



## MEMORIA DE PROYECTO

### PROYECTO FINAL DE CARRERA

*Automatización y control de fugas de red de bombeo agrícola*

#### AUTOR

César Alberto Alegre Melero

#### DIRECTOR

Ramón Piedrafita Moreno

#### TITULO

*Ingeniería Técnica Industrial*

#### ESPECIALIDAD

*Electrónica Industrial*

#### CONVOCATORIA

*Junio 2015*





**PROPIUESTA y ACEPTACIÓN DEL  
PROYECTO FIN DE CARRERA DE INGENIERÍA TÉCNICA**

**DATOS PERSONALES**

APELLIDOS, Nombre

ALEGRE MELERO, César Alberto

Nº DNI 29127024P Dirección C/ Bielsa 31, 2ºA

C.P. 50.014 Localidad Zaragoza

Provincia Zaragoza Teléfono 619014272 NIA: 431710

Firma:

**DATOS DEL PROYECTO FIN DE CARRERA**

INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL, Especialidad Electrónica Industrial

TITULO AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE FUGAS DE RED DE BOMBEO AGRÍCOLA

DEPÓSITO EN: ZAGUAN (Obligatorio) y CD-ROM (si PFC es tipo B aplicación informática)

DIRECTOR Ramón Piedrafita Moreno

**VERIFICACIÓN EN SECRETARÍA**

El alumno reúne los requisitos académicos (1) para la adjudicación de Proyecto Fin de Carrera

SELLO DEL CENTRO



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza

EL FUNCIONARIO DE SECRETARIA

Fdo.: 20-05-2010 Ramón Piedrafita Moreno

**SE ACEPTE LA PROPUESTA DEL PROYECTO (2)**

En Zaragoza, a 20 de Mayo de 2.015

Departamento de  
Informática e Ingeniería  
de Sistemas  
Universidad Zaragoza

Fdo.: RAMON PIEDRA FITA MORENO

DIRECTOR DEL PFC

**SE ACEPTE EL DEPÓSITO DEL PROYECTO**

En Zaragoza, a 20 de Mayo de 2.015

Departamento de  
Informática e Ingeniería  
de Sistemas  
Universidad Zaragoza

Fdo.: RAMON PIEDRA FITA MORENO

DIRECTOR DEL PFC

(1) Requisitos académicos: tener pendientes un máximo de 24 créditos o dos asignaturas para finalizar la titulación.

(2) Para que la propuesta sea aceptada por el Director, es imprescindible que este impreso esté sellado por la Secretaría de la EINA una vez comprobados los requisitos académicos.



1542



---

*A mis padres que soñaron tanto tiempo  
con que llegara este momento, a mi  
esposa por tanto apoyo recibido y a mi  
hija por darme fuerzas a pesar de  
robarme el sueño.*

*César Alberto Alegre Melero*



## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2. CONSIDERACIONES PREVIAS .....</b>	<b>6</b>
ACEQUIA DE TOMA.....	7
ELEMENTOS DE FILTRADO .....	8
TUBERÍA DE ELEVACIÓN PRINCIPAL .....	9
SUBREDES DE DISTRIBUCIÓN O RAMALES Y PUNTOS DE CONSUMO .....	9
BALSA DE REGULACIÓN .....	10
ESTACIÓN DE BOMBEO .....	11
<b>3. OBJETIVOS Y ALCANCE.....</b>	<b>13</b>
<b>4. ELEMENTOS Y VARIABLES DE CONTROL.....</b>	<b>14</b>
VALVULAS MOTORIZADAS (DE COMPUERTA O TUBERÍA).....	14
UNIDADES DE MOTOBOMBA .....	16
UNIDADES DE GRUPO ELECTRÓGENO .....	18
UNIDADES DE FILTRADO (FILTROS STF FMA2000 y FMA6000) .....	19
UNIDAD DE FILTRO DE REJA.....	20
UNIDADES DE CONTROL DE RAMALES .....	21
<b>5. EQUIPOS PLC INSTALADOS Y PROGRAMA SCADA PARA HMI .....</b>	<b>23</b>
SEÑALES DE ARMARIO GENERAL DE BOMBEO .....	23
SEÑALES DE ARMARIO DE ARQUETA T3-T4 .....	24
SEÑALES DE ARMARIO DE NAVE DE FILTRADO .....	24
SEÑALES DE ARMARIO DE ARQUETA DE BALSA .....	24
CONCLUSIONES .....	24
<b>6. ESTRATEGIAS DE CONTROL POR ELEMENTOS .....</b>	<b>31</b>
VALVULAS MOTORIZADAS (DE COMPUERTA O TUBERÍA) .....	31
UNIDADES DE MOTOBOMBA .....	32
UNIDADES DE CONTROL DE ROTURA.....	34



---

<b>SISTEMAS DE FILTRADO.....</b>	<b>35</b>
<b>OTROS ELEMENTOS DE CONTROL Y SUPERVISION .....</b>	<b>36</b>
<b>7. DIAGRAMAS DE FLUJO .....</b>	<b>37</b>
PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE ORDEN DE BOMBAS 1, 2 Y 4. (FC 15).....	37
PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE HORARIOS ENERGÉTICOS (FC 60).....	38
PROCEDIMIENTO DE BOMBEO POR NIVEL O BOYAS (FC 13).....	39
PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DE BOMBAS (FC 31, 32, 33, 34).....	40
PROCEDIMIENTO DE PARO DE BOMBAS (FC 31, 32, 33, 34).....	41
PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE BOMBA CON VÁLVULA (FC 31, 32, 33, 34) .....	42
PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE ROTURA DE RAMAL (FC 10, 17).....	43
<b>8. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA.....</b>	<b>44</b>
BALSA DE REGULACIÓN .....	44
ESTACION DE FILTRADO INTERMEDIO .....	48
ARQUETA DE CONTROL T3-T4.....	50
ESTACIÓN DE BOMBEO .....	51
UNIDADES DE CAMPO .....	64
<b>9. TERMINOLOGÍA EMPLEADA .....</b>	<b>65</b>
<b>10. REFERENCIAS.....</b>	<b>66</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Para la modernización del regadío y puesta en riego en goteo de la Comunidad de Regantes de las huertas de Velilla de Cinca se realiza una inversión en infraestructura consistente en la construcción de una red de tuberías de riego a presión que eleve el agua desde la acequia lateral derecha del río Cinca hasta una balsa de regulación.

La balsa de regulación de la instalación de 58.000 m<sup>3</sup> debe ser llenada mediante un sistema de bombeo con cuatro motobombas de 200kW con un caudal nominal de cada una de 520m<sup>3</sup>/h.

El gran tamaño de la balsa de regulación y la extrema longitud de la red de tuberías hace necesaria la instalación de un sistema de control de tuberías complementario al de gestión del bombeo para evitar importantes daños materiales en caso de rotura de tuberías generales de la instalación.

El presente proyecto comprende la automatización de los elementos de control y bombeo de la instalación.

El proyecto define los elementos de control de la instalación y las estrategias de control a realizar para que la optimizar el rendimiento económico de la explotación.

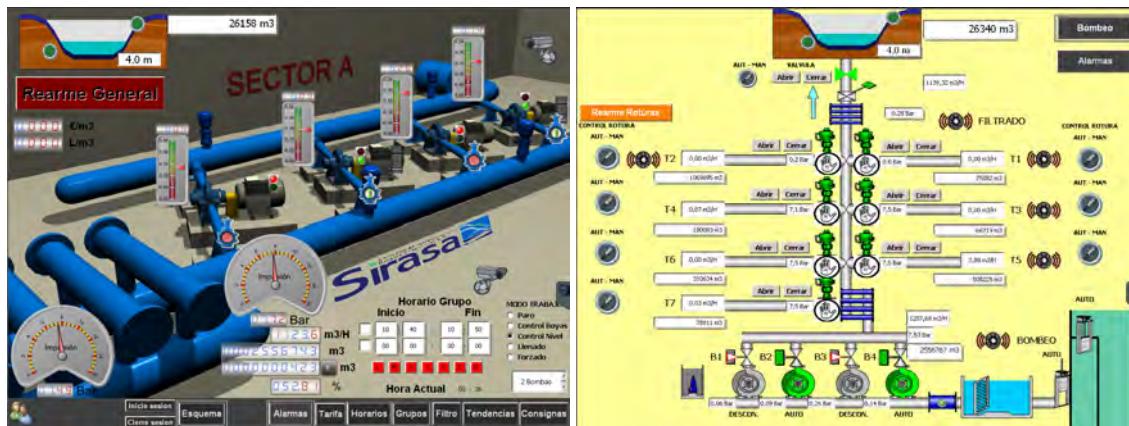


Fig.1 Pantallas de visualización general de SCADA

## 2. CONSIDERACIONES PREVIAS

La instalación de riego afectada está diseñada de manera que se distinguen funcionalmente varios elementos que requieren una consideración de control independiente:

- Acequia de toma
- Elementos de filtrado
- Estación de bombeo y filtrado
- Tubería de elevación principal
- Subredes de distribución o ramales (T1 a T7)
- Estación de filtrado intermedio
- Balsa de regulación
- Puntos de control de presión en ramales
- Unidades de consumo de agua o hidrantes.

Cada una de estos puntos merece una consideración especial y un proyecto constructivo propio si bien el presente proyecto de automatización no entrará a fondo en el equipamiento propio funcionamiento de los elementos de transporte mecánico, los sistemas de filtrado, las unidades de consumo ni el telecontrol salvo como medio de toma de datos para el control global.

La instalación en su configuración original disponía de un grupo electrógeno para excitar a cada conjunto de motobomba. En la actualidad con la instalación de una acometida eléctrica de 630kVA se reduce a un uso residual de una de las bombas en condiciones de extrema necesidad de caudal o de emergencia.

## ACEQUIA DE TOMA

La toma de agua del sistema se realiza mediante un sistema de dos compuertas motorizadas y un sistema de prefiltro de materiales gruesos tipo reja.

Las dos compuertas motorizadas trabajarán de manera inversa, una de las compuertas se cierra elevando el nivel de agua de la acequia y la otra abre para permitir el paso de agua a la arqueta de filtro de reja y a continuación a la instalación de bombeo.

El sistema de filtro de rejillas dispone de su propio sistema de control por lo que tan solo se extraerán las señales eléctricas para orden de marcha, estado de marcha y alarmas de disparo.

Cada arqueta motorizada dispone de un accionamiento motorreductor de 1CV para las tareas de apertura y cierre. El motor del accionamiento se acciona directamente en trifásico y reporta las señales de estado (abriendo o cerrando), final de carrera (abierto o cerrado), límite de par alcanzado (abriendo o cerrando) y el termistor del motor



Fig. 2.1 Filtro de reja CMO Serie RJ.



Fig. 2.2 Compuerta CMO Serie MC

## ELEMENTOS DE FILTRADO

El filtrado de agua es una operación necesaria tanto para prevenir desgastes y averías en los equipos de bombeo como para evitar obstrucciones en los sistemas de riego por goteo.

La instalación dispone de 3 tipos de filtros exceptuando el de reja:

- Prefiltro de malla autolimpiable en W instalado en la aspiración del bombeo
- Filtro de mallas autolimpiables instalado tras las unidades de bombeo o en la salida de balsa
- Filtro de malla manual en Y de parcela

Todos los equipos de malla autolimpiable disponen de su propio sistema de control y alimentación eléctrica que gestionan por diferencial de presión y por tiempo las limpiezas automáticas de los filtros según las estrategias definidas por los propios fabricantes. Estos armarios de control nos permiten realizar una orden directa de limpieza a demanda y conocer el estado de limpieza o alarma de la instalación.

Conviene ser muy prudente con el uso de las limpiezas especialmente en la zona presurizada ya que cada limpieza desecha una cantidad importante de agua que ha tenido que ser previamente presurizada y por tanto puede suponer una perdida de eficiencia del sistema.



Fig.2.2 Filtro autolimpiable STF serie FMA2000  
FMA2000



Fig.2.3 Filtros en Y efecto ciclónico STF  
serie FY



Fig.2.4 Filtro de malla autolimpiable STF  
serie FMA6000

## TUBERÍA DE ELEVACIÓN PRINCIPAL

La tubería de elevación principal está constituida por un tramo realizado en acero y el resto en poliéster de DN600.

Esta tubería conecta la estación de bombeo con la balsa de regulación y a su paso contiene diferentes derivaciones para la conexión con los ramales de riego T1 a T7.

