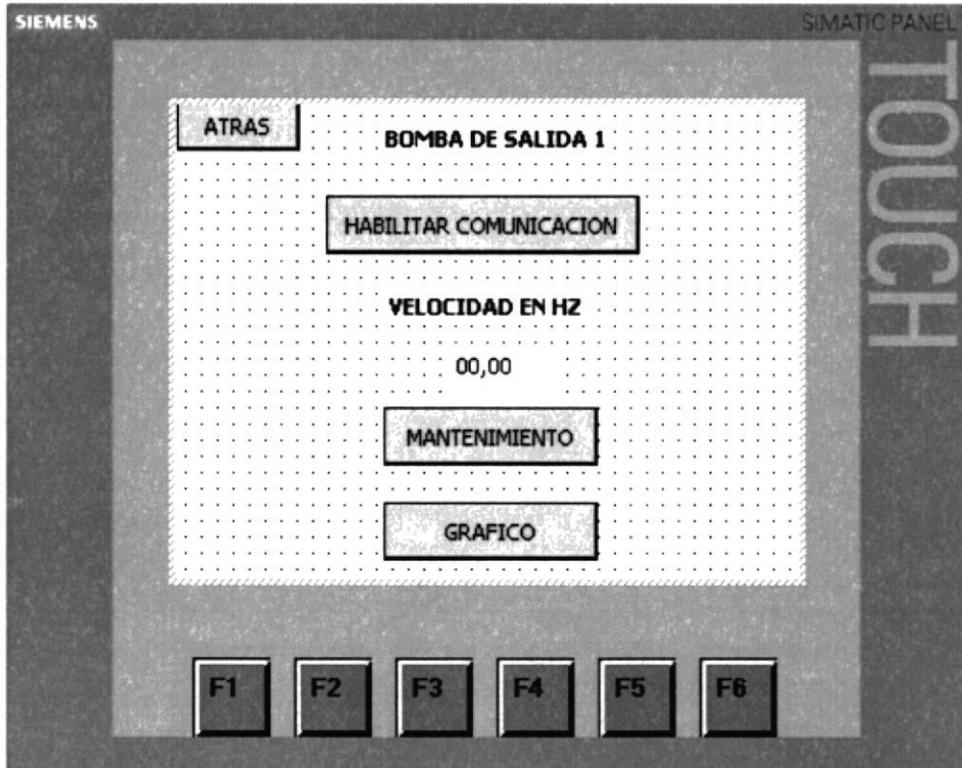
## PROGRAMACIÓN DE PANTALLAS



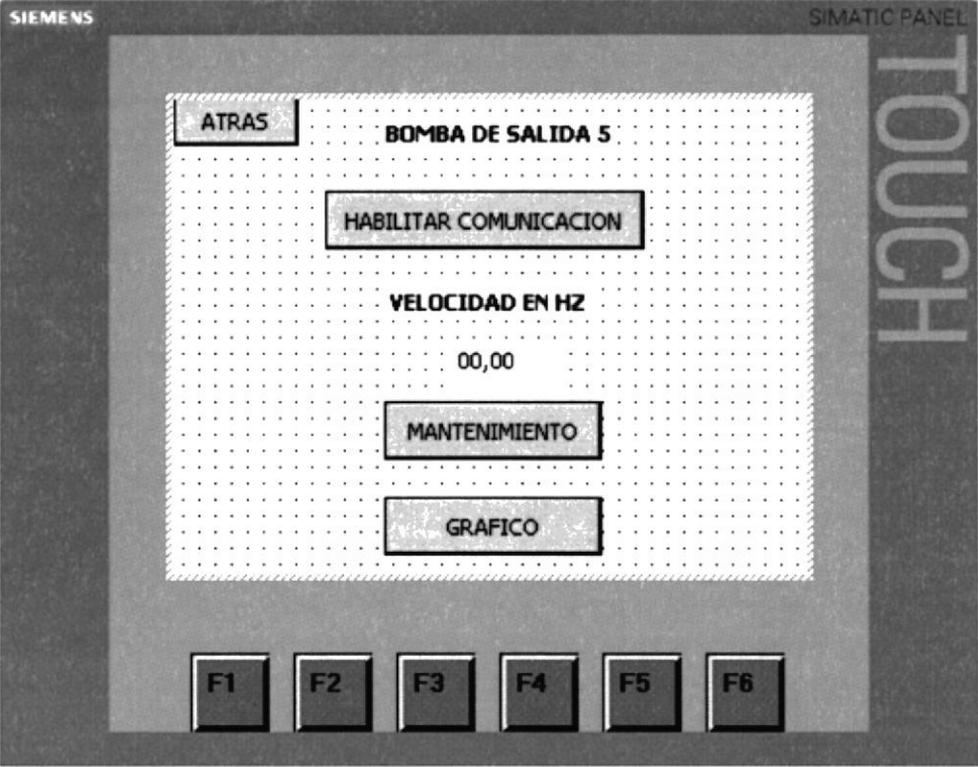




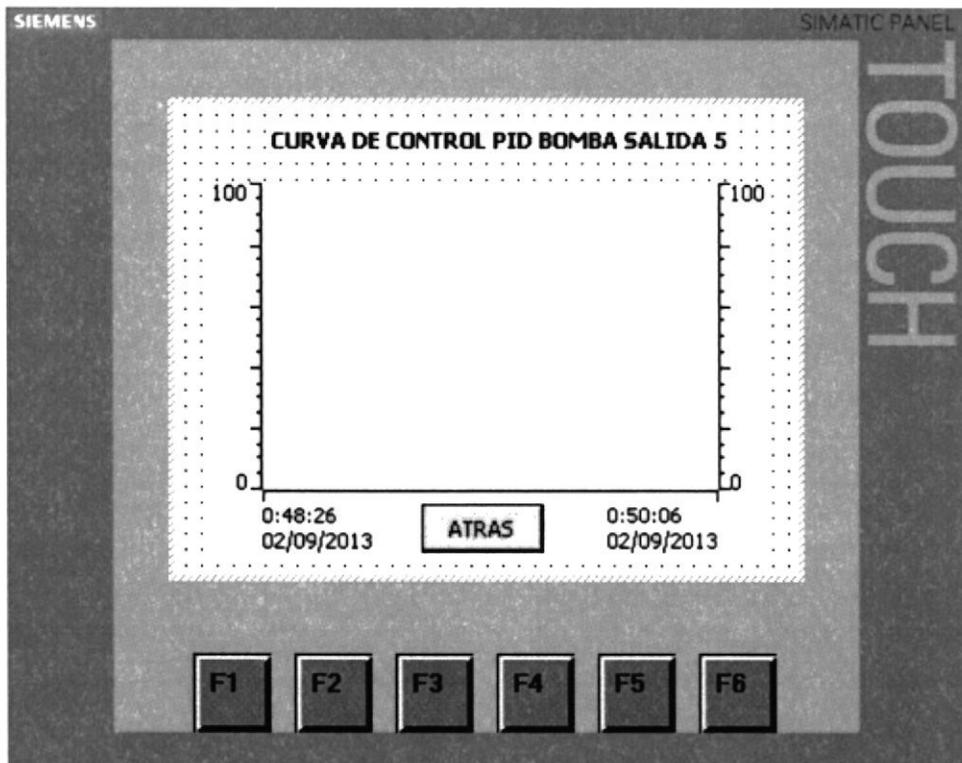
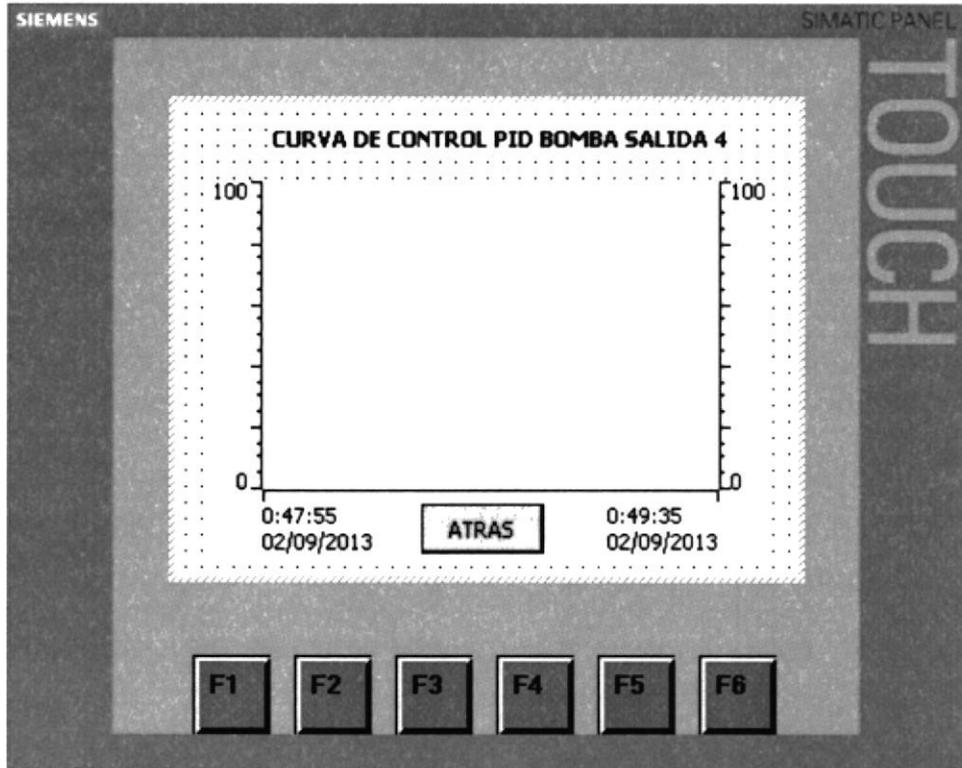












TOUCH

ATRAS

$$E = \frac{\text{PRESION DEL SISTEMA} - \text{PRESION DESEADA}}{\text{PRESION DESEADA}}$$

E = 00,00

F1

F2

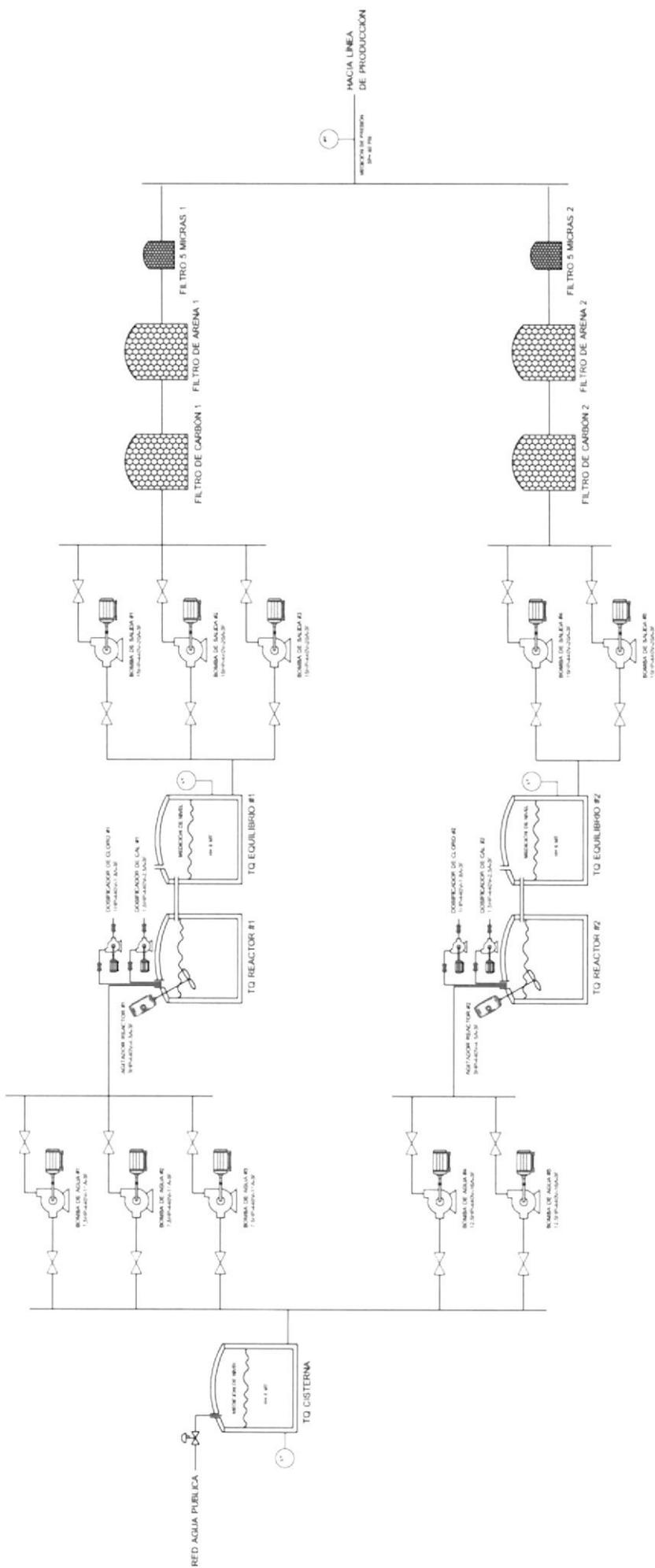
F3

F4

F5

F6

## **ANEXO 12**



PLANO N° 4.2  
 ESCALA: S/E  
 HOJA: 1  
 HOJAS: 1

PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO



DESIGNACIÓN

PROYECTO

MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE
	JULIO 2013	ING. EFREN HERRERA
	A.GALARZA / B. DIAZ	
	A.GALARZA / B. DIAZ	
	A.GALARZA / B. DIAZ	

# ANEXO 13



CIB ESPOL



## **ANEXO 14**

A

B

C

D

E

F

A

B

C

D

E

F

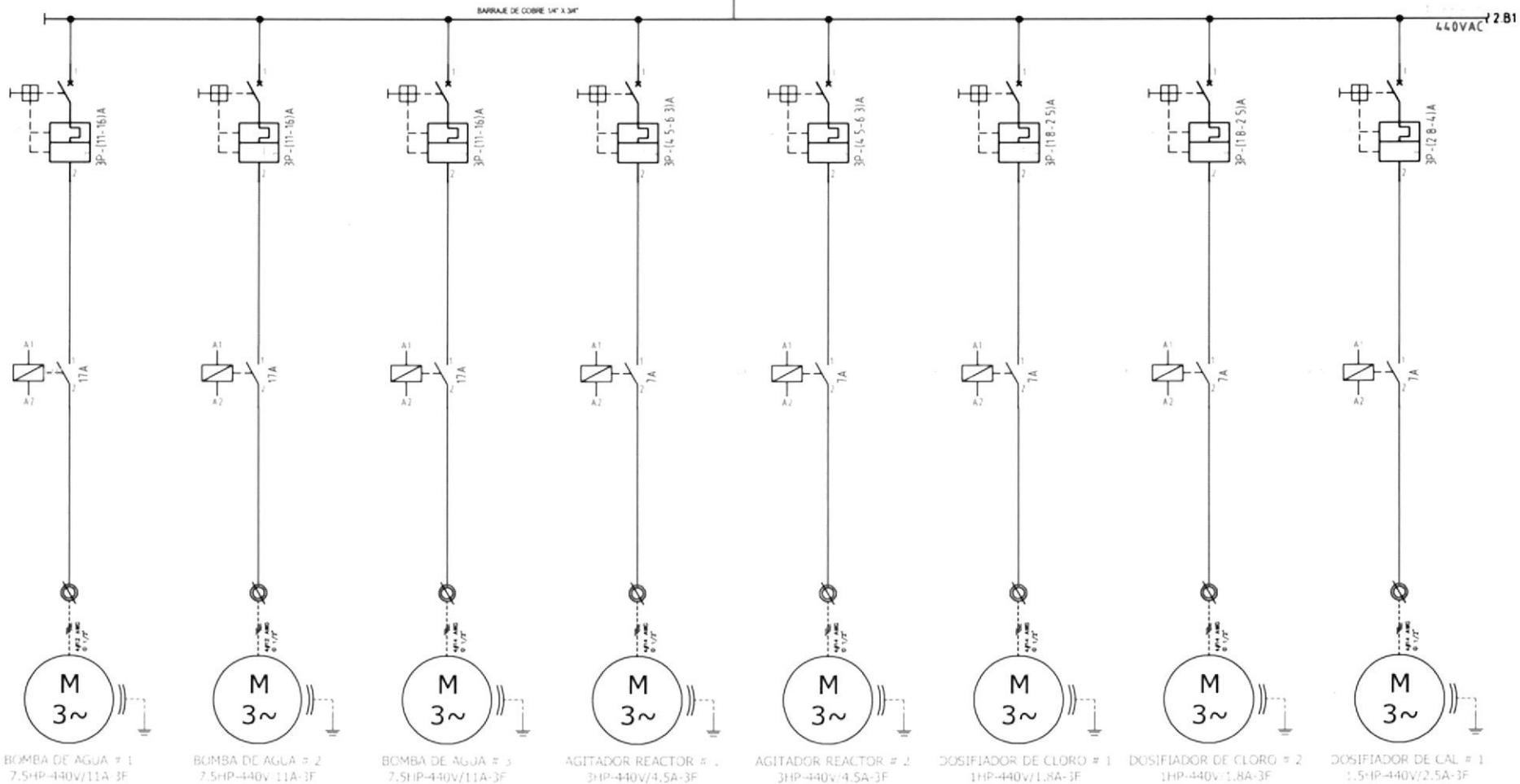


DIAGRAMA UNIFILAR 1

PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE

PLANO N° 4.4.1

ESCALA: S/E

HOJA: 1

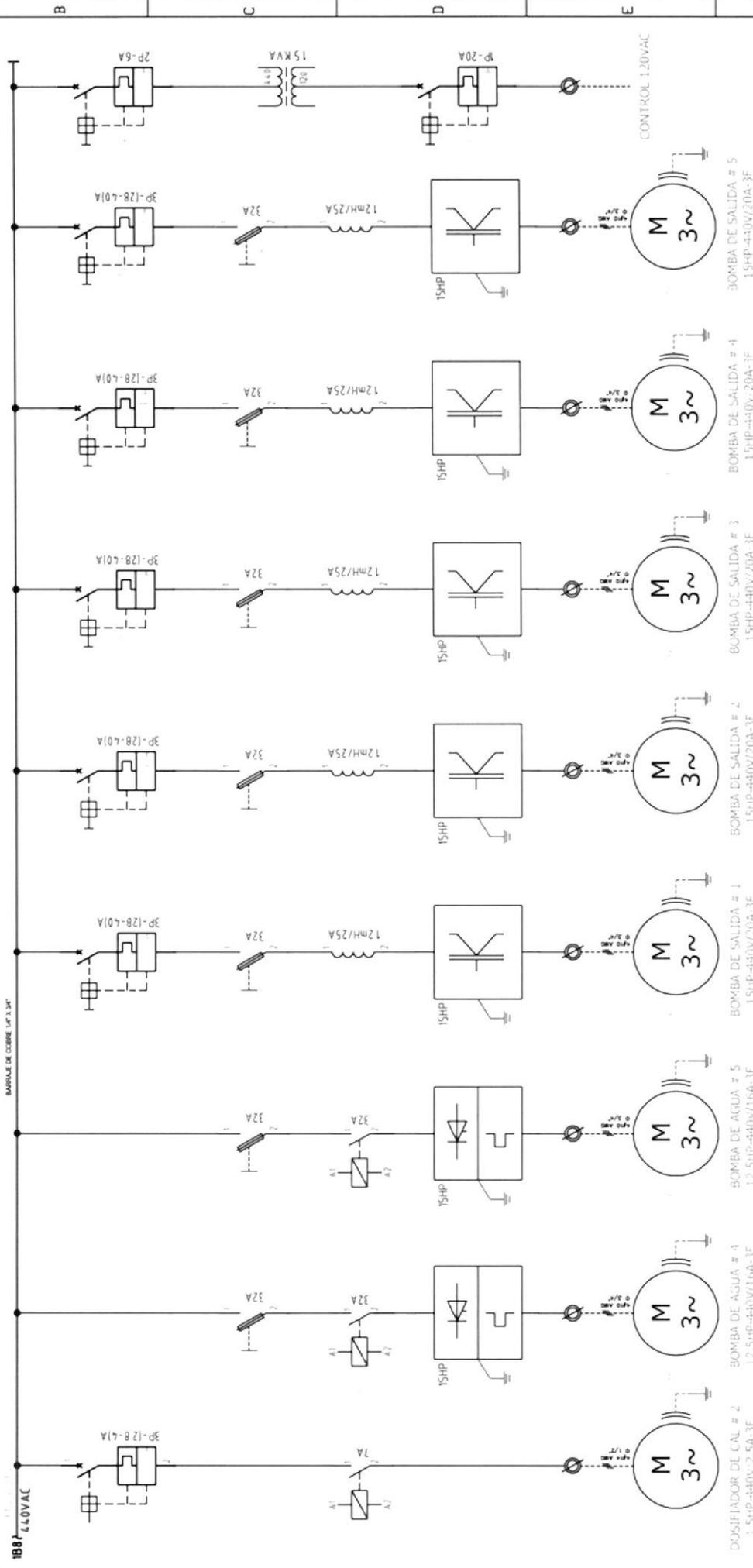
HOJAS: 2

MODIFICAC. FECHA NOMBRE

DESIGNACIÓN

PROYECTO

FECHA	JULIO /2013
DISERD	AGALARZA / B. DIAZ
DIBUJADO	AGALARZA / B. DIAZ
APROBADO	ING. EFREN HERRERA



PLANO N° 4.4.2		PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE	
ESCALA:	S/E	DIAGRAMA UNIFILAR 2	
HOLJA:	2	DESIGNACIÓN	
HOLJAS:	2	PROYECTO	
		BOMBA DE SALIDA # 5 15HP-440V/20A-3F BOMBA DE SALIDA # 4 15HP-440V/20A-3F BOMBA DE SALIDA # 3 15HP-440V/20A-3F BOMBA DE SALIDA # 2 15HP-440V/20A-3F BOMBA DE AGUA # 1 15HP-440V/20A-3F BOMBA DE AGUA # 5 12.5HP-440V/16A-3F BOMBA DE AGUA # 4 12.5HP-440V/16A-3F DOSIFICADOR DE CAL # 2 1.5HP-440V-2.5A-3F	
		FECHA	JULIO /2013
		DISEÑO	AGALARZA / B. DIAZ
DIBUJADO	AGALARZA / B. DIAZ	APROBADO	ING. EFREN HERRERA
HOLIFICAC	FECHA	NOMBRE	

## **ANEXO 15**

A

B

C

D

E

F

Tensión de Servicio	120 VAC
Tensión de Control	24 VDC
Tensión de Senal	4-20 mA / 24 VDC
Normativa	IEC

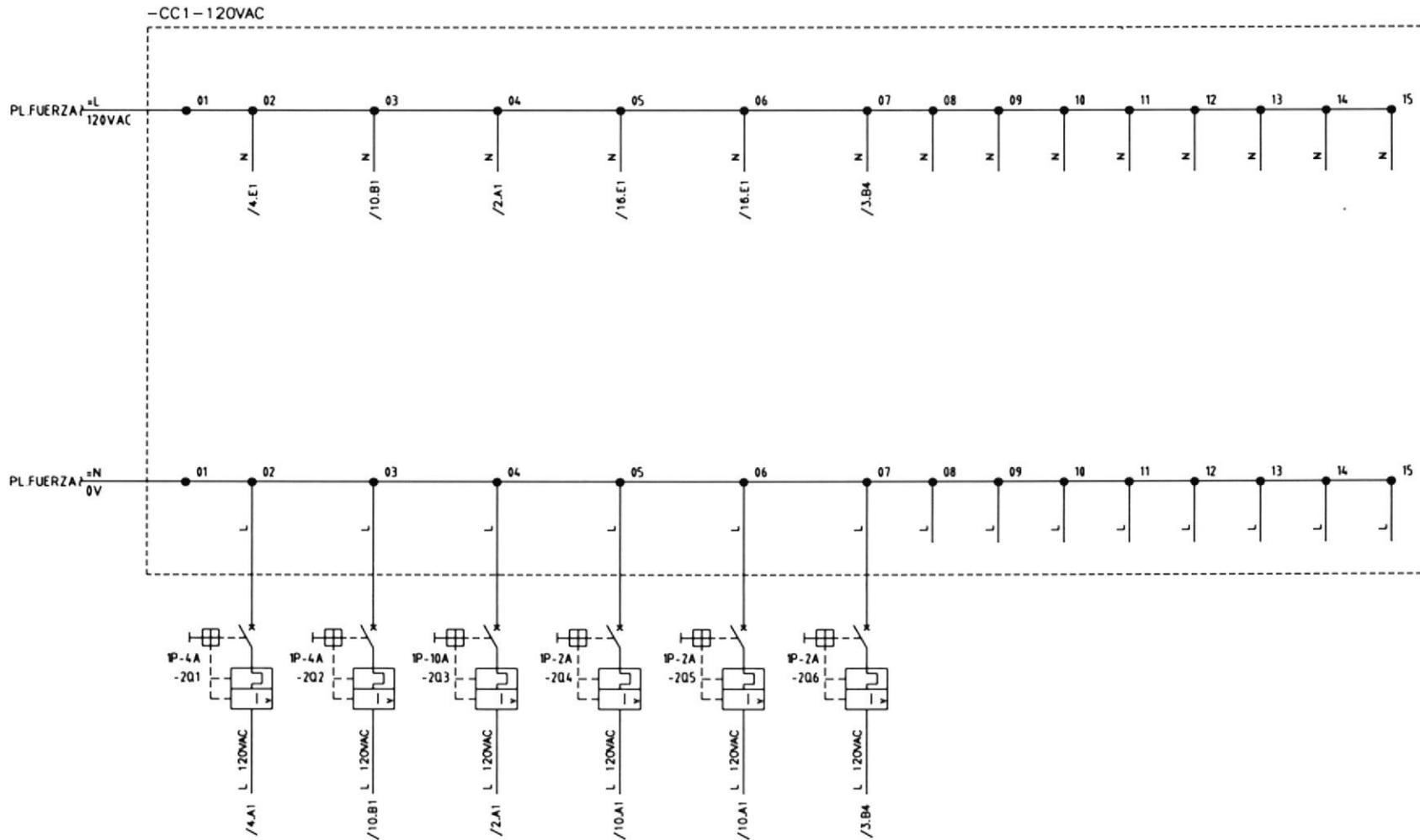
Documentación Proyecto Eléctrico  
 Proyecto de Graduación

Proyecto Sistema de Presión Constante  
 Diagramas de Control



			FECHA	JULIO /2013			DIAGRAMA DE CONTROL PORTADA	PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE	ESCALA:	S/E		
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ							HOJA:	0
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ							HOJAS:	20
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA								
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE					DESIGNACIÓN	PROYECTO				