Esta tubería debe ser controlada de manera intensiva su posible rotura ya que el efecto destructivo de su capacidad de caudal puede provocar importantes daños materiales a las zonas linderas. Su control de rotura se realizará mediante transductores de presión en las zonas de cota inferiores, intermedias y superiores, así como por caudalímetros en la salida de la balsa de regulación.

## SUBREDES DE DISTRIBUCIÓN O RAMALES Y PUNTOS DE CONSUMO

Se instalan redes de tubería de diferentes secciones desde DN600 a DN160 para la distribución del caudal de riego a las diferentes zonas de riego. Este tipo de tubería está dimensionada de manera que reduce su sección conforme avanza en longitud y en función de su demanda de caudal calculada.

A diferencia de la tubería principal estas líneas pueden ser de varios kilómetros y solo puede conocerse su caudal en el entronque con la tubería principal gracias a la válvula con contadora que tiene equipada que permite su desconexión de la red principal así como la medida del caudal que está circulando en cada momento.

En cada punto consumidor y al final de la línea el sistema equipa unidades de telecontrol de hidrantes con capacidad de lectura de presión. En este caso se equipan equipos Aquarson con los que podemos acceder a las lecturas instantáneamente desde el centro de control asociado al control.



Fig.2.5 Válvulas contadoras en batería Bermad serie 900 y caseta con telecontrol instalado.

## BALSA DE REGULACIÓN

Las balsas de regulación son el método tradicional de acumulación de agua bombeada en cotas elevadas para el mantenimiento estático de la presión en la red de riego. Se construye mediante lámina PEAD de 2mm y geotextil.

La balsa de regulación acumula una gran cantidad de agua y por tanto una gran capacidad de destrucción si no se controla adecuadamente.

Se deben controlar intensivamente las señales de nivel (analógicas y digitales) de la instalación así como las señales de desborde de la arqueta de alivio y de desborde de un arqueta inferior que recoge por diseño el agua de eventuales fugas de la lámina.

En su zona de entrada/salida se instalan equipos de control y retención de desagüe en caso de rotura de la tubería principal. Se instalan en su base una valvula motorizada de mariposa, una válvula de sobrevelocidad para el cierre automático a partir de 2,5m/s y un caudalímetro para detectar la velocidad de desagüe.



Fig.2.6 Balsa de regulación con lámina PEAD



Fig.2.7 Válvula de sobrevelocidad  
CMO ME



Fig.2.8 Caudalímetro electromagnético  
SIEMNES



Fig.2.9 Válvula de motorizada CMO  
serie ME

## ESTACIÓN DE BOMBEO

La estación de bombeo en su modalidad de captación como es el caso tiene como funcionalidad la puesta en presión de la red de impulsión a un valor superior al valor de presión estática del sistema fijada por la balsa de regulación.

La estación de bombeo y su sistema de control comprende diferentes como son las arquetas de entrada de agua, los prefiltros en aspiración, válvulas manuales y motorizadas de corte, instrumentación de medición, unidades motobomba, filtros de salida o válvulas de alivio y sobrepresión.

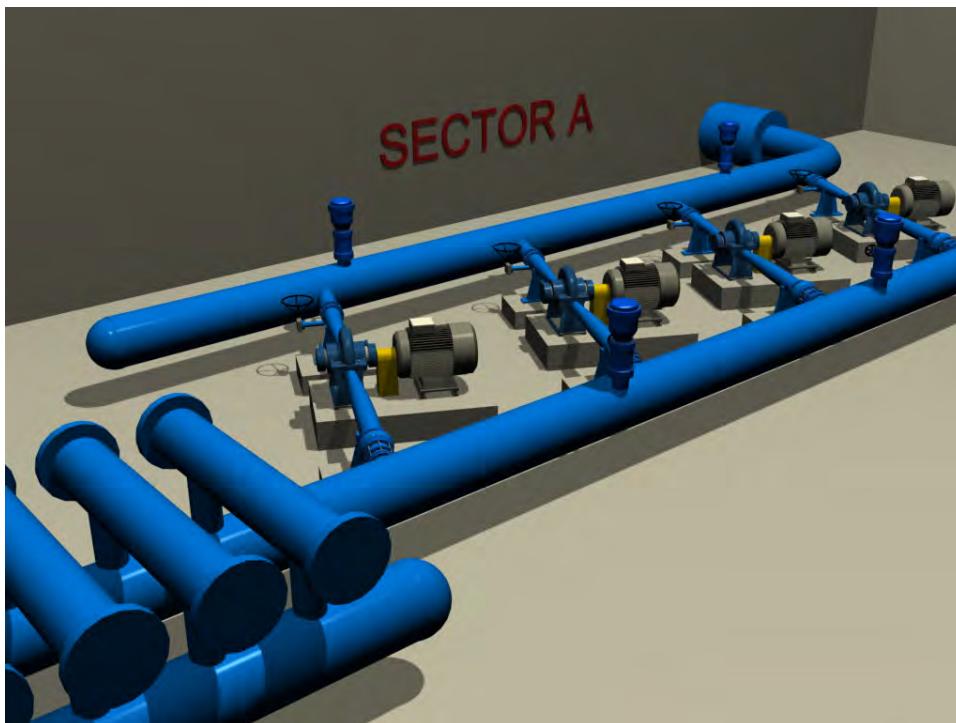


Fig.2.10 Modelización general en 3D de la estación de bombeo

El diseño hidráulico de la estación en conjunto no es parte de este documento sino que se centra en la instrumentación electrónica, la electrificación en baja tensión y el control del conjunto de los elementos.



Fig.2.11 Unidad motobomba cámara partida



Fig.2.12 Unidad de válvula motorizada

La estación de bombeo debe ser energizada mediante energía eléctrica o esta puede provenir de unidades de grupo electrógeno, de la red eléctrica o de energías renovables como la energía solar.

En esta instalación dados los condicionantes actuales del coste de la energía en los periodos horarios diurnos y su elevado coste de contratación en términos de potencia para su empleo en una corta época del año en la que existe una demanda que no se puede atender solo con energía en periodo nocturno, se equipa a la instalación de un sistema de alimentación eléctrica asistida mediante grupo electrógeno en exclusiva para la bomba numerada como 3.



Fig.2.13 Disposición real de grupos electrógenos en planta exterior

Los grupos electrógenos se monitorizarán junto con su deposito de gasoil y accionarán automáticamente durante el día de los meses de alta demanda de caudal que las 88 horas semanales de horario energético P6 no es capaz de abastecer.

### 3. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo de este proyecto es desarrollar una aplicación de control para PLC y una aplicación SCADA para HMI de sencilla comprensión y explotación para personal de mantenimiento de una explotación agrícola.

La estructura de control de la explotación viene centralizada por un SCADA general ubicado en un centro de control desde el que se acceden a las informaciones de cada una de las estaciones de bombeo de la red de riego y a todos los elementos de control de riego localizado.

Desde ese centro de control a través de un acceso inalámbrico a 5GHz el SCADA central generará conexiones como cliente contra los SCADA para HMI deslocalizados situados en los bombeos.

Para la realización de este proyecto se define el siguiente alcance de trabajo para la generación del programa para PLC y el SCADA para HMI se seguirá los siguientes pasos:

- a. Identificar y conocer los elementos y variables de control intervenientes.
- b. Definición del sistema de control PLC y HMI a utilizar.
- c. Elaboración en detalle de los planos eléctricos de control y potencia.
- d. Definición de las estrategias de control a realizar para los diferentes elementos.
- e. Creación de diagramas de flujo de las funciones principales.
- f. Generación de código de PLC
- g. Generación de aplicación SCADA

## 4. ELEMENTOS Y VARIABLES DE CONTROL

A continuación se detallan las características más relevantes de cada uno de los equipos a controlar para determinar sus necesidades

### VALVULAS MOTORIZADAS (DE COMPUERTA O TUBERÍA)

Para realizar el movimiento de las compuertas de entrada de agua a la cámara de aspiración o para el giro de la válvula de mariposa existente en las salidas de las bombas se dispone de un accionamiento motorizado AUMA

Señal	Tipo y nombre en el diagrama de cableado	
<b>Posición final ABIERTO/CER-RADO alcanzada</b>	Ajuste mediante final de carrera Interruptores: 1 NC y 1 NO (estándar)	
	FCC (WSR)	Final de carrera Cerrar Marcha a derechas
	FCA (WÖL)	Final de carrera Abrir Marcha a izquierdas
<b>Posición intermedia alcanzada (opción)</b>	Ajuste mediante final de carrera DUO Interruptores: 1 NC y 1 NO (estándar)	
	WDR	Final de carrera DUO Marcha a derechas
	WDL	Final de carrera DUO Marcha a izquierdas
<b>Par ABRIR/CERRAR alcanzado</b>	Ajuste mediante limitadores de par Interruptores: 1 NC y 1 NO (estándar)	
	LPC (DSR)	Limitador de par Cerrar Marcha a derechas
	LPA (DÖL)	Limitador de par Abrir Marcha a izquierdas
<b>La protección del motor se ha activado</b>	Dependiendo del modelo, mediante termostatos o termistores	
	F1, Th	Termostato
	R3	Termistor
<b>Indicador de marcha (opción)</b>	Interruptores: 1 NC (estándar)	
	S5, BL	Intermitente
<b>Ajuste de válvula (opcional)</b>	Dependiendo del modelo, mediante potenciómetro o transmisor electrónico de posición RWG	
	R2	Potenciómetro
	R2/2	Potenciómetro en disposición tandem (opción)
	B1/B2, RWG	Sistema de 3 ó 4 hilos (0/4 –20 mA)
	B3/B4, RWG	Sistema de 2 hilos (4 –20 mA)
<b>Operación manual activa (opcional)</b>	Interruptores	

Según la anterior tabla y teniendo en cuenta la inexistencia de elementos opcionales en el suministro se cablearan a cada elemento las siguientes señales de control para el completo control de válvula.



Señal	Tipo de uso	Entradas digitales PLC	Salidas digitales PLC	Entradas analógicas PLC
Posición abierto	Visualización en puerta y PLC	1	0	0
Posición cerrado	Visualización en puerta y PLC	1	0	0
Límite de par abriendo	Visualización en puerta y PLC	1	0	0
Límite de par cerrando	Visualización en puerta y PLC	1	0	0
Protección de termistor	Corte maniobra eléctrica	0	0	0
Intermitencia de marcha	Visualización en puerta	0	0	0
Selector AUTO-0-MAN	Maniobra eléctrica y PLC	2	0	0
Protección eléctrica motor	Maniobra eléctrica y PLC	1	0	0
Contactor abrir	Excitación y confirmación abrir	1	1	0
Contactor cerrar	Excitación y confirmación cerrar	1	1	0
		<b>9</b>	<b>2</b>	<b>0</b>

Para esta instalación existen las siguientes unidades instaladas con sus funciones asociadas.

Unidades instaladas	Función asignada	Control a realizar
<b>ARMARIO DE CONTROL DE BOMBEO</b>		
Retención acequia	Retención de agua de acequia para aumentar nivel.	Cierre en situación de bombeo
Entrada arqueta captación	Entrada de agua para arqueta de captación.	Apertura en situación de bombeo
Bomba 1	Antiretorno de agua con bomba parada	Apertura con la marcha de bomba
Bomba 2	Antiretorno de agua con bomba parada	Apertura con la marcha de bomba
Bomba 3	Antiretorno de agua con bomba parada	Apertura con la marcha de bomba
Bomba 4	Antiretorno de agua con bomba parada	Apertura con la marcha de bomba
<b>ARMARIO DE CONTROL DE BALSA</b>		
Balsa	Valvula de seguridad en caso de rotura de tubería	Cierre en caso de rotura

## UNIDADES DE MOTOBOMBA

Las motobombas son el componente de mayor consumo energético de la instalación y por tanto el de influencia mayor en el rendimiento de la instalación. Las equipadas en el sistema tienen una potencia nominal de 200kW. Es el elemento con mayor desgaste y dicho desgaste si no se monitoriza y controla correctamente puede suponer la grave avería del equipo con el consiguiente perjuicio económico.

Existen diferentes formas de controlar el desgaste de los elementos, control de temperaturas, desviación de consumos y caudales o control de vibraciones en los ejes son las más habituales.

Para el consumo eléctrico se instalan analizadores de redes, para la temperaturas se instalan unidades de termoresistencias Pt100 y para las vibraciones se instalan vibrómetros digitales con salidas 4..20mA.