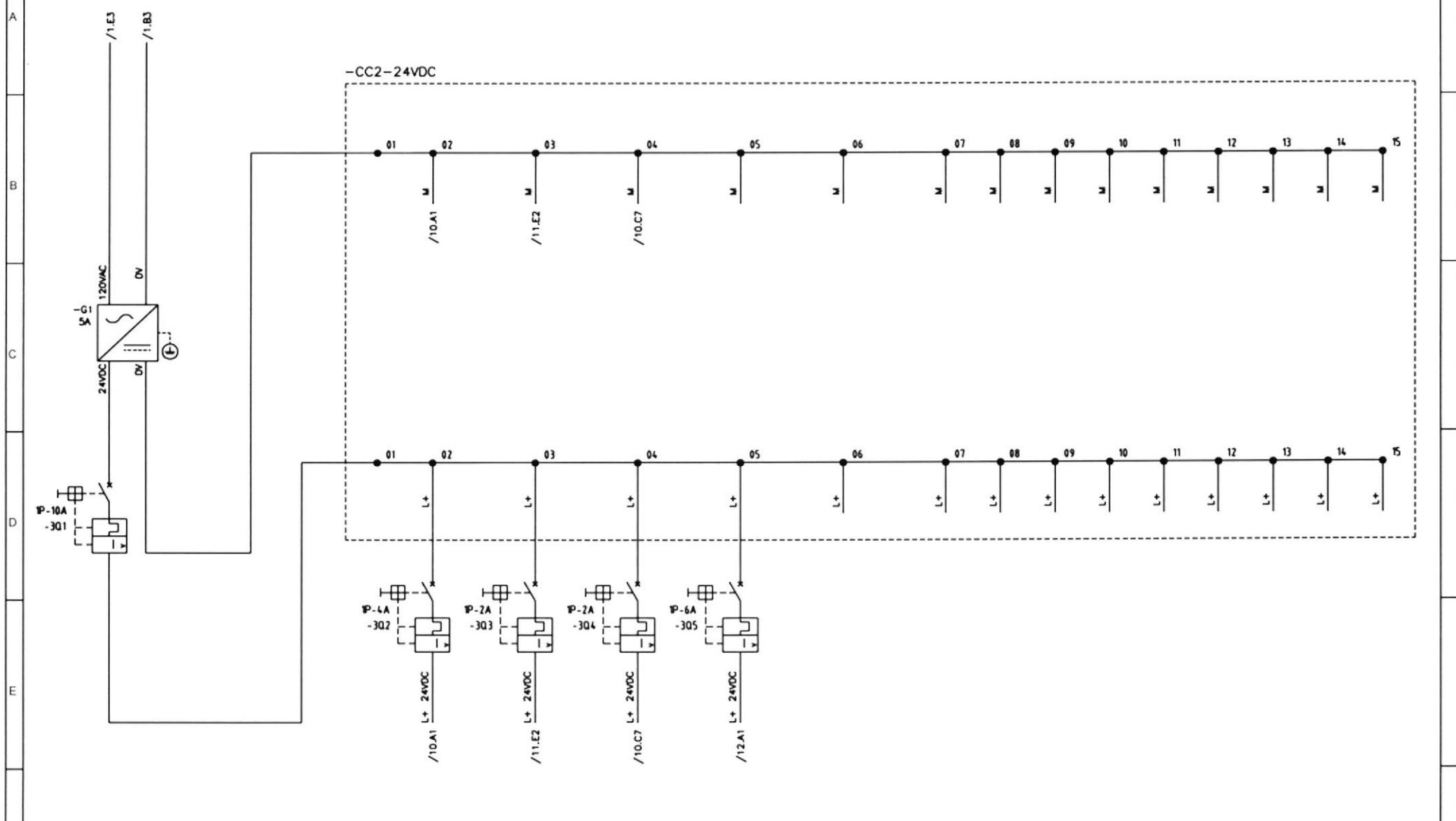
A  
B  
C  
D  
E  
F



			FECHA	JULIO /2013
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA
MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE		



DIAGRAMA DE CONTROL DISTRIBUCIÓN 110VAC	PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE	PLANO N° 4.5.1
		ESCALA: S/E
		HOJA: 1
		HOJAS: 20
DESIGNACIÓN	PROYECTO	



		FECHA	JULIO /2013		<b>DIAGRAMA DE CONTROL DISTRIBUCIÓN 24VDC</b>	<b>PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE</b>	PLANO N° 4.5.2	
		DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ				ESCALA:	S/E
		DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ				HOJA:	2
		APROBADO	ING. EFREN HERRERA				HOJAS:	20
MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DESIGNACIÓN	PROYECTO		

A

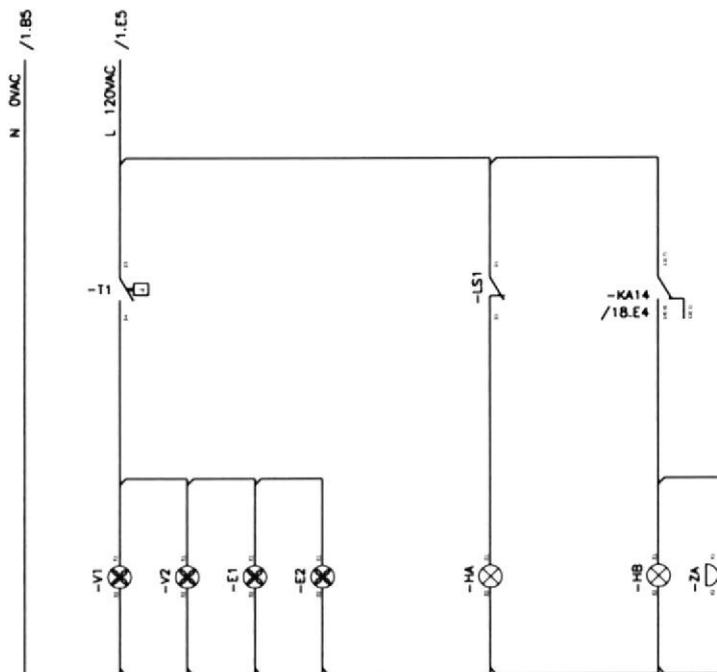
B

C

D

E

F



FECHA JULIO /2013

DISEÑO A.GALARZA / B. DIAZ

DIBUJADO A.GALARZA / B. DIAZ

APROBADO ING. EFREN HERRERA

MOFIFICAC. FECHA NOMBRE



DIAGRAMA DE CONTROL  
VENTILACIÓN, ALARMA E  
ILUMINACIÓN DE TAB

DESIGNACIÓN

PROYECTO SISTEMA DE  
PRESIÓN CONSTANTE

PROYECTO

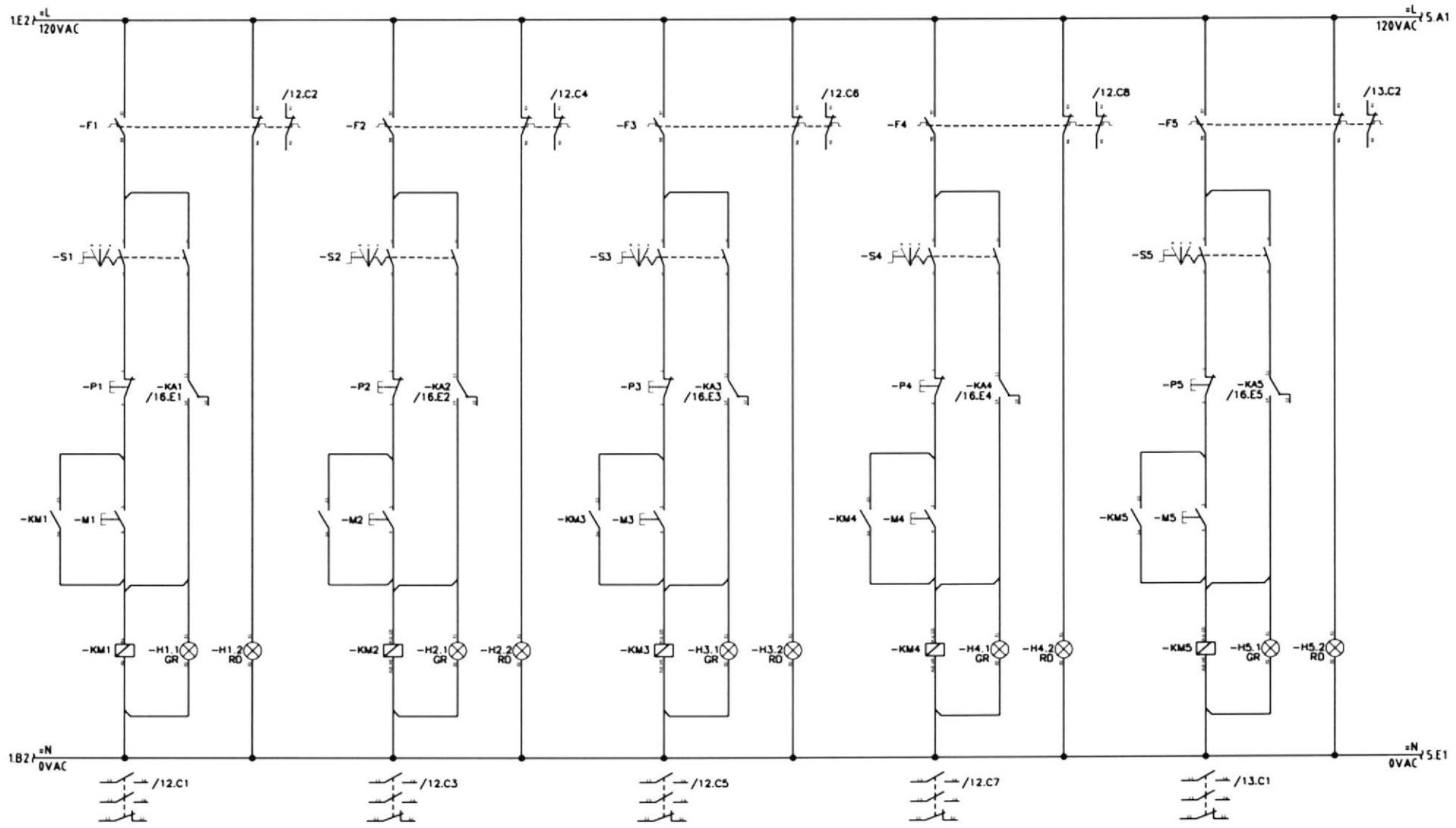
PLANO N° 4.5.3

ESCALA: S/E

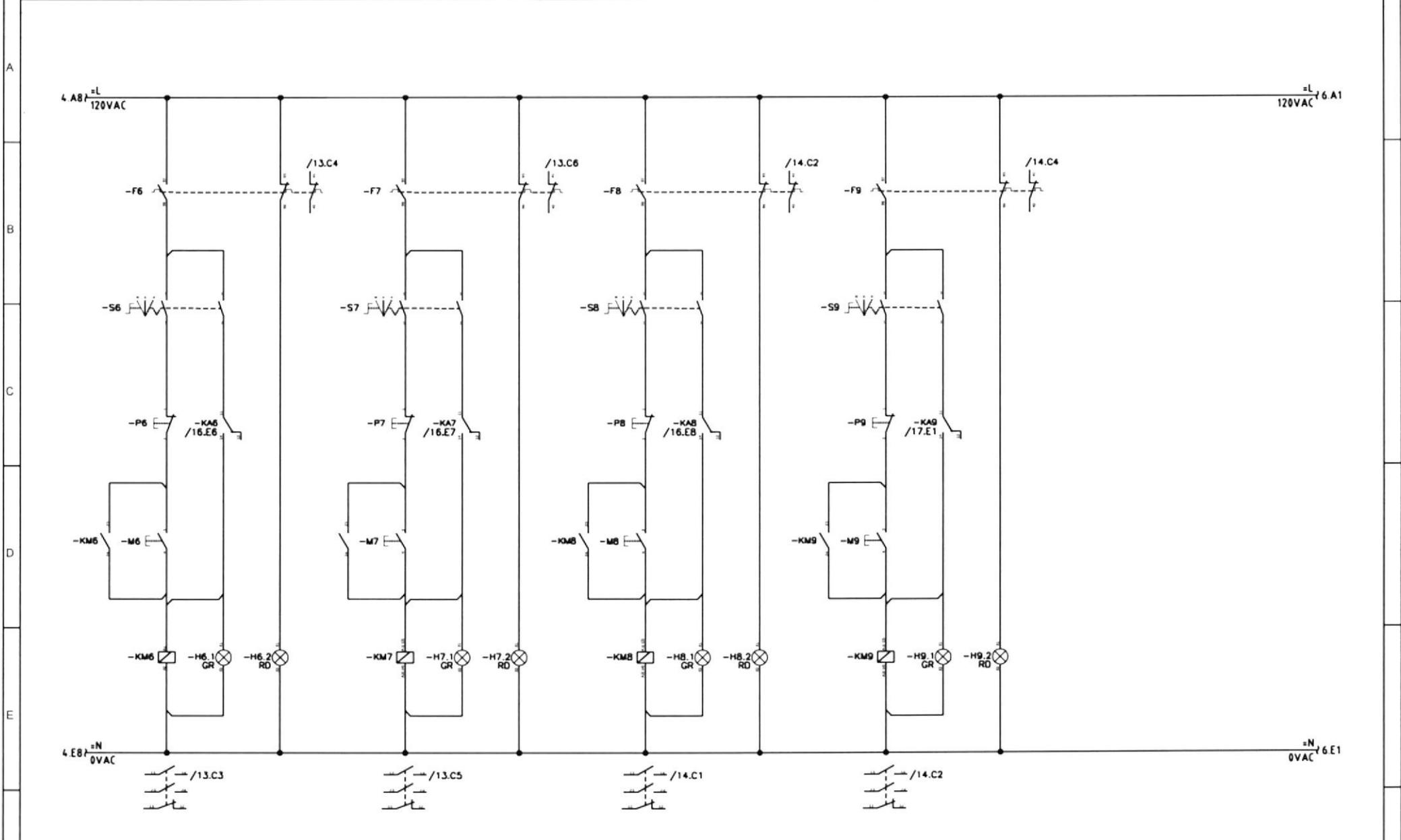
HOJA: 3

HOJAS: 20

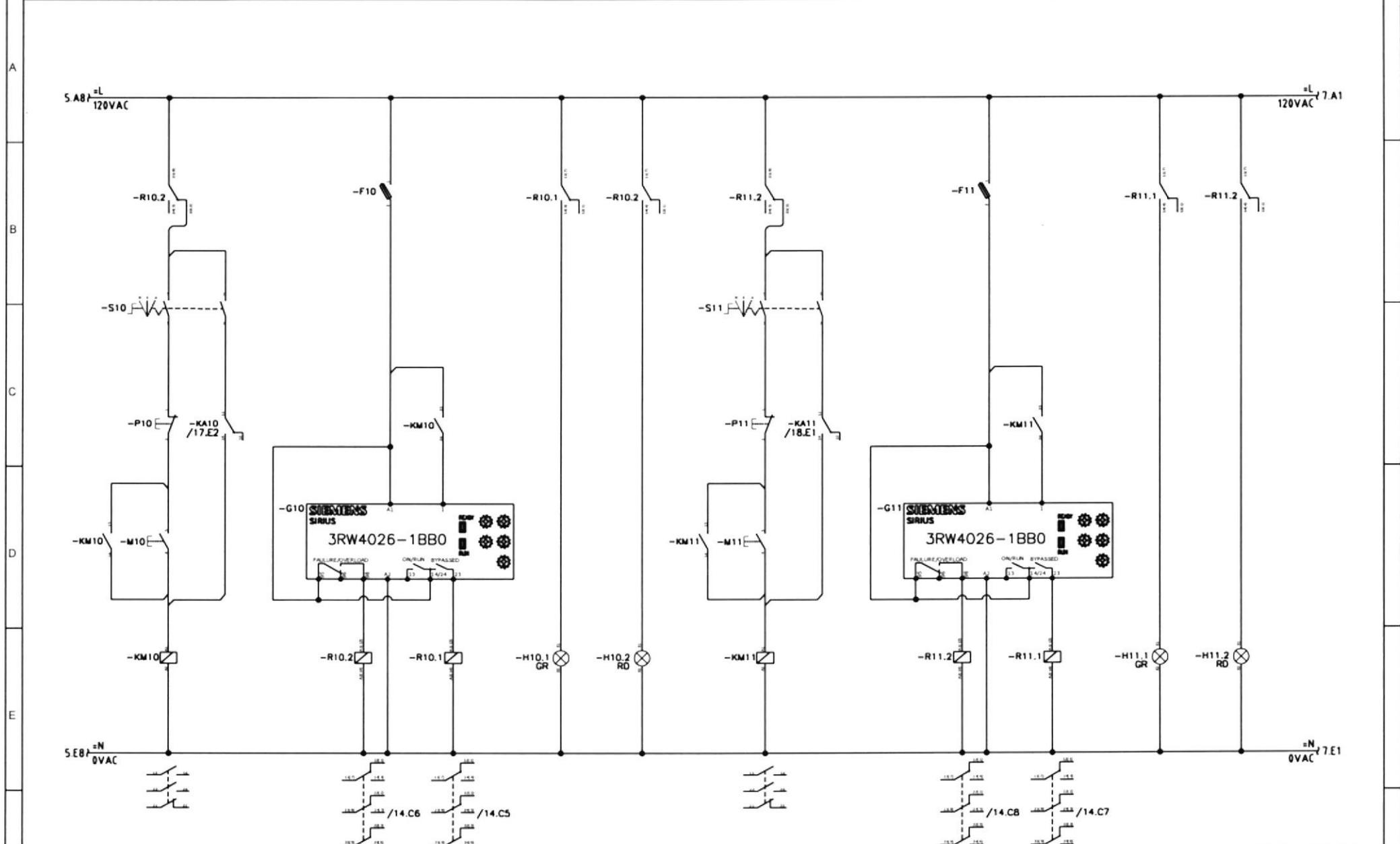
A  
B  
C  
D  
E  
F



			FECHA	JULIO /2013		<b>DIAGRAMA DE CONTROL ARR(S). DIRECTOS 1</b>	<b>PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE</b>	PLANO N° 4.5.4	
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ				ESCALA:	S/E
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ				HOJA:	4
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA				HOJAS:	20
MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE				DESIGNACIÓN	PROYECTO		

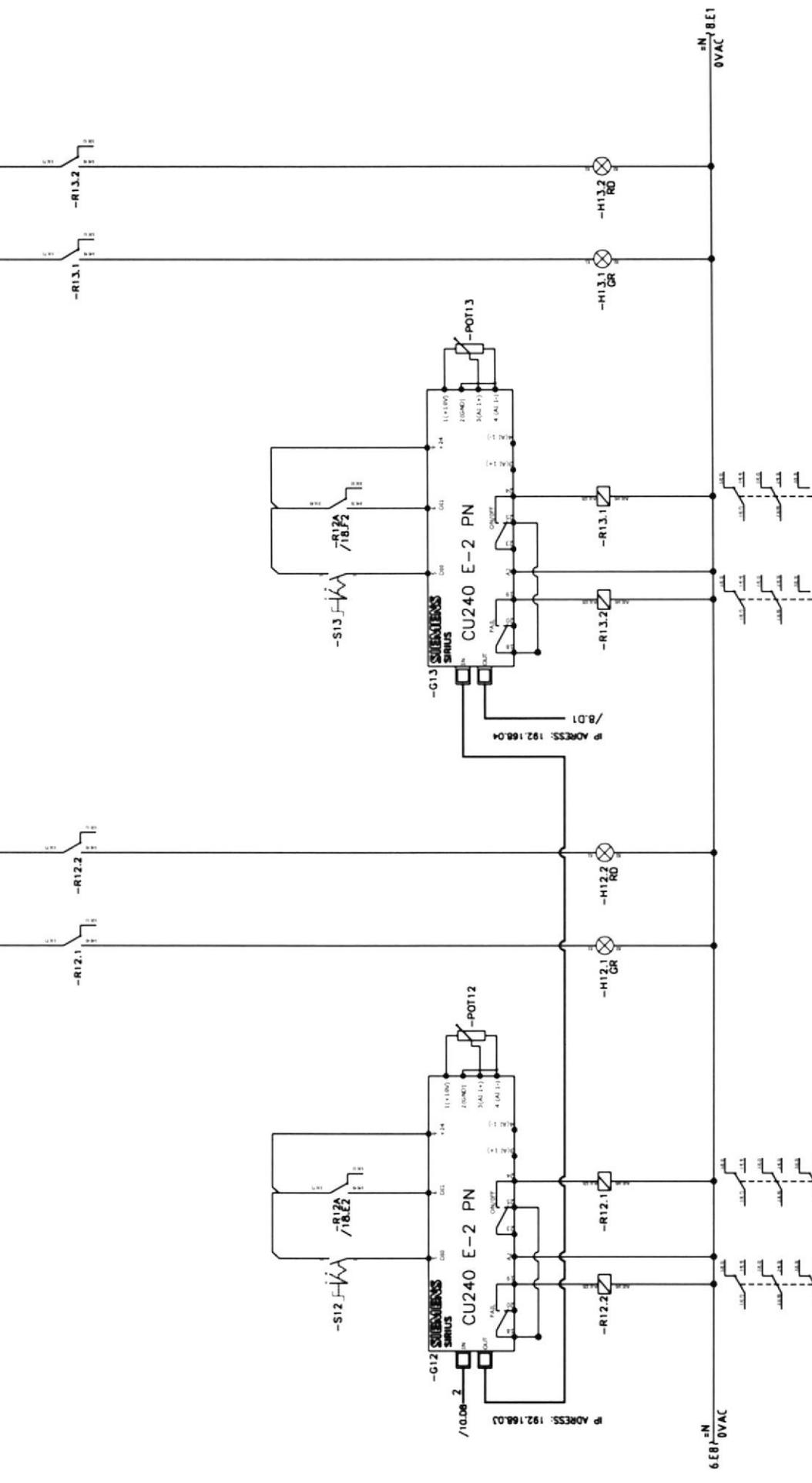


F			FECHA	JULIO /2013		<b>DIAGRAMA DE CONTROL ARR(S). DIRECTOS 2</b>	<b>PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE</b>	PLANO N° 4.5.5
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ				ESCALA: S/E
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ				HOJA: 5
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA				HOJAS: 20
	MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DESIGNACIÓN	PROYECTO	



		FECHA	JULIO /2013		<b>DIAGRAMA DE CONTROL ARR(S) SOTF STARTER</b>	<b>PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE</b>	PLANO N° 4.5.6	
		DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ				ESCALA:	S/E
		DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ				HOJA:	6
		APROBADO	ING. EFREN HERRERA				HOJAS:	20
MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DESIGNACIÓN	PROYECTO		

6.48  $\frac{L}{120VAC}$  120VAC  $\frac{L}{8A1}$



MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE

FECHA	JULIO 2013
DISEÑO	A. GALARZA / B. DIAZ
DIBUJADO	A. GALARZA / B. DIAZ
APROBADO	ING. EFREN HERRERA

DIAGRAMA DE CONTROL  
ARR(S) VFD'S 1

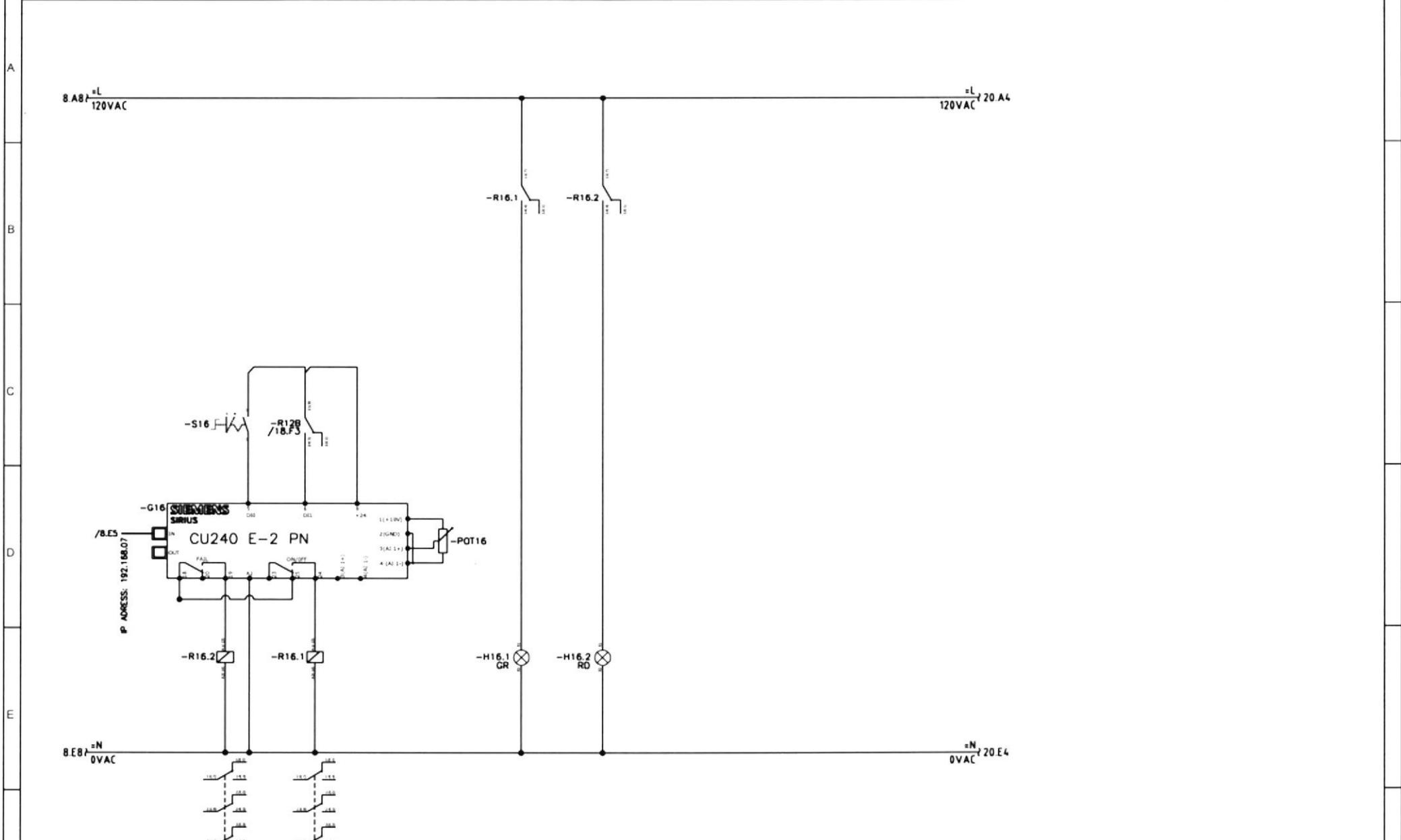
PROYECTO SISTEMA DE  
PRESIÓN CONSTANTE

DESIGNACIÓN

PROYECTO

PLANO N°	4, 5, 7
ESCALA	S/E
HOJA	7
HOJAS	20





F			FECHA	JULIO /2013		DIAGRAMA DE CONTROL ARR(S) VFD'S 3	PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE	PLANO N° 4.5.9	
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ				ESCALA:	S/E
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ				HOJA:	9
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA				HOJAS:	20
	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DESIGNACIÓN	PROYECTO		