Para proteger el comportamiento de la bomba en régimen dinámico se debe añadir una serie de elementos de instrumentación que garanticen que los valores de presión antes y después de la bomba son los correctos y se evitan los problemas de cavitación o de trabajo en vacío de las bombas.

En las motobombas de la instalación disponemos de los siguientes elementos de control.

Señal	Tipo de uso	Entradas digitales PLC	Salidas digitales PLC	Entradas analógicas PLC
Consumo eléctrico	Visualización y análisis en SCADA	0	0	1
Selector AUTO-0-MAN	Maniobra eléctrica y PLC	2	0	0
Pulsador de emergencia	Maniobra eléctrica y PLC	1	0	0
Disparo protección eléctrica	Maniobra visualización y PLC	1	0	0
Estado protección eléctrica	Maniobra visualización y PLC	1	0	0
Alarma variador	Visualización en puerta y PLC	1	0	0
Variadro en consigna	Visualización en puerta y PLC	1	0	0
Orden de marcha variador	Excitación eléctrica de motobomba	0	1	0
Presostato máxima en salida	Maniobra eléctrica y PLC	1	0	0
Presión de aspiración	Control PLC y monitorización	0	0	1
Temperatura de devanados	Control PLC y monitorización	0	0	3
T <sup>º</sup> Rodamientos motor	Control PLC y monitorización	0	0	2
T <sup>º</sup> Rodamientos bomba	Control PLC y monitorización	0	0	2
		<b>8</b>	<b>2</b>	<b>9</b>

Las unidades equipadas en la instalación son:

Unidades instaladas	Función asignada	Control a realizar
<b>ARMARIO DE CONTROL DE BOMBEO</b>		
Bomba 1	<i>Impulsión de agua a red</i>	<i>Arranque en función de condiciones PLC</i>
Bomba 2	<i>Impulsión de agua a red</i>	<i>Arranque en función de condiciones PLC</i>
Bomba 3	<i>Impulsión de agua a red</i>	<i>Arranque en función de condiciones PLC</i>
Bomba 4	<i>Impulsión de agua a red</i>	<i>Arranque en función de condiciones PLC</i>

Los variadores elegidos para el control de la motobombas corresponde a los equipos FC202 Aqua de 200kW del fabricante Danfoss.

Estos equipos mediante el cálculo interno de deslizamiento permiten el conocimiento exacto del par motor desarrollado por cada motobomba y realiza una gestión interna de los posibles eventos de puesta en marcha a válvula cerrada o sin agua en la aspiración.

## UNIDADES DE GRUPO ELECTRÓGENO

Dada la existencia de unidades de variador de velocidad podemos equipar la instalación con grupos electrógenos de potencia de servicio cercana a la de los propios equipos motobombas.

Los alternadores de los grupos electrógenos tienen un factor de potencia de 0,8 por lo que para garantizar una potencia de servicio adecuada se deben equipar de potencia mínima 250kW.

Los niveles de distorsión armónica bajos THDi <25% generados por los variadores de velocidad elegidos permiten equipar los grupos electrógenos.

Se deben monitorizar los parámetros internos de funcionamiento de los generadores para ponerlos en servicio en unas condiciones de trabajo óptimas ya que un inadecuado uso incrementa el coste de explotación y el de mantenimiento. Los parámetros de los grupos electrógenos se realizarán a través de su puerto 485 en protocolo Modbus RTU.

Señal	Tipo de uso	Entradas digitales PLC	Salidas digitales PLC	Comunicación 485
Orden de arranque	Maniobra eléctrica y PLC	0	1	0
Confirmación de marcha	Maniobra eléctrica y PLC	1	0	0
Alarma en generador	Maniobra eléctrica y PLC	1	0	0
Frecuencia generada	Monitorización	0	0	1
Corriente de fase	Monitorización	0	0	1
Tensión de fase	Monitorización	0	0	1
Potencia generada KVA	Monitorización	0	0	1
Coseno de fi	Monitorización	0	0	1
Presión de aceite	Control para mantenimiento	0	0	1
Temperatura refrigerante	Control para inicio de motobomba	0	0	1
Tensión de batería	Control para mantenimiento	0	0	1
Velocidad de motor	Monitorización	0	0	1
Horas para mantenimiento	Control para mantenimiento	0	0	1
		2	1	10

Las unidades equipadas en la instalación son:

Unidades instaladas	Función asignada	Control a realizar
<b>ARMARIO DE CONTROL DE BOMBEO</b>		
Bomba 3	Excitación de motobomba 3	Gestión de arranque y calentamiento

Adicionalmente se controlará mediante un transductor de presión sumergido el nivel de gasoil en el depósito y mediante un vacustato la integridad del depósito de gasoil.

## UNIDADES DE FILTRADO (FILTROS STF FMA2000 y FMA6000)

Las unidades de filtrado instaladas son de dos tipos del fabricante FMA2000 y FMA6000 de STF. Ambos tipos de unidades disponen de un armario de control independiente para la gestión de la limpieza automática de sus mallas de filtrado mediante corrientes de agua a contrasentido y desechando dicha agua de limpieza.

En el caso de los filtros FM6000 el deshecho de agua obtenida a presión natural desde la acequia tiene una implicación en la eficiencia despreciable ya que el agua se reaprovecha en sistemas de riego de menor nivel si bien en los filtros FMA2000 el agua desechada en su limpieza ha sido previamente bombeada a la presión del sistema y mediante las limpiezas se desecha a un nivel de riego inferior.

Este punto si bien inevitable debe ser controlado para ajustar el nivel de filtrado y de presión diferencial admisible antes de limpieza con el fin de hacer más eficiente al conjunto. Si el agua que circula por la acequia tiene muchas partículas en suspensión puede llegar a reducirse la eficiencia global del sistema hasta en un 15% con el consiguiente incremento de los costes de explotación.

Con el control de las variables de estado de limpieza los pulsos de contador de agua de limpieza se podrá realizar una estadística de utilidad para el explotador.

Señal	Tipo de uso	Entradas digitales PLC	Salidas digitales PLC	Entradas analógicas PLC
Orden de limpieza	Control PLC	0	1	0
Filtro limpiando	Control PLC	1	0	0
Alarma en limpieza	Control PLC	1	0	0
Pulso de caudal limpieza	Control PLC	1	0	0
Presión diferencial filtro	Control PLC	0	0	1
		<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Las unidades equipadas en la instalación son:

Unidades instaladas	Función asignada	Control a realizar
<b>ARMARIO DE CONTROL DE BOMBEO</b>		
FMA6000 entrada captación	Control estadístico y de estados	Gestión de presión diferencial para ordenar limpiezas
FMA2000 salida captación	Control estadístico y de estados	Gestión de presión diferencial para ordenar limpiezas
FMA2000 salida de balsa	Control estadístico y de estados	Gestión de presión diferencial para ordenar limpiezas

## UNIDAD DE FILTRO DE REJA

En la arqueta de toma principal se encuentra instalado un filtro de reja CMO para la eliminación de los residuos gruesos en flotación o arrastre de la acequia de entrada.

Dispone de un armario de control independiente para la gestión de la limpieza automática de la reja de filtrado mediante el paso de un peine metálico en contacto con la reja que arrastra el deshecho hasta una cinta de eliminación. Este armario tiene una programación autónoma solo permitiendo la realización de limpiezas cada cierto tiempo configurable con un potenciómetro.

El sistema para garantizar su correcta marcha realizará limpiezas de la reja antes de iniciar cualquier bombeo y cuando detecte que el filtro de entrada FMA6000 procede a realizar limpiezas.

Con el control de las variables de estado de limpieza y las órdenes de limpieza podemos garantizar un agua de entrada al filtro de entrada en mejores condiciones.

Señal	Tipo de uso	Entradas digitales PLC	Salidas digitales PLC	Entradas analógicas PLC
<i>Orden de limpieza</i>	<i>Control PLC</i>	0	1	0
<i>Filtro limpiando</i>	<i>Control PLC</i>	1	0	0
<i>Alarma en limpieza</i>	<i>Control PLC</i>	1	0	0
		2	1	0

Las unidades están equipadas en la instalación según la siguiente estructura:

Unidades instaladas	Función asignada	Control a realizar
<b>ARMARIO DE CONTROL DE BOMBEO</b>		
<i>Arqueta entrada captación</i>	<i>Control de estados y ordenes discretas</i>	<i>Realizar limpiezas previo al inicio de bombeo</i>

## UNIDADES DE CONTROL DE RAMALES

En la red de elevación principal salen a lo largo del recorrido de la tubería varios ramales de tubería que alimentan las subredes de riego de cada parcela. Esos ramales acumulan el total de los caudales de la red y en el caso del ramal T2 pueden suponer más del 30% del total.

Una caída de presión o un exceso de caudal por encima de los prefijados lanzaría la operación de cierre del ramal dejándolo aislado de la balsa y evitando su desagüe.

Señal	Tipo de uso	Entradas digitales PLC	Salidas digitales PLC	Entradas analógicas PLC
Orden apertura T1	Control PLC	0	1	0
Orden cierre T1	Control PLC	0	1	0
Orden apertura T2	Control PLC	0	1	0
Orden cierre T2	Control PLC	0	1	0
Intrusión arqueta T1-T2	Control PLC	1	0	0
Presión T1	Control PLC	0	0	1
Presión T2	Control PLC	0	0	1
Pulso caudal T1	Control PLC	1	0	0
Pulso caudal T2	Control PLC	1	0	0
Orden apertura T3	Control PLC	0	1	0
Orden cierre T3	Control PLC	0	1	0
Orden apertura T4	Control PLC	0	1	0
Orden cierre T4	Control PLC	0	1	0
Intrusión arqueta T3-T4	Control PLC	1	0	0
Presión T3	Control PLC	0	0	1
Presión T4	Control PLC	0	0	1
Pulso caudal T3	Control PLC	1	0	0
Pulso caudal T4	Control PLC	1	0	0
Orden apertura T5	Control PLC	0	1	0
Orden cierre T5	Control PLC	0	1	0
Orden apertura T6	Control PLC	0	1	0
Orden cierre T6	Control PLC	0	1	0
Intrusión arqueta T5-T6	Control PLC	1	0	0
Presión T5	Control PLC	0	0	1
Presión T6	Control PLC	0	0	1
Pulso caudal T5	Control PLC	1	0	0
Pulso caudal T6	Control PLC	1	0	0
Orden apertura T7	Control PLC	1	0	0
Orden cierre T7	Control PLC	1	0	0
Pulso caudal T7	Control PLC	1	0	0
		<b>12</b>	<b>12</b>	<b>6</b>



Las unidades están equipadas en la instalación según la siguiente estructura:

Unidades instaladas	Función asignada	Control a realizar
<b>ARMARIO DE CONTROL DE FILTRO INTERMEDIO</b>		
Control de ramales T1 y T2	Captura de presión y caudal y gestión de órdenes	Gestión de valores de rotura para seccionar el ramal
<b>ARMARIO DE CONTROL DE FILTRO INTERMEDIO</b>		
Control de ramales T3 y T4	Captura de presión y caudal y gestión de órdenes	Gestión de valores de rotura para seccionar el ramal
<b>ARMARIO DE CONTROL DE FILTRO INTERMEDIO</b>		
Control de ramales T5, T6 y T7	Captura de presión y caudal y gestión de órdenes	Gestión de valores de rotura para seccionar el ramal

Para la distribución de los equipos de control se instala una red de fibra óptica monomodo y una línea eléctrica de alimentación.

En cada uno de los puntos existirá una unidad concentradora de señales esclava de la unidad de CPU del sistema en cada una de las ubicaciones.

## 5. EQUIPOS PLC INSTALADOS Y PROGRAMA SCADA PARA HMI

Ya hemos definido las necesidades de entradas y salidas de PLC necesarias para la gestión de la instalación. Ahora si aplicamos el número de componentes de cada tipo en cada edificio podremos dimensionar el tipo de PLC a emplear y su necesidad de utilización de periferia descentralizada en cada uno de los edificios.

### SEÑALES DE ARMARIO GENERAL DE BOMBEO

Señal	Ubicación	Entradas digitales	Salidas digitales	Entradas analógicas	Comunicación Modbus TCP	Comunicación 485 -esclavo-
Alimentaciones e intrusión	CCM	9	0	0	0	0
Señales de arqueta	Arqueta de entrada	1	0	0	0	0
Válvula de retención	Arqueta de entrada	9	2	0	0	0
Valvula de entrada	Arqueta de entrada	9	2	0	0	0
Filtro de reja	Arqueta de entrada	2	1	0	0	0
Filtro FMA6000	Edificio de bombeo	3	1	1	0	0
Grupo electrógeno 1	Edificio de bombeo	1	1	0	0	1
Grupo electrógeno 2	Edificio de bombeo	1	1	0	0	1
Grupo electrógeno 3	Edificio de bombeo	1	1	0	0	1
Grupo electrógeno 4	Edificio de bombeo	1	1	0	0	1
Motobomba 1	Edificio de bombeo	8	2	9	0	0
Motobomba 2	Edificio de bombeo	8	2	9	0	0
Motobomba 3	Edificio de bombeo	8	2	9	0	0
Motobomba 4	Edificio de bombeo	8	2	9	0	0
Valvula seguridad B1	Edificio de bombeo	7	2	0	0	0
Valvula seguridad B2	Edificio de bombeo	7	2	0	0	0
Valvula seguridad B3	Edificio de bombeo	7	2	0	0	0
Valvula seguridad B4	Edificio de bombeo	7	2	0	0	0
Filtro FMA2000	Edificio de bombeo	3	1	1	0	0
Analizador redes general	Edificio de bombeo	0	0	0	1	0
Analizador redes bomba 1	Edificio de bombeo	0	0	0	1	0
Analizador redes bomba 2	Edificio de bombeo	0	0	0	1	0
Analizador redes bomba 3	Edificio de bombeo	0	0	0	1	0
Analizador redes bomba 4	Edificio de bombeo	0	0	0	1	0
Ramal T7	Edificio de bombeo	1	2	1	0	0
Ramal T5	Edificio de bombeo	2	2	1	0	0
Ramal T6	Edificio de bombeo	1	2	1	0	0
Instrumentación presión	Edificio de bombeo	0	0	1	0	0
Instrumentación caudal	Edificio de bombeo	2	0	1	0	0
		<b>106</b>	<b>33</b>	<b>43</b>	<b>5</b>	<b>4</b>

## SEÑALES DE ARMARIO DE ARQUETA T3-T4

Señal	Ubicación	Entradas digitales	Salidas digitales	Entradas analógicas	Comunicación Modbus TCP	Comunicación 485 -esclavo-
Intrusión T3-T4	Arqueta T3-T4	2	0	0	0	0
Inhibición T3-T4	Arqueta T3-T4	1	0	0	0	0
Ramales T3-T4	Arqueta T3-T4	2	4	2	0	0
		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## SEÑALES DE ARMARIO DE NAVE DE FILTRADO

Señal	Ubicación	Entradas digitales	Salidas digitales	Entradas analógicas	Comunicación Modbus TCP	Comunicación 485 -esclavo-
Intrusión nave y arquetas	Estación de filtrado	5	0	0	0	0
Filtro FMA2000	Estación de filtrado	3	0	2	0	0
Ramal T1	Arqueta T1	1	2	1	0	0
Ramal T2	Arqueta T2	1	2	1	0	0
		<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## SEÑALES DE ARMARIO DE ARQUETA DE BALSA

Señal	Ubicación	Entradas digitales	Salidas digitales	Entradas analógicas	Comunicación Modbus TCP	Comunicación 485 -esclavo-
Intrusión arquetas	Arqueta de balsa	2	0	0	0	0
Válvula motorizada	Arqueta de balsa	8	2	0	0	0
Rele control tensión	Arqueta de balsa	1	0	0	0	0
Caudalímetro	Arqueta de balsa	2	0	1	0	0
Transductor nivel	Arqueta de balsa	0	0	1	0	0
Boyas de nivel y drenaje	Arqueta de balsa	5	0	0	0	0
Válvula de sobrevelocidad	Arqueta de balsa	2	0	0	0	0
		<b>20</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## CONCLUSIONES

Ubicación	Tipo de armario	Entradas digitales	Salidas digitales	Entradas analógicas	Comunicación Modbus TCP	Comunicación 485 -esclavo-
CCM	Armario 5000x2100x600	106	33	43	5	4
T3T4	Armario 800x600x210	5	4	2	0	0
FILTRADO	Armario 800x600x210	10	4	4	0	0
BALSA	Armario 800x600x210	20	2	2	0	0

Dado el elevado número de variables de control existente en la instalación se deberá utilizar un equipo PLC de alta gama con capacidad para gestionar periferia descentralizada a través de un bus con base Ethernet y canalizado este a través de redes de fibra óptica dada la distancia de 2 a 4 kms entre los puntos.

El tipo de PLC elegido corresponde al fabricante SIEMENS de la serie S7-300, concretamente para la CPU el modelo IM151-8 que admite la instalación de hasta 63 unidades de entradas y salidas de la serie ET200s así como en control de la periferia descentralizada ET200s conectada en bus industrial Profinet del resto de puntos de control

### UNIDAD DE CONTROL EN ESTACION DE BOMBEO

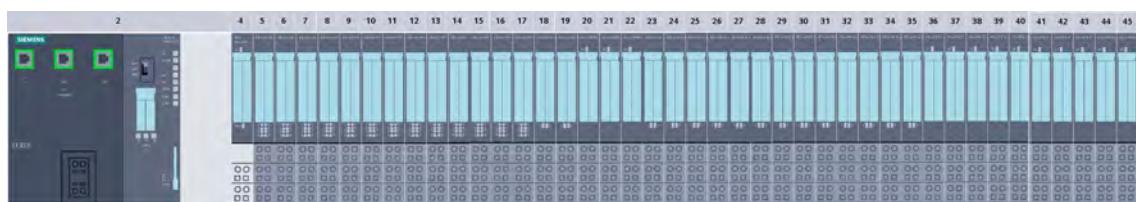


Fig.5.1 Unidad de control en estación de bombeo

Nombre	Nº Posición	Referencia	Tipo
CPU	0	6ES7 151-8AB00-0AB0	CONTROL
PM-E	0.1	6ES7 138-4CA01-0AA0	POTENCIA
8DI 24VDC	1	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	2	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	3	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	4	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	5	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	6	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	7	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	8	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	9	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	10	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	11	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	12	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	13	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
2RO NO 5A	14	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	15	6ES7 131-4BF00-0AA1	2 SD
2AI 2wire ST	16	6ES7 134-4GB01-0AB0	2 EA
2AI 2wire ST	17	6ES7 134-4GB01-0AB0	2 EA
2AI 2wire ST	18	6ES7 134-4GB01-0AB0	2 EA
2RO NO 5A	19	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	20	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	21	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	22	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD

2RO NO 5A	23	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	24	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	25	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	26	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	27	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	28	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	29	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	30	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	31	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2/4 AI RTD/ST	32	6ES7 131-4BF00-0AA0	4 AI Pt100
2/4 AI RTD/ST	33	6ES7 131-4BF00-0AA0	4 AI Pt100
2/4 AI RTD/ST	34	6ES7 131-4BF00-0AA0	4 AI Pt100
2/4 AI RTD/ST	35	6ES7 131-4BF00-0AA0	4 AI Pt100
2/4 AI RTD/ST	36	6ES7 131-4BF00-0AA0	4 AI Pt100
2/4 AI RTD/ST	37	6ES7 131-4BF00-0AA0	4 AI Pt100
2/4 AI RTD/ST	38	6ES7 131-4BF00-0AA0	4 AI Pt100
2/4 AI RTD/ST	39	6ES7 131-4BF00-0AA0	4 AI Pt100
2AI 4wire ST	40	6ES7 134-4GB11-0AB0	2 AI
2AI 4wire ST	41	6ES7 134-4GB11-0AB0	2 AI
4AI 2wire ST	42	6ES7 134-4GD00-0AB0	4 AI
2RO NO 5A	43	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
8DI 24VDC	44	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 DI
2RO NO 5A	45	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD

#### UNIDAD DE PERIFERIA EN ARQUETA DE RAMALES T3-T4



Fig.5.2 Unidad de periferia en arqueta de ramales T3-T4

Nombre	Nº Posición	Referencia	Tipo
ET200	0	6ES7 151-8AB00-0AB0	CABECERA
PM-E	0.1	6ES7 138-4CA01-0AA0	POTENCIA
8DI 24VDC	1	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
2AI 2wire ST	2	6ES7 134-4GB01-0AB0	2 EA
2RO NO 5A	3	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	4	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD

## UNIDAD DE PERIFERIA EN EDIFICIO DE FILTRADO INTERMEDIO



Fig.5.3 Unidad de periferia en edificio de filtrado intermedio

Nombre	Nº Posición	Referencia	Tipo
ET200	0	6ES7 151-8AB00-0AB0	CABECERA
PM-E	0.1	6ES7 138-4CA01-0AA0	POTENCIA
8DI 24VDC	1	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	2	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
2AI 2wire ST	3	6ES7 134-4GB01-0AB0	2 EA
2AI 2wire ST	4	6ES7 134-4GB01-0AB0	2 EA
2RO NO 5A	5	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	6	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2RO NO 5A	7	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD

## UNIDAD DE PERIFERIA EN ARQUETA DE BALSA



Fig.5.4 Unidad de periferia en arqueta de balsa

Nombre	Nº Posición	Referencia	Tipo
ET200	0	6ES7 151-8AB00-0AB0	CABECERA
PM-E	0.1	6ES7 138-4CA01-0AA0	POTENCIA
8DI 24VDC	1	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	2	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
8DI 24VDC	3	6ES7 131-4BF00-0AA0	8 ED
2RO NO 5A	4	6ES7 131-4BF00-0AA0	2 SD
2AI 2wire ST	5	6ES7 134-4GB01-0AB0	2 EA

A continuación se detallan las descripciones técnicas de cada una de las referencias empleadas

**Unidad CPU - IM 151-8 PN/DP CPU**

**6ES7 151-8AB00-0AB0**

Memoria de trabajo 128KB;  
0,3ms/1000 instrucciones;  
3 puertos; PROFINET  
Comunicación S7 (FBs/FCs cargables);  
Controlador PROFINET IO;  
Soporta RT/IRT;

**Unidad Potencia - PM-E 24V DC**

**6ES7 138-4CA01-0AA0**

Módulo de potencia PM-E para módulos electrónicos, 24V DC, con diagnóstico;  
también disponible como módulo SIPLUS con la referencia 6AG1 138-4CA01-  
2AA0.

**Unidad entradas digitales - 8DI x 24V DC**

**6ES7 131-4BF00-0AA0**

Módulo de entradas digitales 8DI x 24V DC, soporta el modo isócrono; también  
disponible como módulo SIPLUS con la referencia 6AG1 131-4BF00-7AA0.

**Unidad salidas digitales - 2RO x NO 24/230V / 5A**

**6ES7 132-4HB01-0AB0**

Módulo de salidas digitales 2DO x relé 24..230V UC / 5A; también disponible  
como módulo SIPLUS con referencia 6AG1 132-4HB01-2AB0.

**Unidad entradas analógicas - 2AI x I 2WIRE ST**

**6ES7 134-4GB01-0AB0**

Módulo de entradas analógicas 2AI x I, TM 2 hilos (4..20mA / 13bits), estándar;  
también disponible como módulo SIPLUS con referencia 6AG1 134-4GB01-2AB0.

**Unidad entradas analógicas Pt100 - 2/4AI x RTD ST**

**6ES7 134-4JB51-0AB0**

Módulo de entradas analógicas 2/4AI x RTD / 15 bits+signo, estándar, R: 150  
Ohm, 300 Ohm, 600 Ohm, PTC; RTD: Pt100, Ni100; también disponible como  
módulo SIPLUS con la referencia 6AG1 134-4JB51-7AB0.



### **Unidad entradas analógicas - 2AI x I 4WIRE ST**

#### **6ES7 134-4GB11-0AB0**

Módulo de entradas analógicas 2AI x I, MU 4 hilos (+/-20mA / 13bits+signo, 4..20mA / 13bits), estándar; también disponible como módulo SIPLUS con referencia 6AG1 134-4GB11-2AB0.

### **Unidad cabecera de periferia descentralizada - IM 151-3 PN**

#### **6ES7 151-3AA23-0AB0**

Dispositivo PROFINET IO módulo de interfaz IM 151-3 PN (ERTEC200) para módulos electrónicos ET200S, soporta compresión; interfaz PROFINET y 2 puertos; actualización de FW vía bus; diagnóstico de puerto; funcionalidad I&M; IRT y arranque optimizado; firmware V6.0; también disponible como módulo SIPLUS con la referencia 6AG1151-3AA23-2AB0.