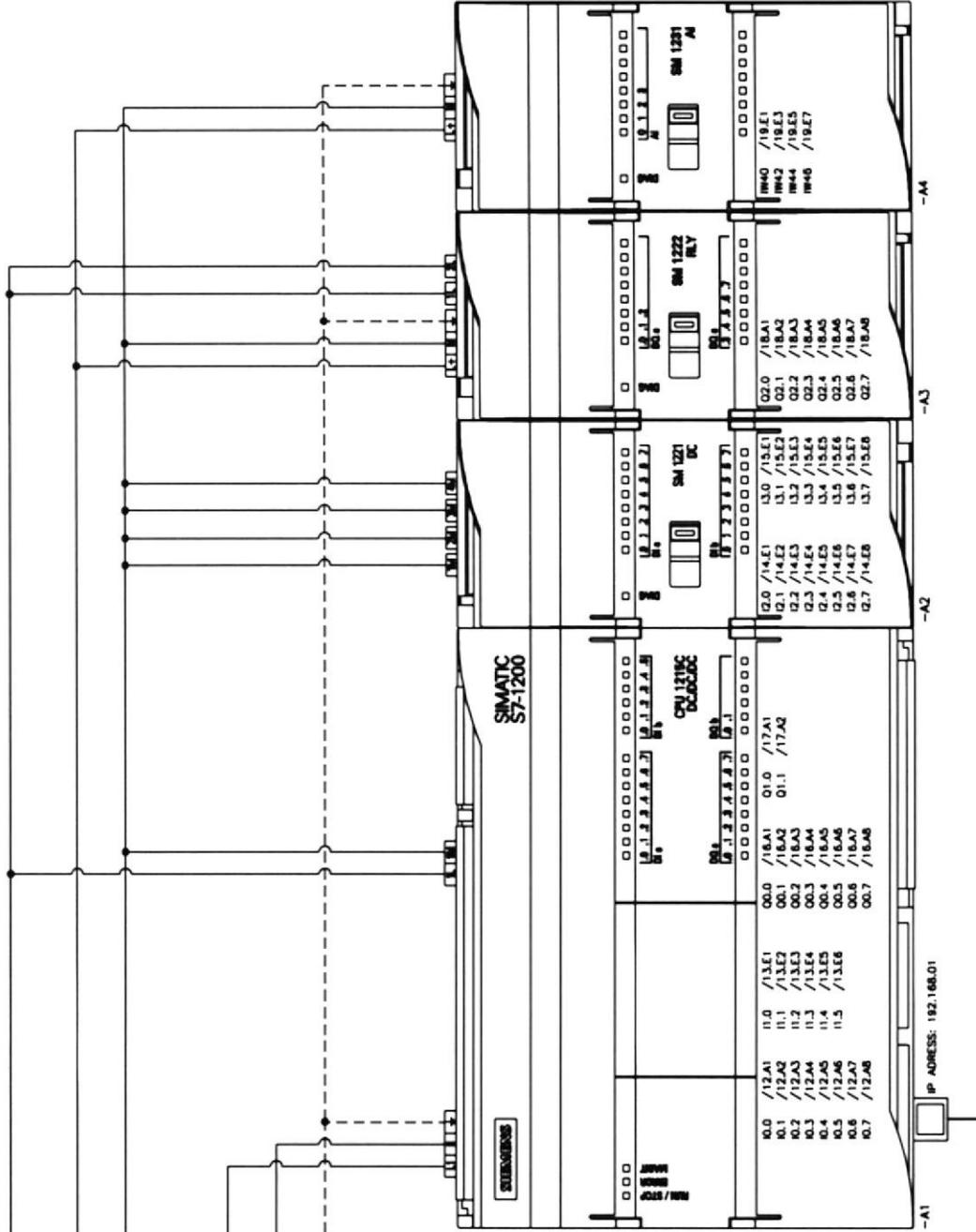
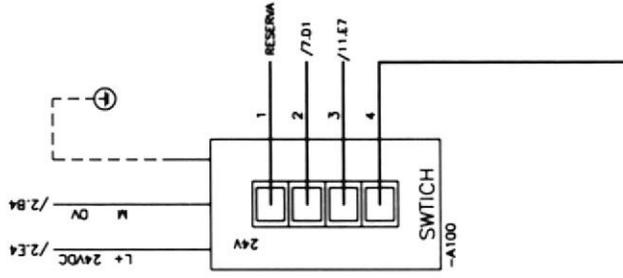
1E4 L 120VAC

2E3 L 24VDC

2B3 M 0V

1E2 L 120VAC

1B2 N 0VAC



A

B

C

D

E

PLANO N° 4.5.10  
 ESCALA: S/E  
 HOJA: 10  
 HOJAS: 20

PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE

DIAGRAMA DE CONTROL ESTRUCTURA PLC



DESIGNACIÓN

PROYECTO

FECHA: JULIO 2013

DISEÑO: A.GALARZA / B. DIAZ

DIBUJADO: A.GALARZA / B. DIAZ

APROBADO: ING. EFREN HERRERA

MODIFICAC. FECHA NOMBRE

PROYECTO

DESIGNACIÓN

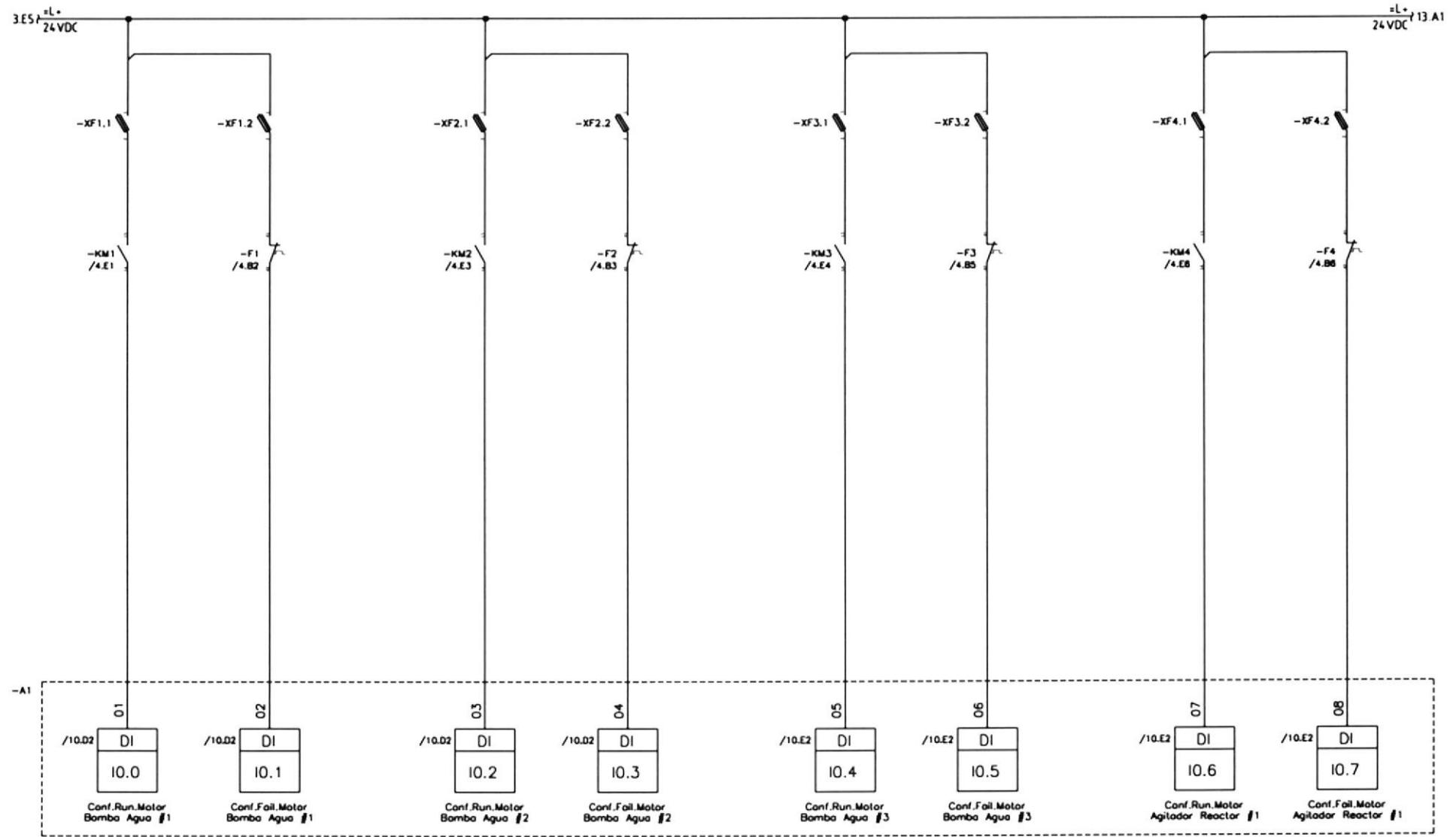
NOMBRE

FECHA

MODIFICAC.



A  
B  
C  
D  
E  
F



			FECHA	JULIO /2013
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE		



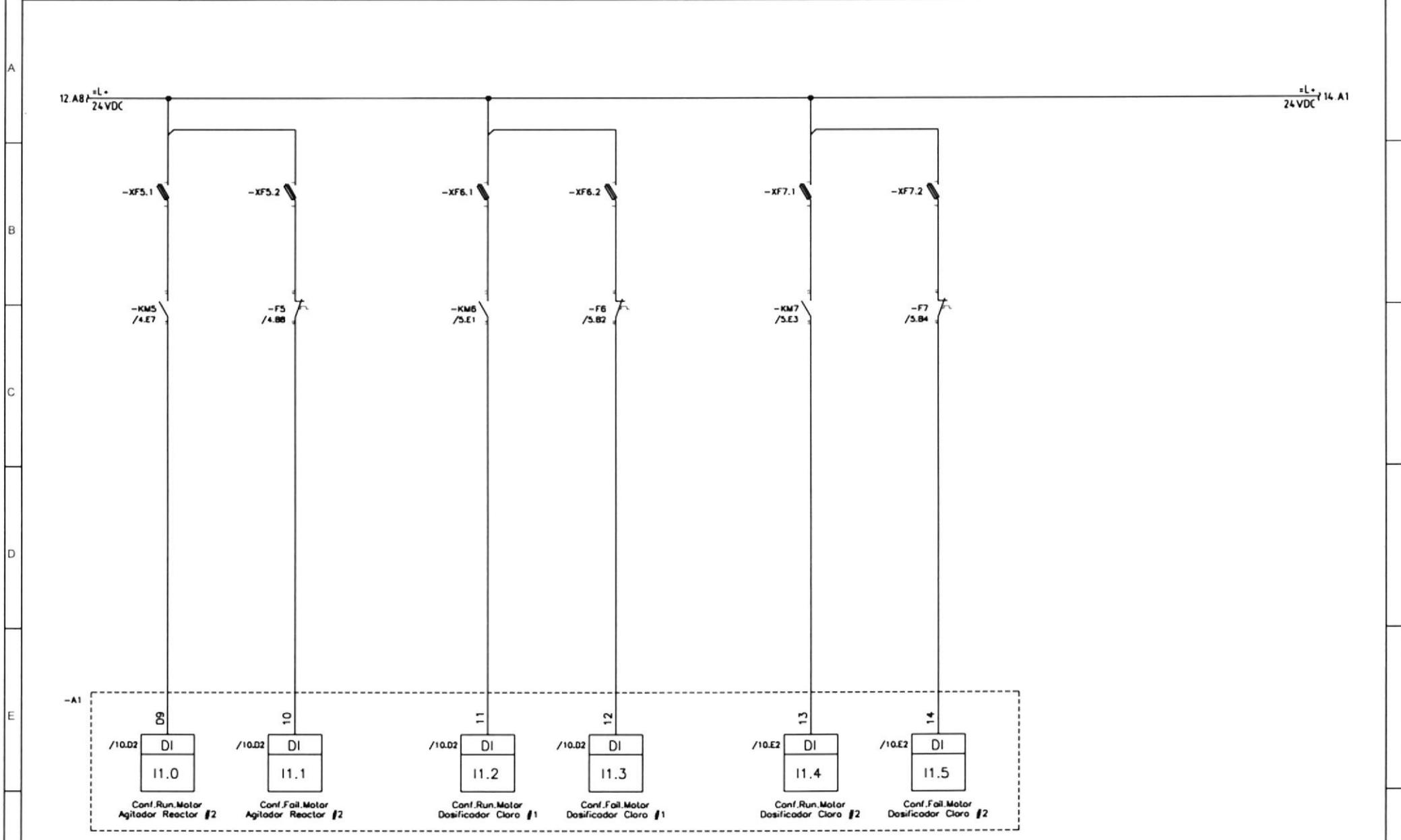
DIAGRAMA DE CONTROL  
ENTRADAS DISCRETAS 1

PROYECTO SISTEMA DE  
PRESIÓN CONSTANTE

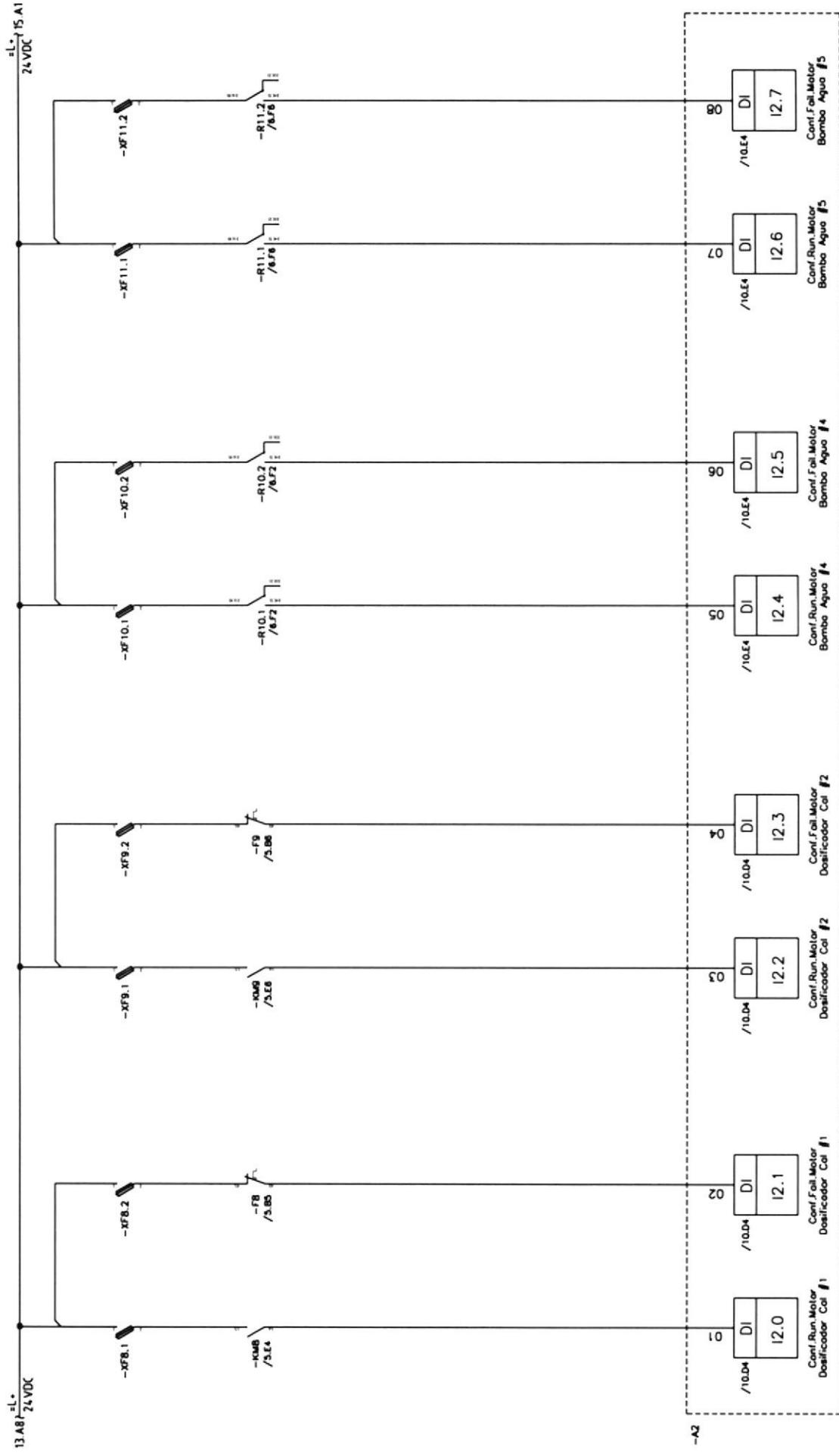
PLANO N° 4.5.12	
ESCALA:	S/E
HOJA:	12
HOJAS:	20

DESIGNACIÓN

PROYECTO



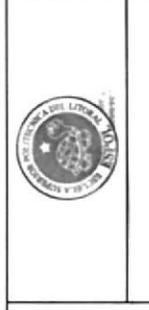
		FECHA	JULIO /2013		<b>DIAGRAMA DE CONTROL ENTRADAS DISCRETAS 2</b>	<b>PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE</b>	PLANO N° 4.5.13
		DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ				ESCALA: S/E
		DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ				HOJA: 13
		APROBADO	ING. EFREN HERRERA				HOJAS: 20
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DESIGNACIÓN	PROYECTO	



PLANO N° 4.5.14	
ESCALA	S/E
HOJA	14
HOJAS	20

PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE

DIAGRAMA DE CONTROL ENTRADAS DISCRETAS 3



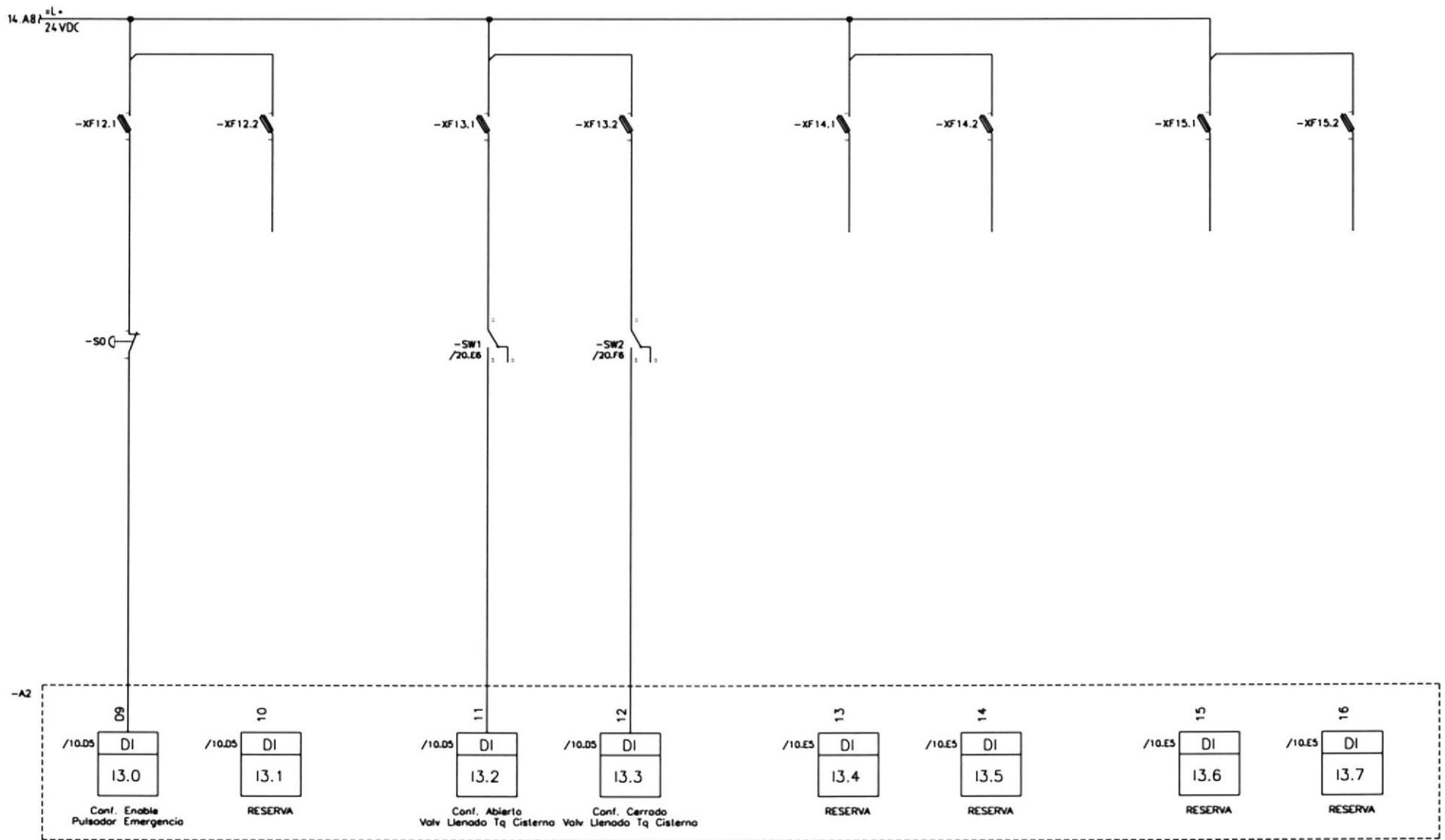
DESIGNACIÓN

FECHA	JULIO 2013
DISEÑO	A. GALARZA / B. DIAZ
DIBUJADO	A. GALARZA / B. DIAZ
APROBADO	ING. EFREN HERRERA

MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE

A B C D E F

A  
B  
C  
D  
E  
F

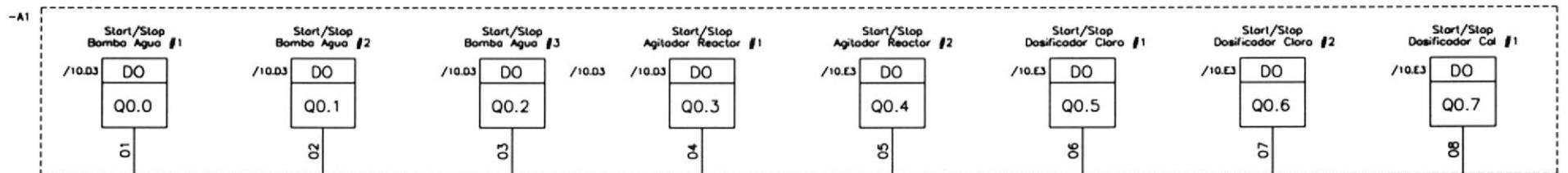


			FECHA	JULIO /2013
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE		



DIAGRAMA DE CONTROL ENTRADAS DISCRETAS 4	PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE	PLANO N° 4.5.15
		ESCALA: S/E
		HOJA: 15
		HOJAS: 20
DESIGNACIÓN	PROYECTO	

A

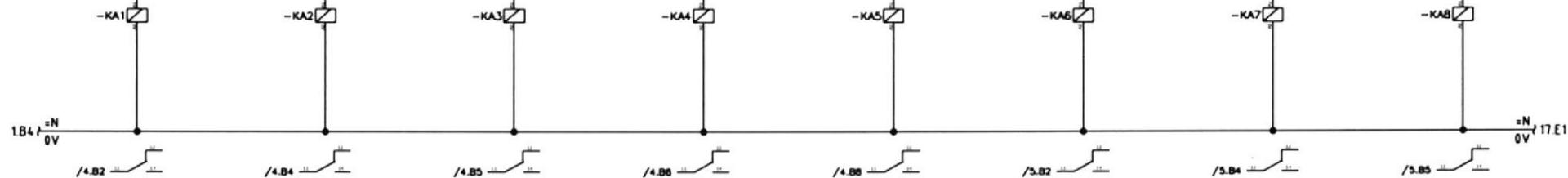


B

C

D

E



F

		FECHA	JULIO /2013
		DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ
		DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ
		APROBADO	ING. EFREN HERRERA
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE	



DIAGRAMA DE CONTROL  
SALIDAS DISCRETAS 1

PROYECTO SISTEMA DE  
PRESIÓN CONSTANTE

PLANO N° 4.5.16

ESCALA: S/E

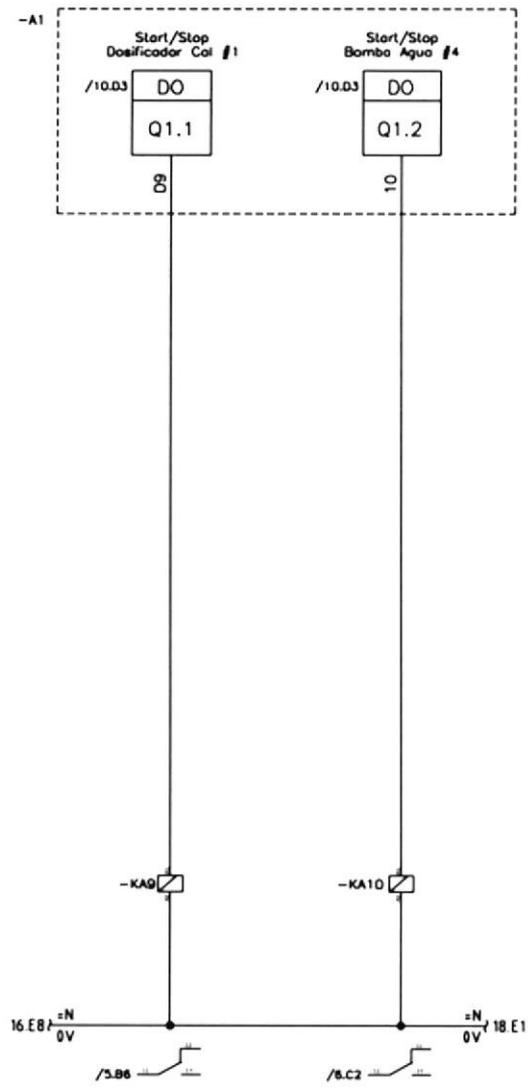
HOJA: 16

HOJAS: 20

DESIGNACIÓN

PROYECTO

A  
B  
C  
D  
E  
F

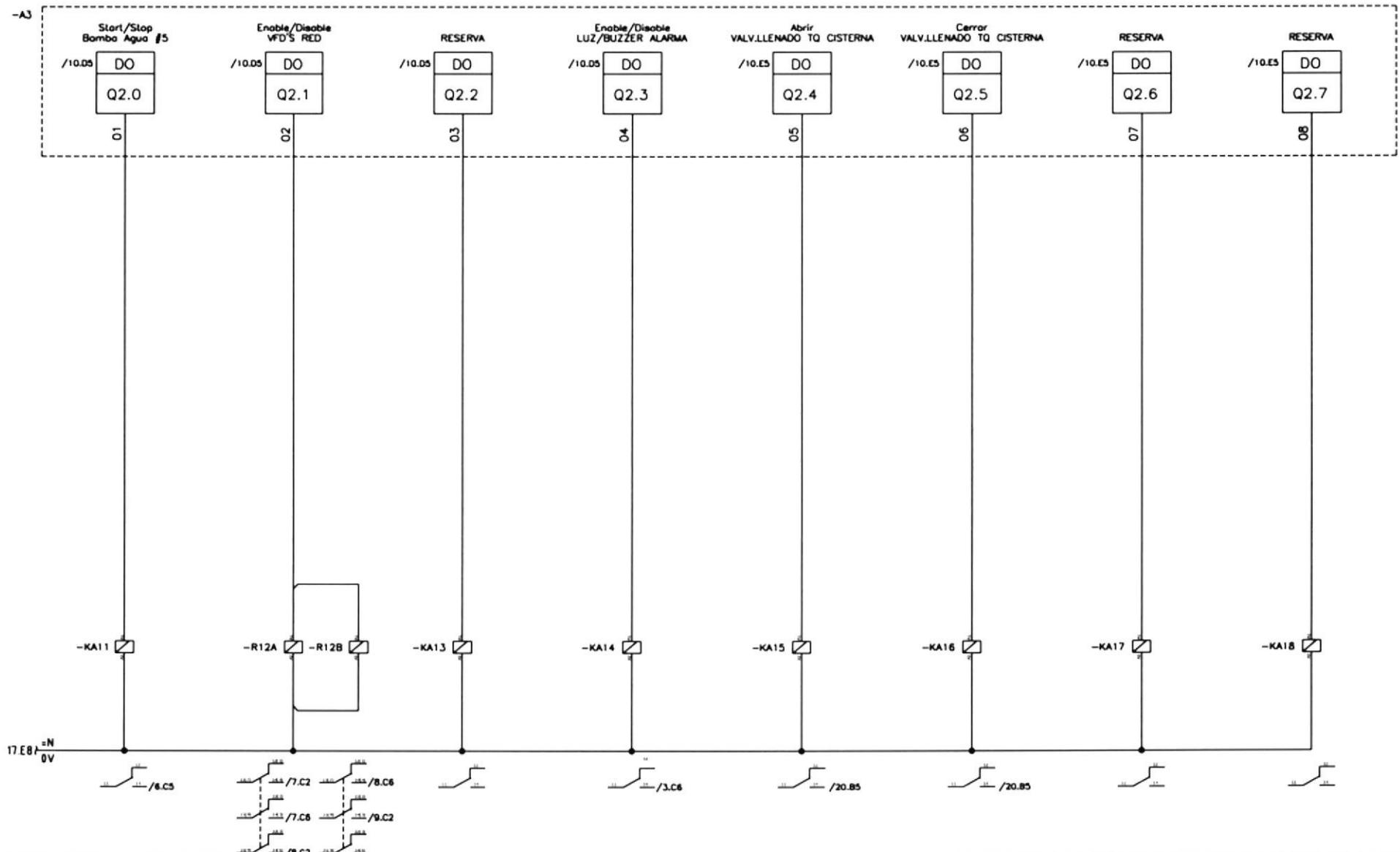


			FECHA	JULIO /2013
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE		



DIAGRAMA DE CONTROL SALIDAS DISCRETAS 2	PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE	PLANO N° 4.5.17
		ESCALA S/E
		HOJA 17
		HOJAS 20
DESIGNACIÓN	PROYECTO	