### **Unidad de Panel PC para monitorización - IPC477C 15" Touch PN/IE**

#### **6AV7884-2xxxx-xxxx**

Pantalla de 15.1" TFT, 1024 x 768 píxeles; pantalla táctil; 2 interfaces PROFINET/Industrial Ethernet con soporte RT, 5 USB, 1 serie; otras referencias: 6AV7884-2xAxx-xxxx 6AV7884-2xDxx-xxxx 6AV7884-2xGxx-xxxx

La propia topología establece la necesidad de lectura de analizadores de redes mediante una red Modbus-TCP. Adicionalmente los grupos electrógenos necesitan ser leídos mediante un protocolo Modbus a través de una red 485. Para esta red se acondiciona una pasarela de conversión Modbus 485/TCP. Todas las lecturas del protocolo Modbus-TCP serán llevadas a cabo directamente por la aplicación SCADA-HMI de la instalación para el registro y monitorización por los valores ya que el PLC elegido no dispone de tal protocolo de serie y generaría un sobrecoste elevado sin aportar características de control.

### **ESTRUCTURA SCADA-HMI**

Sobre el frontal del armario de control se instala un armario Panel-PC IP477C 15" de Siemens sobre el que correrá la aplicación de supervisión POWERHMI del fabricante Progea.

La elección de este tipo de SCADA para la pantalla en lugar del integrado en equipo de Siemens está realizada debido a la capacidad de conexión cliente-servidor del SCADA MOVICON 11 existente entre este equipo y el instalado en el centro de control para el telecontrol de hidrantes ya equipado en la instalación previamente.

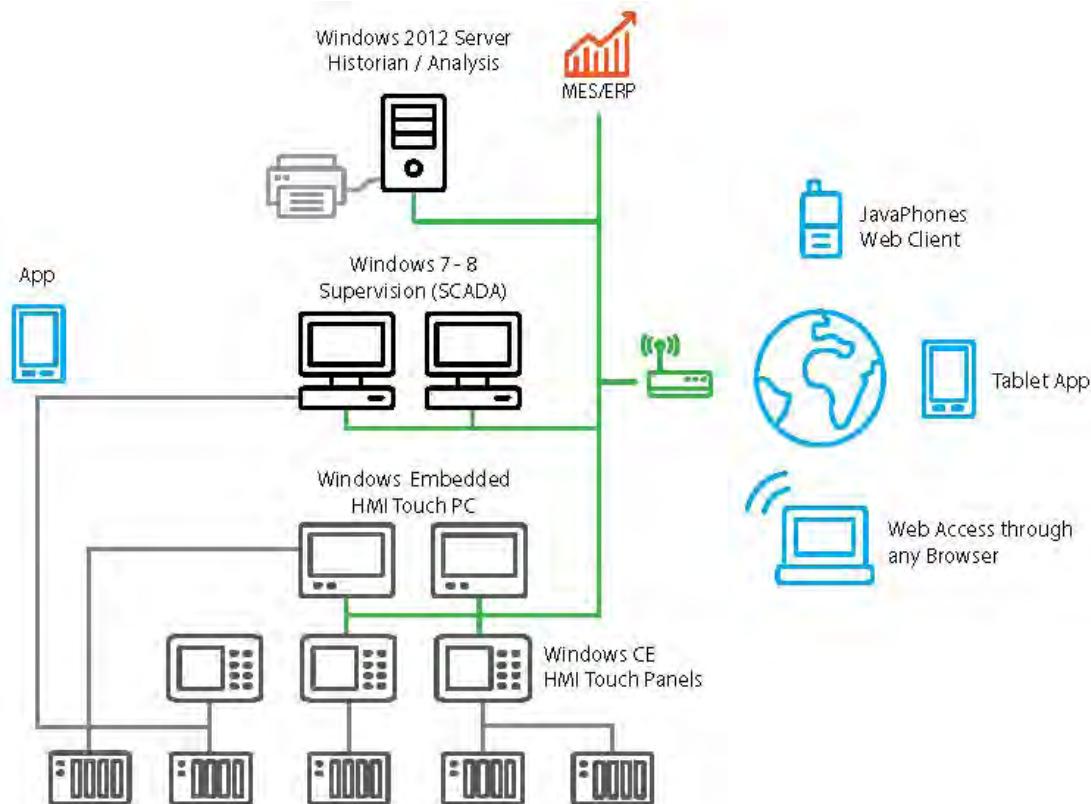


Fig.5.5 Detalle de topología permitida entre aplicaciones PowerHMI y Movicon de Progea

La aplicación POWERHMI elegida para la ejecución del control tiene las siguientes aspectos principales.

Características principales
2048 Bytes de comunicación I/O
Gráficos simbólicos integrados
Gestor de hasta 2048 alarmas
Generación de registros históricos de eventos
Capacidades multilenguaje
Gestor de recetas
2 tablas de registros de datos
Visualizador de curvas de tendencia y análisis de datos
Generación de reportes de texto
Capacidad de programación de tareas en lenguaje IL según IEC61131
Capacidad de creación de 2 script en VisualBasicScript
Capacidad de edición de la aplicación en línea
Bloques de gestión de cámaras IP, calendarios y eventos
Comunicación con herramientas OPC en modo cliente
2 tipos de driver de comunicación simultáneos

## 6. ESTRATEGIAS DE CONTROL POR ELEMENTOS

### VALVULAS MOTORIZADAS (DE COMPUERTA O TUBERÍA)

En las válvulas motorizadas se gestiona mediante PLC el procedimiento de apertura y cierre de las mismas (contrapuesto) previo a la inicialización del riego.

La gestión de apertura comprende el procedimiento de control y supervisión de:

- Control de confirmación de marcha de contactores de apertura o cierre
- Control de activación de limitadores de par abriendo o cerrando
- Control de las protecciones eléctricas de los motores
- Control de estado de posiciones

Para el control de la confirmación de marcha de los contactores se establece una diferencia de tiempo admisible entre excitación y realimentación de 1 segundo.

Se deben gestionar una serie de alarmas que provocan la inmovilización de las válvulas motorizadas y la notificación de alarmas en la pantalla de control para su rearme manual supervisado:

- Fallo de confirmación de marcha de contactor abrir
- Fallo de confirmación de marcha de contactor cerrar
- Límite de par en válvula abriendo
- Límite de par en válvula cerrando
- Protección eléctrica disparada o desactivada

En el panel de supervisión se deberá indicar el estado actual de la válvula señalizando su estado:



## UNIDADES DE MOTOBOMBA

Las unidades de motobomba son el componente de mayor consumo mayor coste mayor desgaste de la instalación por lo que el PLC gestionará tanto las dinámica de puesta en marcha y parada de las bombas como la supervisión durante su marcha de los parámetros que puedan afectarla en su correcto funcionamiento. El control de puesta en servicio de las bombas está coordinado con el control de apertura y cierre de las válvulas así como con el procedimiento de arranque y verificación del grupo electrógeno en caso de utilizarlo su correspondiente bomba 3.

La gestión de arranque comprende el control y supervisión de:

- Verificación de permisos para iniciar bombeo por nivel o boyas de balsa, disponibilidad de energía eléctrica y disponibilidad de bombas sin alarmas
- Estado de posición de las válvulas motorizadas en entrada de agua
- Nivel de presión de aspiración en la entrada de cada motobomba
- Estado de nivel de tensión en red eléctrica o arranque y precaldeo de unidad de grupo electrógeno
- Apertura de válvula de seguridad anti retorno y confirmación de maniobra realizada.
- Supervisión de confirmación de marcha de las unidades de variador de velocidad
- Supervisión de niveles de temperatura en rodamientos.

Para el control de la confirmación de marcha de los variadores se establece una diferencia de tiempo admisible entre excitación y realimentación de 10 segundos para asegurar que realizan correctamente la rampa de arranque programada.

Se deben gestionar una serie de alarmas que provocan la secuencia de parada de las motobombas y cierre de las válvulas motorizadas de anti retorno y la notificación de alarmas en la pantalla de control para su rearme manual supervisado:

- Fallo de confirmación de variador
- Alarma de funcionamiento del variador
- Máxima temperatura alcanzada en rodamientos de bomba y motor y devanados de motor eléctrico
- Mínima presión de aspiración en entrada de unidad de bomba.
- Máxima presión de impulsión en salida de bomba.
- Ausencia de caudal en la instalación con bomba en marcha.
- Disparo o estado de protección eléctrica del motor.

En el panel de supervisión general se deberá indicar el estado actual de la motobomba señalizando su estado valores de estados:



Seleccionando la unidad motobomba que se desea supervisar aparecerán en la pantalla los elementos de control estadístico y de supervisión de la misma:

- “H” Botón de comando para habilitar o deshabilitar la entrada de esta bomba
- “R” Botón de comando para rearmar las alarmas propias de esta bomba
- “F” Botón de comando para forzar la secuencia de arranque de esta bomba
- Icono de visualización de datos propios del analizador de redes
- Texto de estado actual de esta bomba
- Número de arranques realizados
- Número de horas acumuladas
- Horas hasta próximo mantenimiento
- Rendimiento hidráulico puntual de la unidad de bomba y el bombeo
- Temperaturas instantáneas de rodamientos y devanados.



Fig. 6.1 Pantalla de SCADA para control y supervisión de motobomba

## UNIDADES DE CONTROL DE ROTURA

Distribuidas a lo largo de la tubería se encuentran las salidas de ramales de riego de la instalación. Estos ramales suman cada uno varios kilómetros de tubería susceptible de sufrir roturas.

Para la detección de las posibles roturas de los ramales se determinan 2 procedimientos con niveles de velocidad de reacción diferentes.

### ***Detección de rotura por transductor de presión deslocalizado***

La detección de rotura mediante transductores de presión a lo largo de la tubería se realiza a través del sistema de telecontrol de riego instalado que mediante comunicaciones cíclicas programadas contra el centro de control informan de los niveles de presión en cada punto. Cada uno de estos puntos reporta su valor de presión cada 10 minutos y caso de que el valor de presión se encuentre por debajo del valor umbral de rotura inicia el procedimiento de control de rotura consistente en:

- Orden de cierre de los hidrantes conectados en el ramal detectado (tiempo de cierre >5minutos).
- Espera de estabilización del caudal del ramal (tiempo definido de 5 minutos)
- Conteo de pulsos recibidos de contador de ramal (tiempo definido de 2 minutos)
- Evaluación de existencia o no de rotura según los pulsos. Si hay rotura se ordena seccionar el ramal cerrando la válvula principal del ramal y reportando la alarma.
- Para reponer el funcionamiento tras una falsa detección se procede a la apertura ordenada de los hidrantes conectados en el ramal detectado.

### ***Detección de rotura por transductor de presión al inicio del ramal y por caudal en ramal***

La detección de rotura se realiza mediante el transductor de presión instalado en la entrada del ramal y valor de velocidad del flujo de agua calculado en función de la frecuencia de los pulsos de caudal recibidos.

Si los niveles de presión bajan del nivel configurado como umbral o exceden el valor de velocidad de flujo de 2,2 m/s propio del tipo de tubería instalada se secciona el ramal cerrando la válvula principal del ramal y reportando la alarma.

## SISTEMAS DE FILTRADO

Los equipos de filtrado de la instalación FMA2000 y FMA6000 disponen de un sistema de control propio que gestiona el procedimiento de limpieza de las mallas filtrantes. Si bien dispone de sistema de control este no aporta información de seguimiento del estado de colmatación de las mallas filtrantes.

A través de la instalación de unidades de transductores de presión diferenciales entre la presión de entrada y salida del filtro podemos aportar la información del estado de colmatación instantánea de las mallas filtrantes y así en función de la introducción de un parámetro configurable de presión máxima admitida podemos generar órdenes de limpieza adicionales a su control autónomo.

Adicionalmente se monitoriza el tiempo que transcurre entre un procedimiento de limpieza y otro así como la cantidad de agua de deshecho que se vierte en el proceso de limpieza.

El tiempo transcurrido entre limpiezas y el volumen de agua filtrado entre las mismas ayuda al explotador a analizar y determinar el estado colmatación existente en las mallas que el procedimiento de limpieza automático no es capaz de eliminar.

El volumen de agua vertido en los procesos de limpieza ayuda a determinar al explotador los costes económicos derivados del nivel de malla filtrante elegido.



Fig. 6.2 Pantalla de SCADA para control y supervisión de motobomba

## OTROS ELEMENTOS DE CONTROL Y SUPERVISION

Adicionalmente a los elementos comentados se supervisan mediante la aplicación SCADA y el subsistema diferentes elementos auxiliares de la instalación.