A  
B  
C  
D  
E  
F



			FECHA	JULIO /2013
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE		



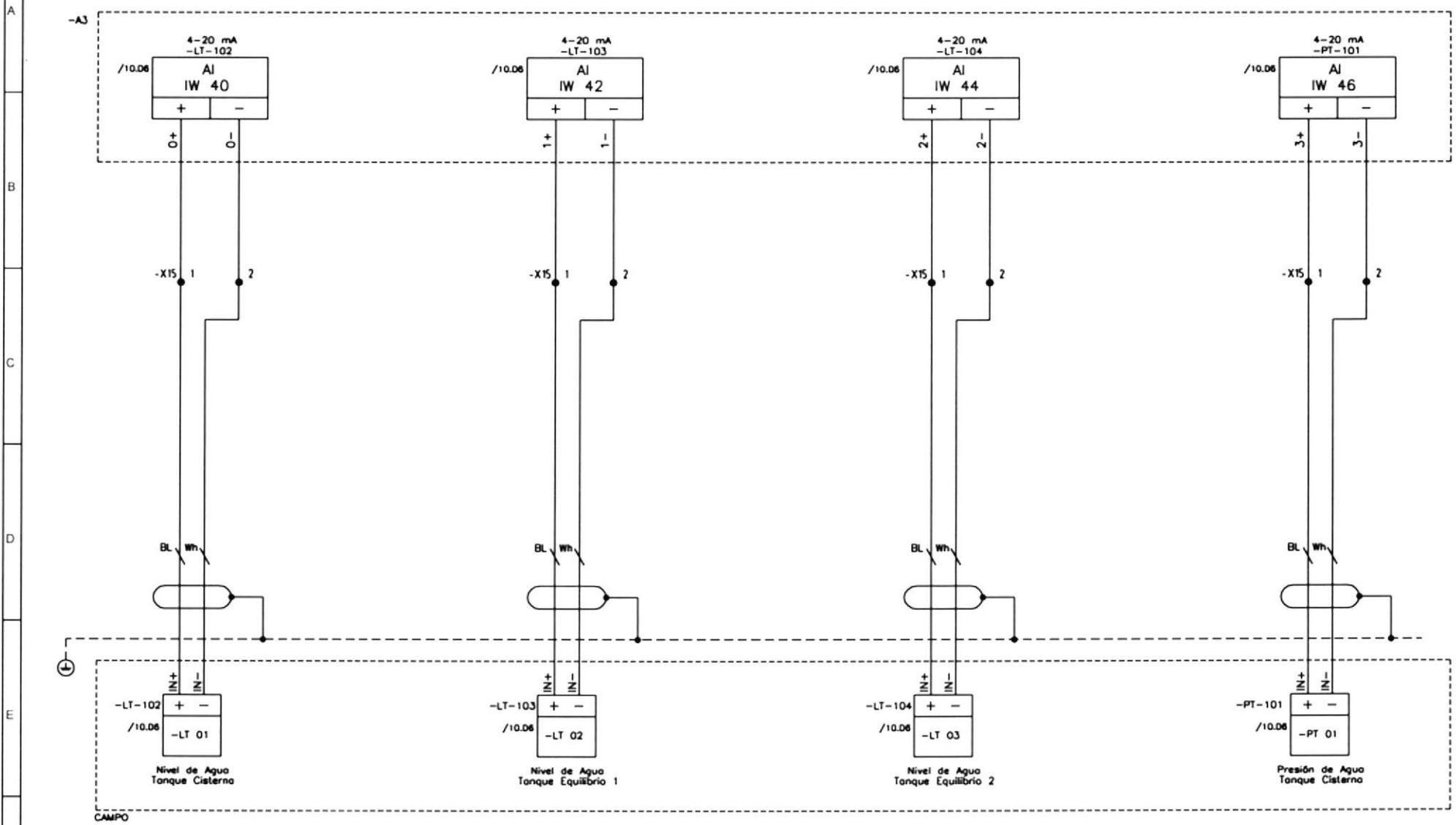
DIAGRAMA DE CONTROL  
SALIDAS DISCRETAS 3

PROYECTO SISTEMA DE  
PRESIÓN CONSTANTE

ESCALA:	S/E
HOJA:	18
HOJAS:	20

DESIGNACIÓN

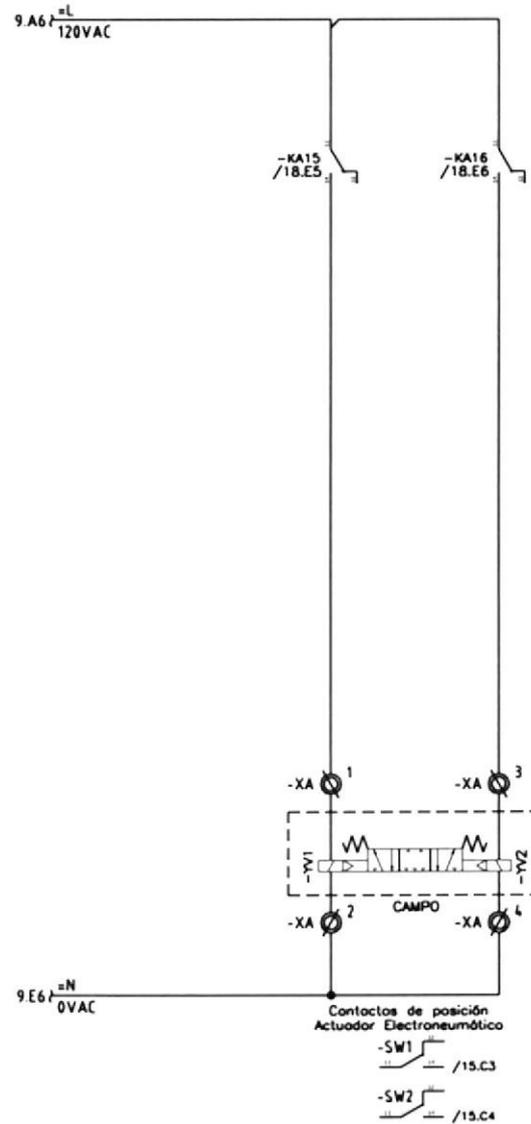
PROYECTO



			FECHA	JULIO /2013
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE		



DIAGRAMA DE CONTROL ENTRADAS ANÁLOGAS	PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE	PLANO N° 4.5.19
		ESCALA: S/E
		HOJA: 19
		HOJAS: 20
DESIGNACIÓN	PROYECTO	



			FECHA	JULIO /2013
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE		



DIAGRAMA DE CONTROL  
ENTRADAS ANÁLOGAS

PROYECTO SISTEMA DE  
PRESIÓN CONSTANTE

PLANO N° 4.5.20

ESCALA: S/E

HOJA: 20

HOJAS: 20

DESIGNACIÓN

PROYECTO

# **ANEXO 16**

A

B

C

D

E

F

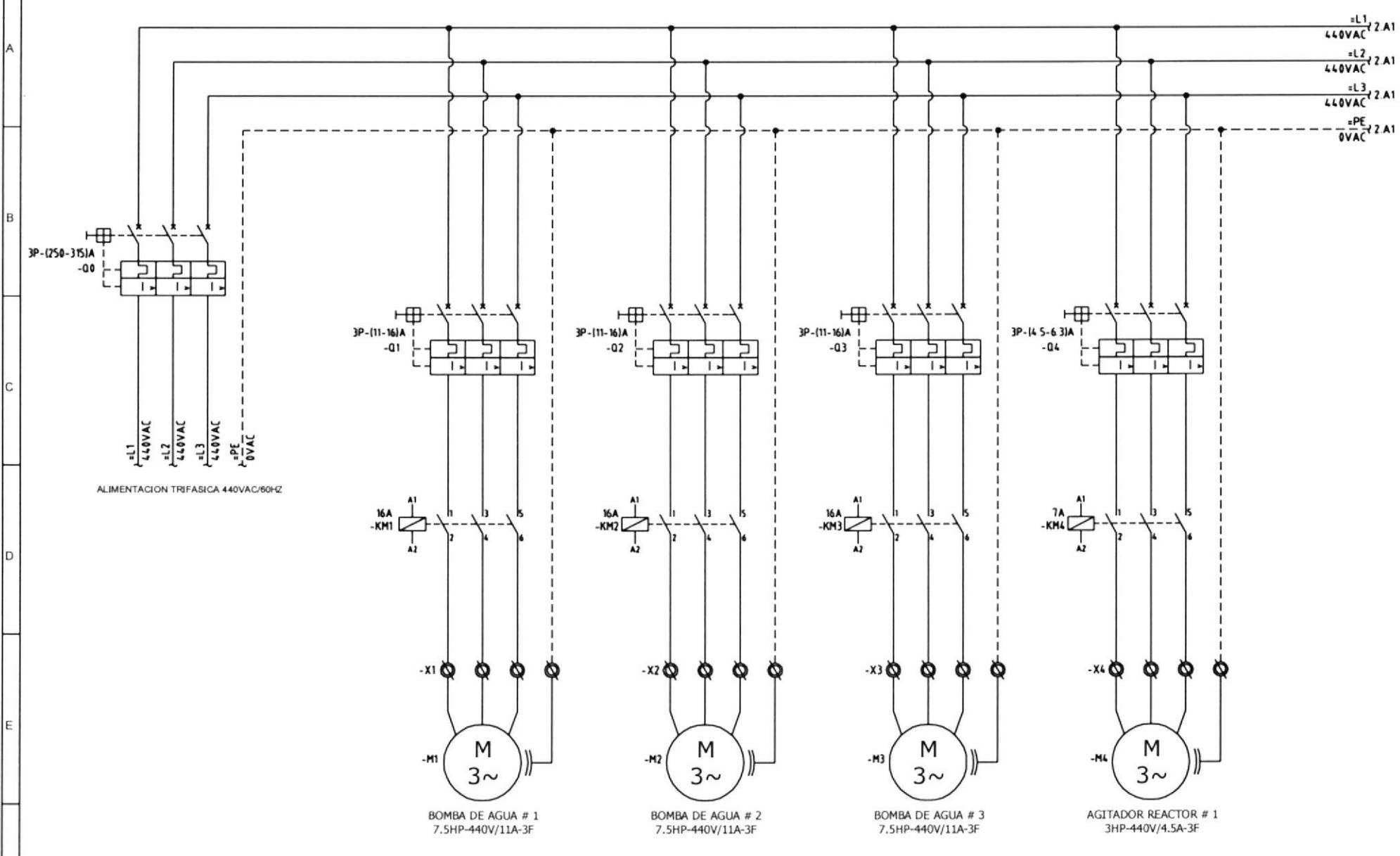
Tensión de Servicio	440 VAC
Normativa	IEC

**Documentación Proyecto Eléctrico**  
**Proyecto de Graduación**  


---

**Proyecto Sistema de Presión Constante**  
**Diagramas de Fuerza**

			FECHA	JULIO /2013		DIAGRAMA DE FUERZA PORTADA	PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE	ESCALA:	S/E
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ				HOJA:	0
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ		DESIGNACIÓN	PROYECTO	HOJAS:	4
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE	APROBADO	ING. EFREN HERRERA					