### *Control de calidad eléctrica de la red*

Mediante el empleo de relés de vigilancia de tensión el sistema genera alarmas puntuales de descompensaciones en la línea eléctrica y mediante analizadores de redes individuales para cada bomba y generales para la red eléctrica registra los valores medios, máximos e instantáneos de tensión, corriente, factor de potencia y tasas de distorsión armónica.

### *Control de intrusión en arquetas de riego y edificios*

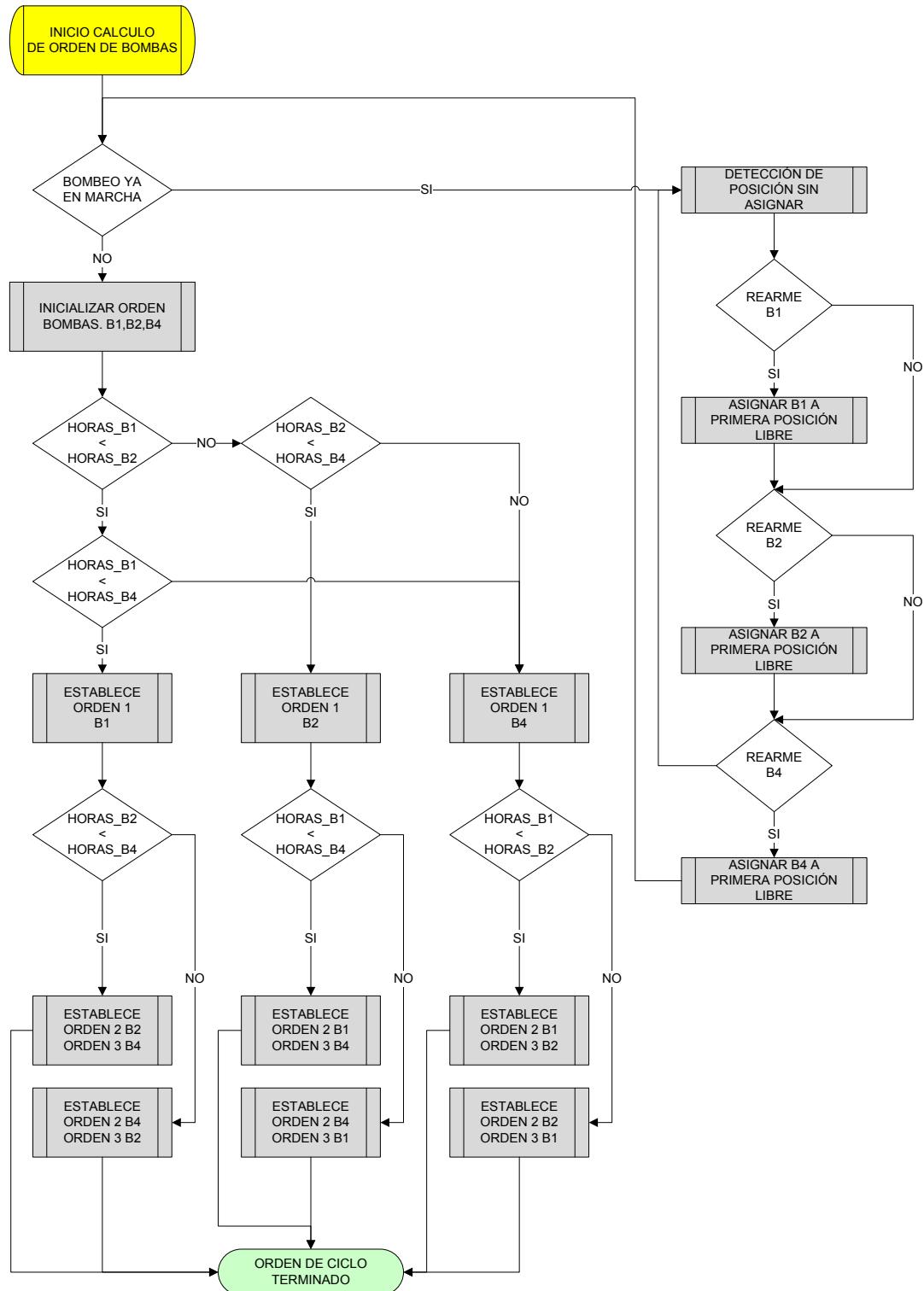
Mediante detectores de intrusión y finales de carrera para las tapas de las arquetas se detecta la puntual intrusión de personal en las arquetas y naves de la instalación y se reporta al sistema SCADA. Cada operario dispone de los códigos de activación y desactivación del sistema de control de intrusión y caso de no desarmar el sistema en un tiempo concreto se activa la secuencia de aviso.

### *Control de estado de equipos PLC y periferia descentralizada*

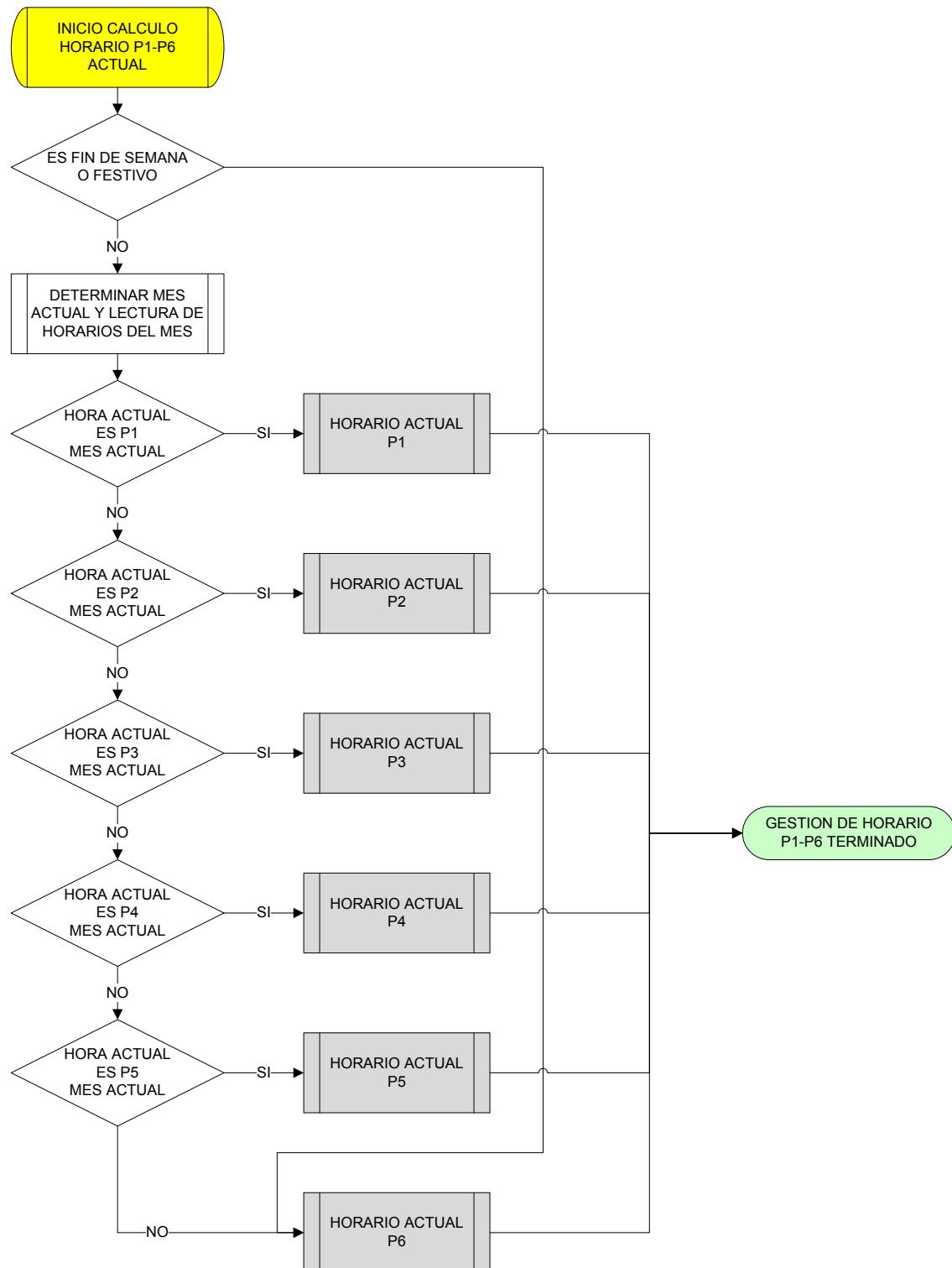
Aprovechando las variables del sistema de PLC se alerta de los problemas de comunicación con los equipos de periferia unidos a través de la fibra óptica de la instalación.

## 7. DIAGRAMAS DE FLUJO

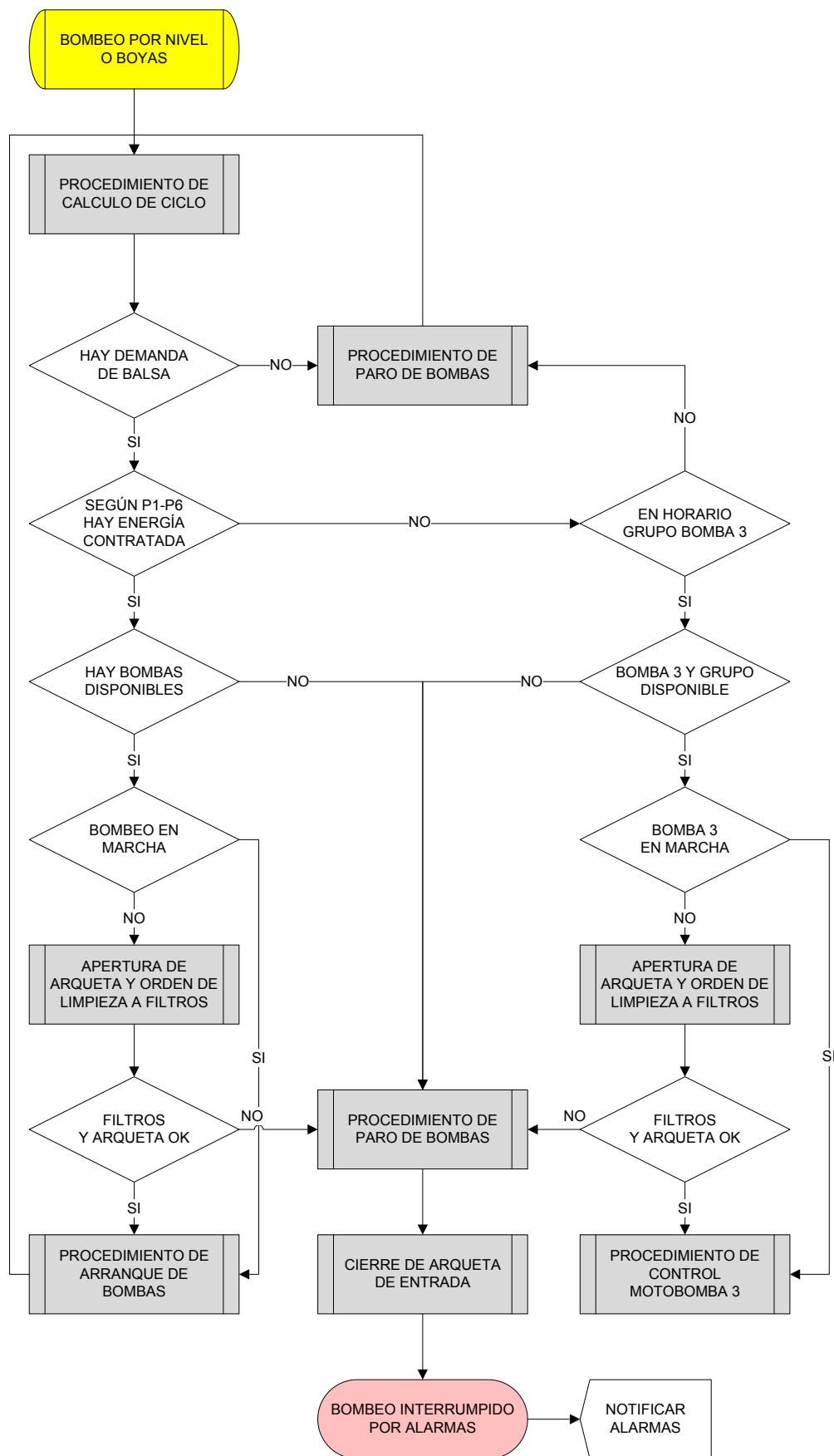
### PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE ORDEN DE BOMBAS 1, 2 Y 4. (FC 15)