=L1 2 A1  
440VAC  
=L2 2 A1  
440VAC  
=L3 2 A1  
440VAC  
=PE 2 A1  
0VAC

3P-(250-315)A  
-Q0

3P-(11-16)A  
-Q1

3P-(11-16)A  
-Q2

3P-(11-16)A  
-Q3

3P-(4.5-6.3)A  
-Q4

ALIMENTACION TRIFASICA 440VAC/60HZ

16A A1  
-KM1 A2

16A A1  
-KM2 A2

16A A1  
-KM3 A2

7A A1  
-KM4 A2

-X1  
M  
3~  
-M1

-X2  
M  
3~  
-M2

-X3  
M  
3~  
-M3

-X4  
M  
3~  
-M4

BOMBA DE AGUA # 1  
7.5HP-440V/11A-3F

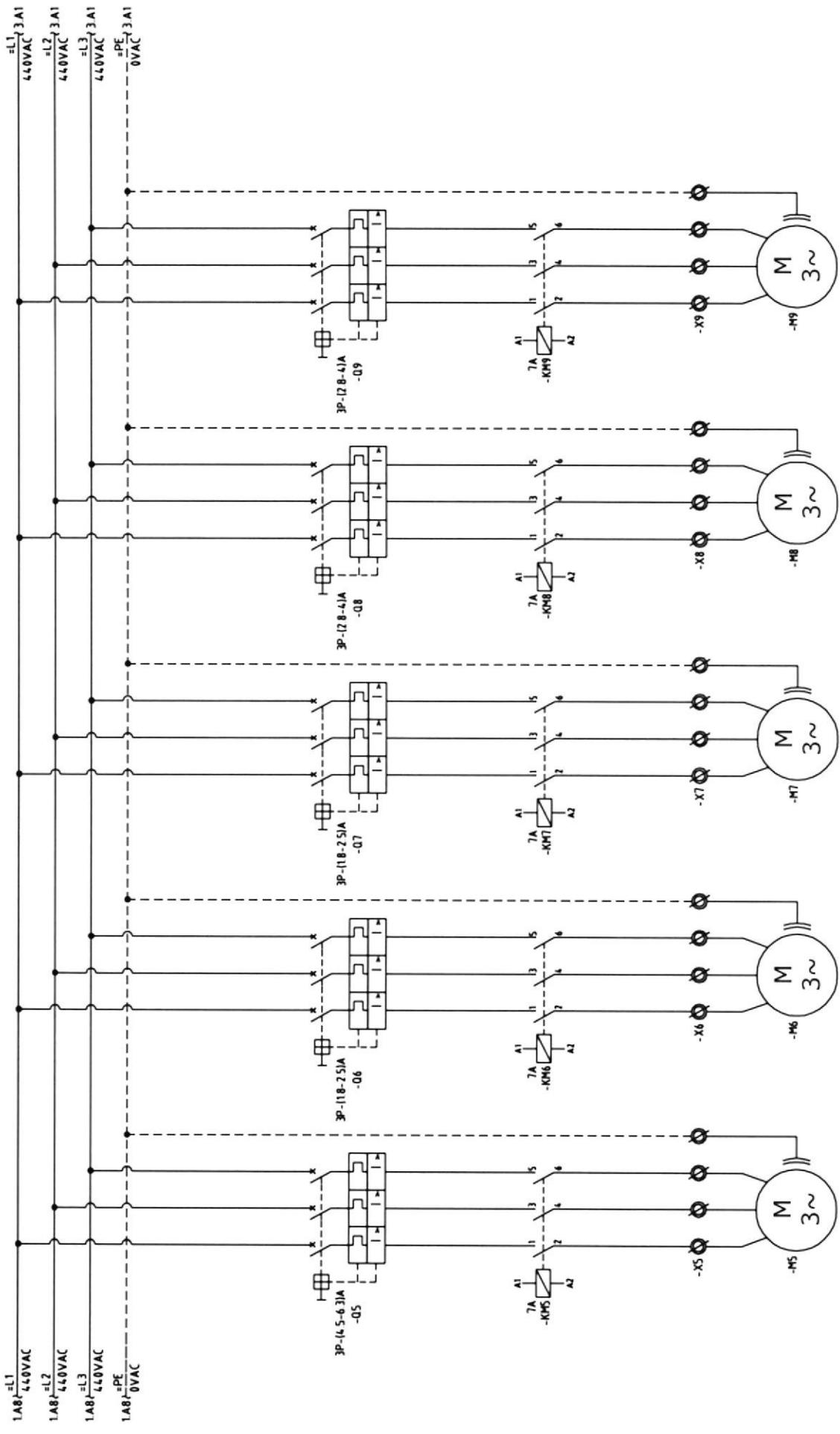
BOMBA DE AGUA # 2  
7.5HP-440V/11A-3F

BOMBA DE AGUA # 3  
7.5HP-440V/11A-3F

AGITADOR REACTOR # 1  
3HP-440V/4.5A-3F

			FECHA	JULIO /2013		DIAGRAMA DE FUERZA 1	PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE	PLANO N° 4.6.1	
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ				ESCALA:	S/E
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ				HOJA:	1
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA				HOJAS:	4
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE				DESIGNACIÓN	PROYECTO		

DIAGRAMA DE FUERZA



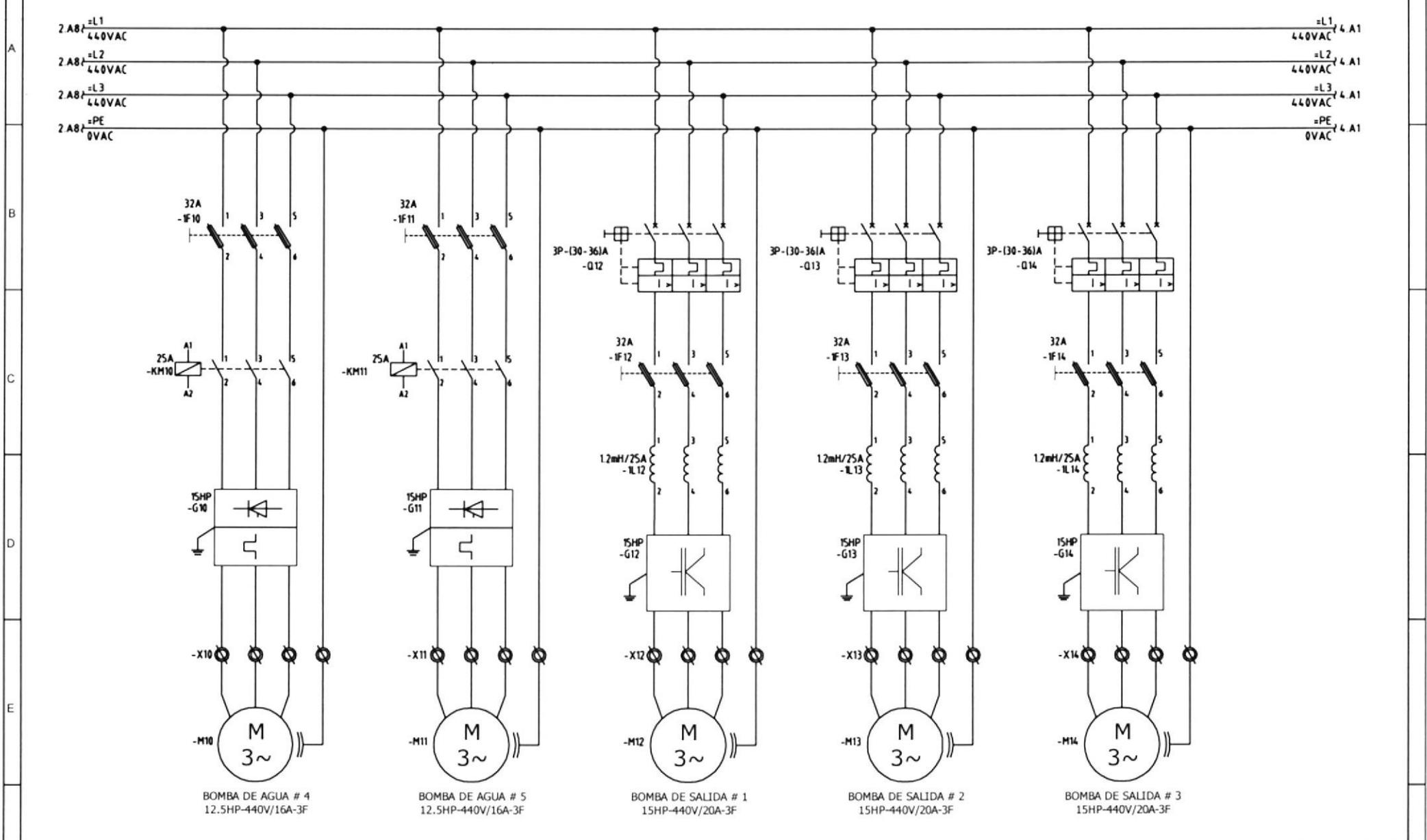
AGITADOR REACTOR # 2  
3HP-440V/4.5A-3F

DOSIFIADOR DE CLORO # 1  
1HP-440V/1.8A-3F

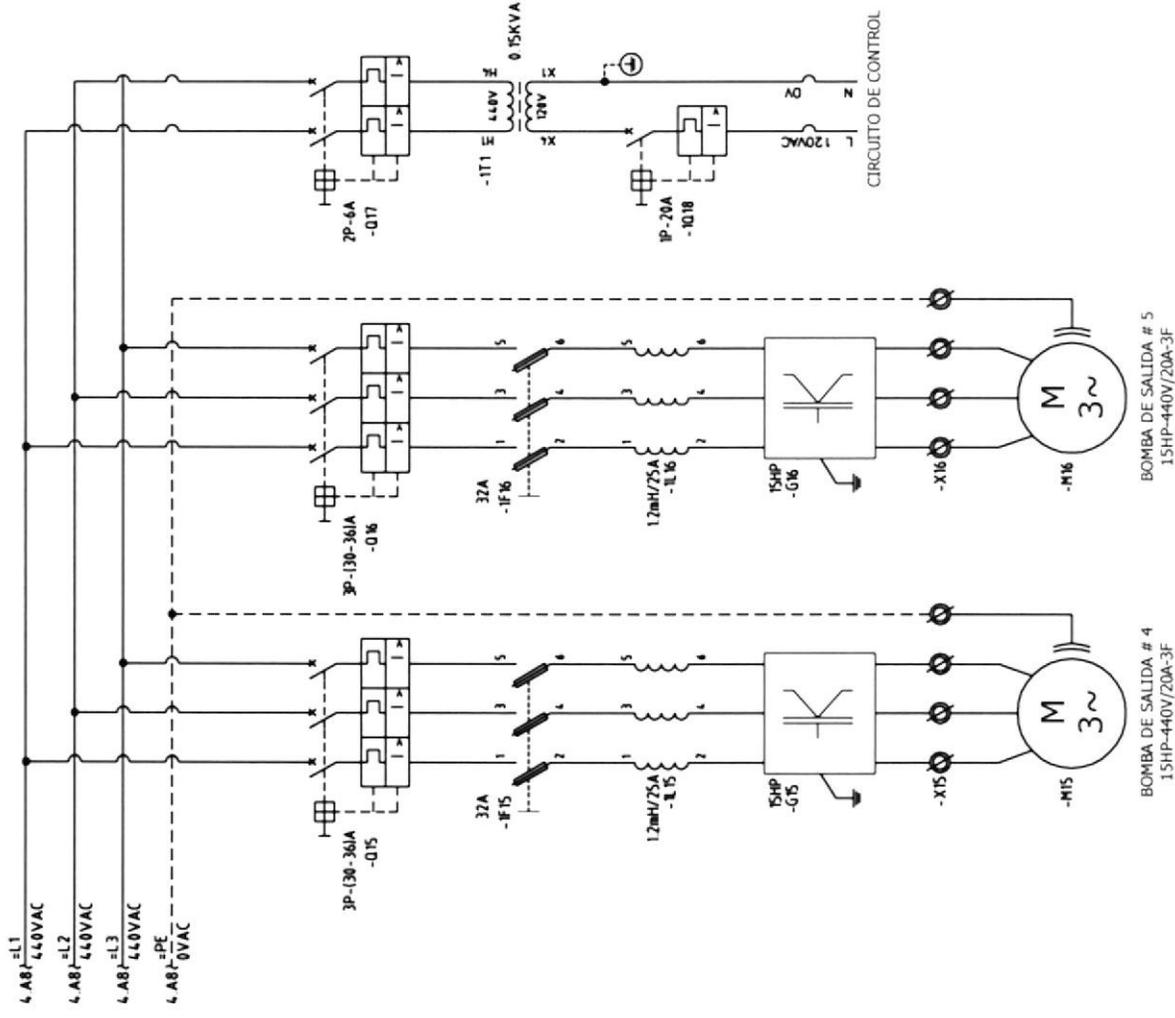
DOSIFIADOR DE CLORO # 2  
1HP-440V/1.8A-3F

DOSIFIADOR DE CAL # 1  
1.5HP-440V/2.5A-3F

		PLANO N° 4.6.2 ESCALA: S/E HOJA: 2 HOJAS: 4	
PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE		PROYECTO	
DIAGRAMA DE FUERZA 2		DESIGNACIÓN	
FECHA	JULIO /2013	DISEÑO	A. GALARZA /B. DIAZ
DIBUJADO		APROBADO	ING. EFREN HERRERA
MODIFICAC.		FECHA	NOMBRE



			FECHA	JULIO /2013		DIAGRAMA DE FUERZA 3	PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE	PLANO N° 4.6.3	
			DISEÑO	A.GALARZA / B. DIAZ				ESCALA:	S/E
			DIBUJADO	A.GALARZA / B. DIAZ				HOJA:	3
			APROBADO	ING. EFREN HERRERA				HOJAS:	4
MOFIFICAC.	FECHA	NOMBRE				DESIGNACIÓN	PROYECTO		



BOMBA DE SALIDA # 5  
15HP-440V/20A-3F

BOMBA DE SALIDA # 4  
15HP-440V/20A-3F



FECHA	JULIO 2013	PROYECTO SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE	PLANO N° 4.6.4
	DISEÑO A.GALARZA / B. DIAZ DIBUJADO A.GALARZA / B. DIAZ APROBADO ING. EFREN HERRERA		
MODIFICAC.	FECHA	DESIGNACIÓN	PROYECTO
			HOJAS 4

# **ANEXO 17**

## **SIMULACIÓN DIDÁCTICA DEL PROCESO**

Para la simulación didáctica del proceso se van a utilizar los siguientes componentes:

- (1) PLC 1212C AC/DC/RELE
- (1) HMI KTP 600
- (2) VARIADOR SINAMICS G120
- (1) POTENCIOMETRO

Estos elementos son básicos para establecer la comunicación PROFINET y simular el comportamiento de la función PID.

Las características de la simulación son las siguientes:

- Mediante un potenciómetro analógico se simulará la señal de presión de agua del sistema, la misma se enviara al PLC como entrada de señal analoga. Esta variable representa la señal de retroalimentación del sistema

- En el HMI tendremos la opción de introducir el valor del setpoint (presión de trabajo), así como también podremos modificar los parámetros de ajuste del PID de forma manual. Además podremos visualizar variables de status de los e importar variables tales como: frecuencia, voltaje y amperaje. En caso de requerir la operación manual de los variadores esta podrá ser seleccionada.
- El PLC se encargará de ejecutar la función PID y el correspondiente control de velocidad de los variadores de frecuencia mediante una red profinet. En la ventana de puesta en servicio de la optimización del PID se podrán visualizar el monitoreo en línea para la obtención de los parámetros de ajuste del proceso.