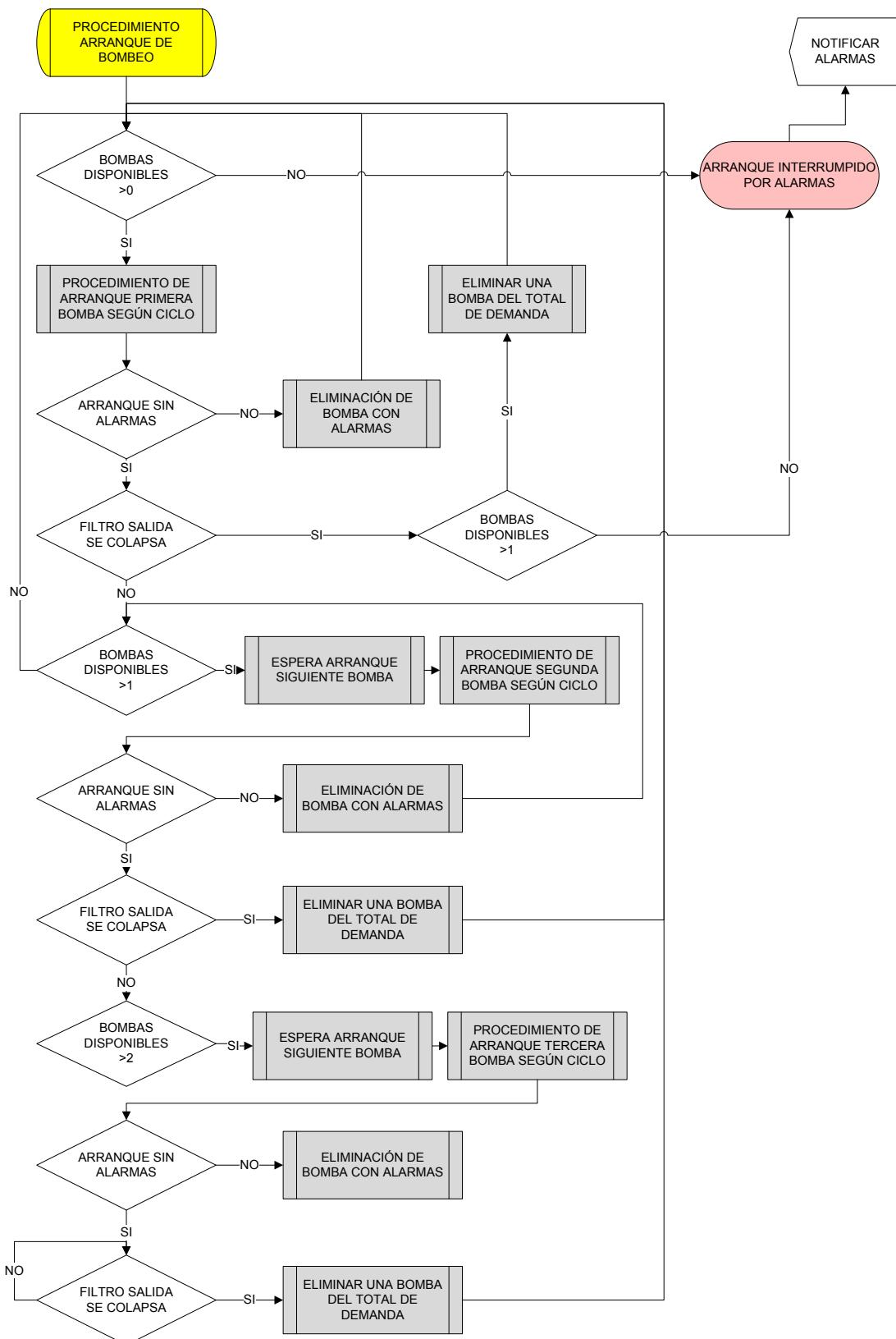
## PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE HORARIOS ENERGÉTICOS (FC 60)



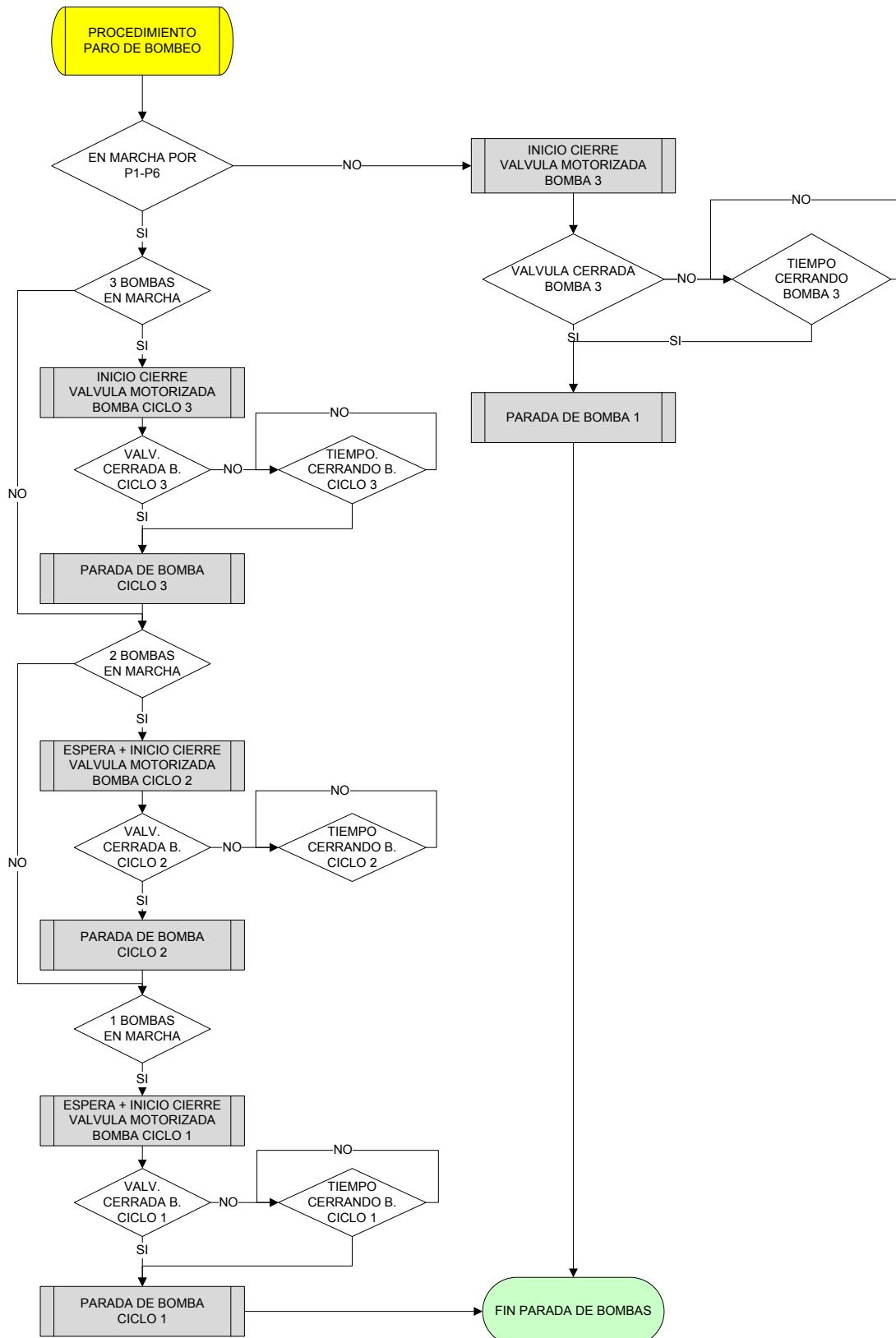
## PROCEDIMIENTO DE BOMBEO POR NIVEL O BOYAS (FC 13)



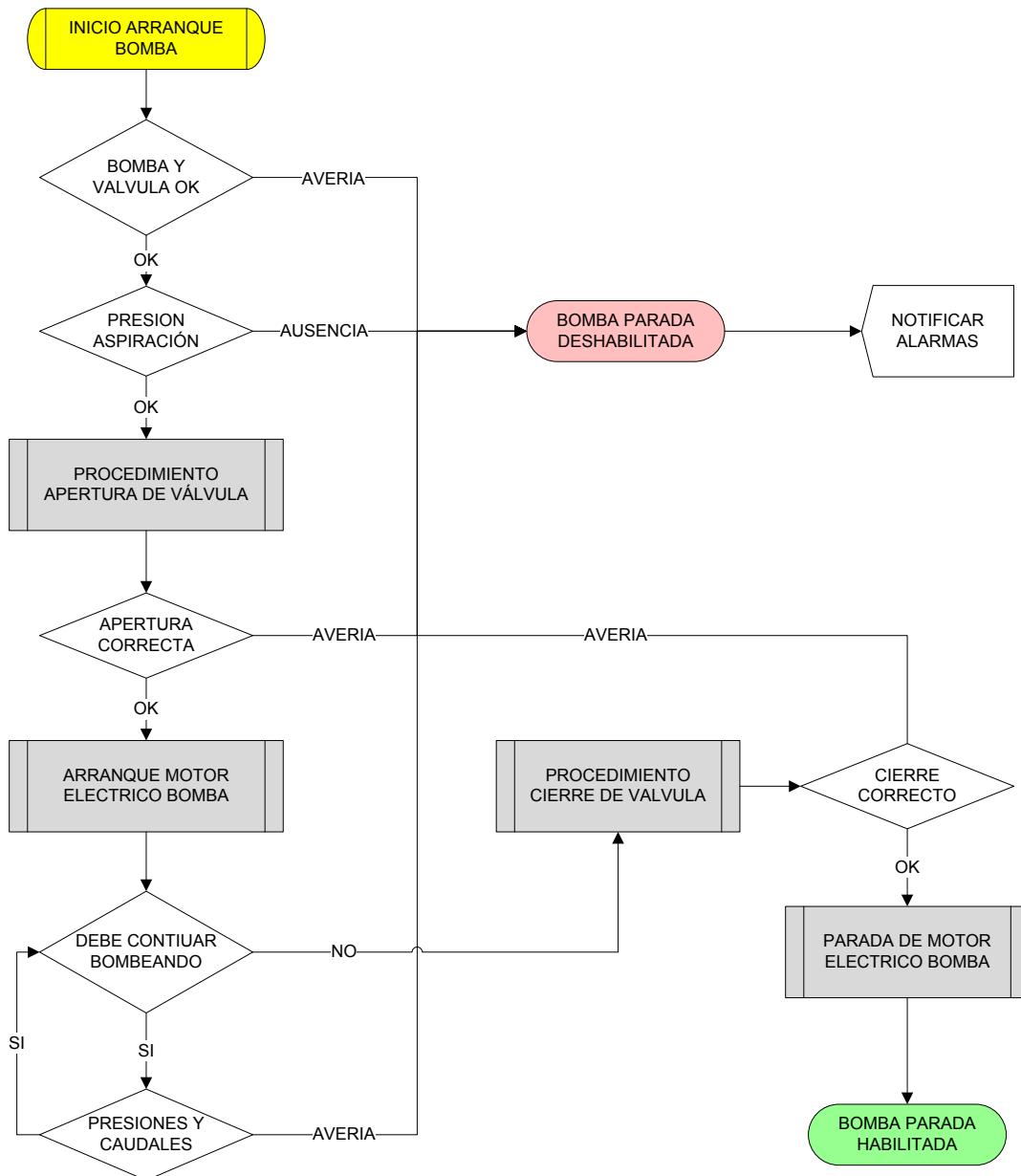
## PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DE BOMBAS (FC 31, 32, 33, 34)



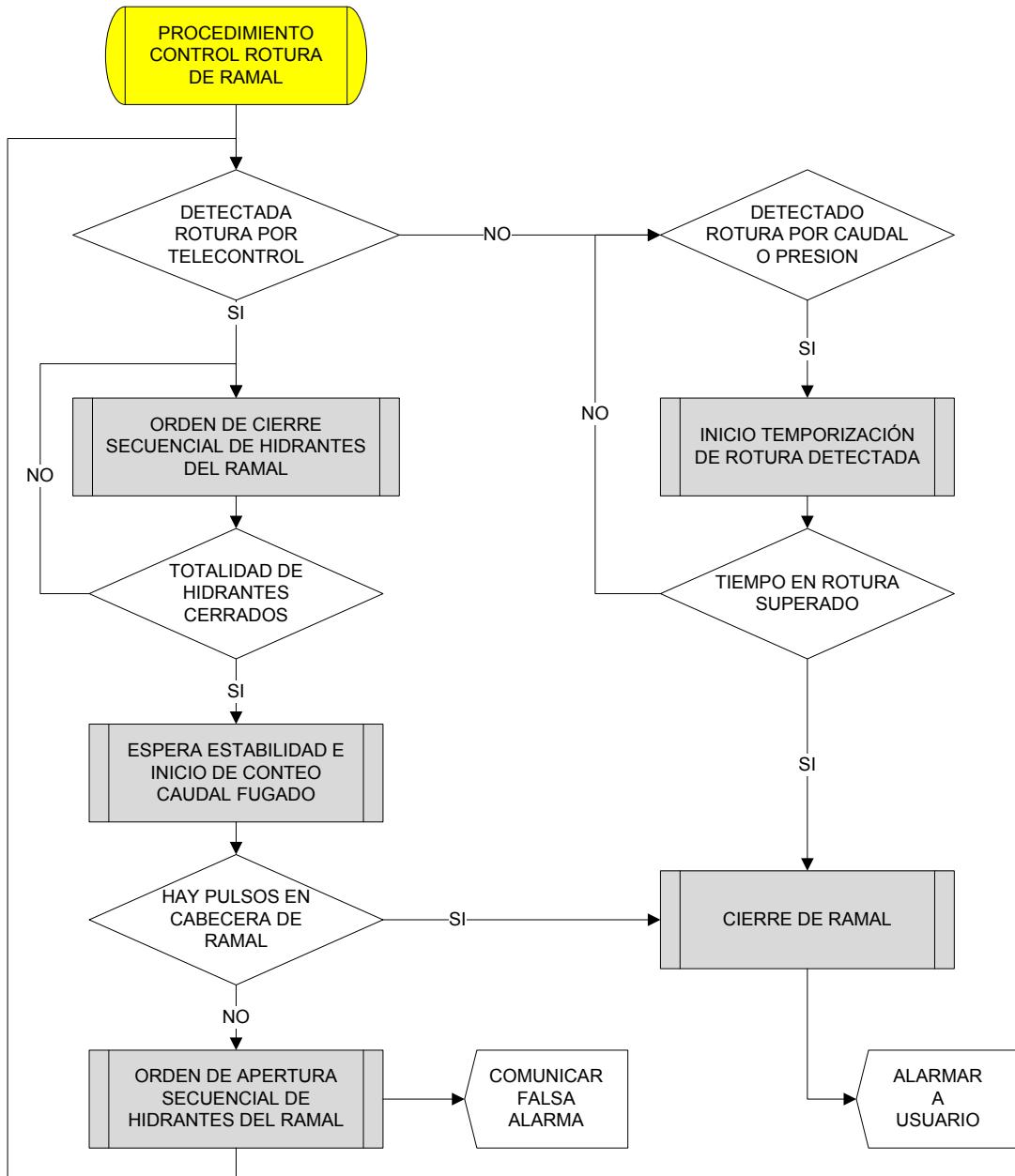
## PROCEDIMIENTO DE PARO DE BOMBAS (FC 31, 32, 33, 34)



## PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE BOMBA CON VÁLVULA (FC 31, 32, 33, 34)



## PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE ROTURA DE RAMAL (FC 10, 17)



## 8. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

### BALSA DE REGULACIÓN



Fig. 8.1 Imagen general de balsa de regulación



Fig. 8.2 Imagen de balsa de regulación con arqueta de aliviadero



Fig. 8.3 Imagen de arqueta de aliviadero con detección de fuga por electrodos

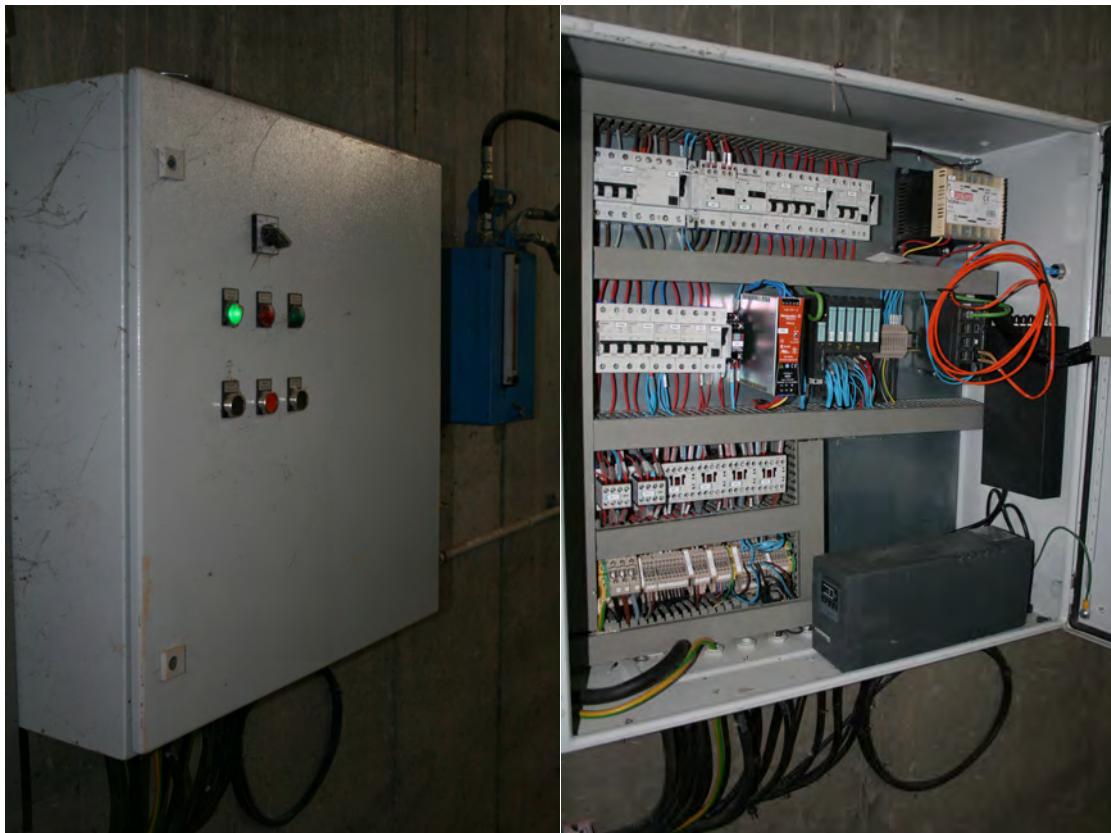


Fig. 8.4 Imagen de armario eléctrico de control de balsa



Fig. 8.5 Imagen de válvula motorizada de seguridad en salida de balsa



Fig. 8.6 Imagen de válvula de sobrevelocidad de CMO



Fig. 8.7 Imagen de transductor de presión para medición de nivel de balsa



Fig. 8.8 Imagen de arqueta de control de drenaje de lámina. Detección por electrodos.



Fig. 8.9 Imagen de sensor de Caudalímetro electromagnético



Fig. 8.10 Imagen de equipo electrónico de medición de caudal

## ESTACION DE FILTRADO INTERMEDIO



Fig. 8.11 Imagen de armario de control de unidad de filtrado intermedio



Fig. 8.12 Imagen de armario de control de unidad de filtrado intermedio



Fig. 8.13 Imagen de unidades de filtrado intermedio STF FMA2000



Fig. 8.14 Imagen de unidades de filtrado intermedio STF FMA2000

#### ARQUETA DE CONTROL T3-T4



Fig. 8.15 Imagen de arqueta de control T3-T4  
señales WIFI y 869 para telecontrol

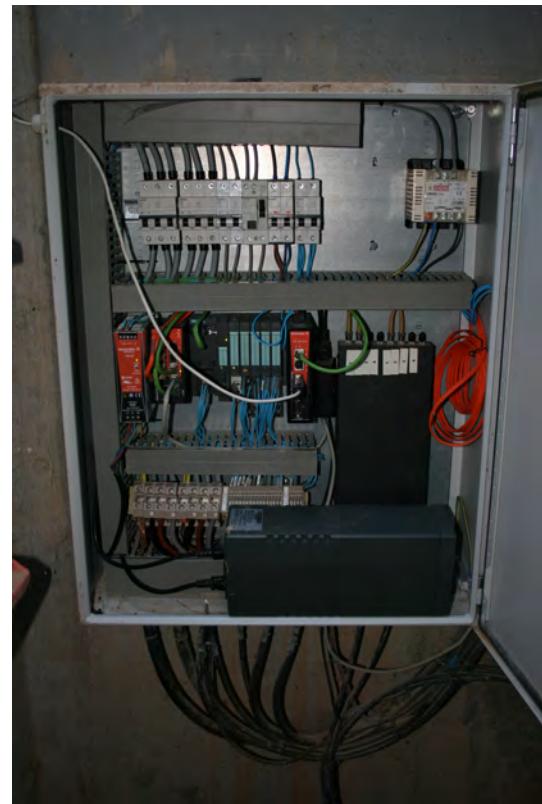


Fig. 8.16 Imagen de armario de control  
de arqueta T3-T4



Fig. 8.17 Imagen de válvula contadora y transductor de presión

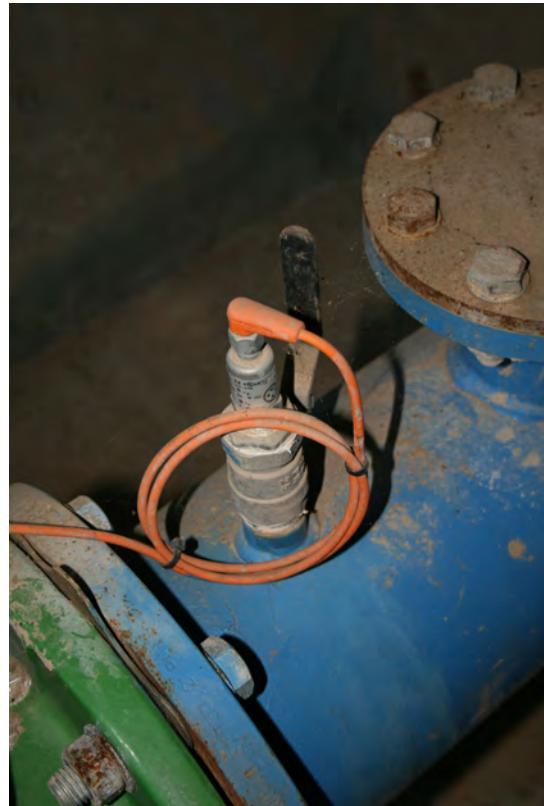


Fig. 8.18 Imagen de transductor de presión

## ESTACIÓN DE BOMBEO



Fig. 8.19 Imagen de válvulas de control de toma y filtro de reja



Fig. 8.20 Imagen de válvulas de entrada y retención de canal



Fig. 8.21 Imagen de compuerta motorizada



Fig. 8.22 Imagen de filtro de reja CMO



Fig. 8.23 Imagen de armario de control de filtro de reja CMO



Fig. 8.24 Secuencia de imágenes de movimiento de limpieza de filtro de reja CMO



Fig. 8.25 Imagen de edificio e instalaciones de estación de bombeo



Fig. 8.25 Imagen de ubicación de grupos electrógenos de instalación. Solo el 3 en servicio.



Fig. 8.26 Imagen de depósito de combustible para grupos electrógenos.



Fig. 8.27 Imagen de interior de estación de bombeo.



Fig. 8.28 Imagen de interior de estación de bombeo.



Fig. 8.29 Imagen de unidad de filtrado en salida STF FMA2000



Fig. 8.30 Imagen de válvula antirretorno, valvula hidráulica antiarriete, caudalímetro de salida y salida de ramal T7.



Fig. 8.31 Imagen de armario de control de limpieza de filtros STF FMA2000.



Fig. 8.32 Imagen de accionamientos mecánicos para limpieza de filtros.



Fig. 8.33 Imagen de válvula motorizada de salida de bombas.



Fig. 8.34 Imagen de unidad de motobomba de impulsión.



Fig. 8.34 Imagen de unidad de filtro autolimpiable STF FMA6000



Fig. 8.35 Imagen de armario de control de filtro STF FMA6000



Fig. 8.36 Imagen de sala de control eléctrica



Fig. 8.37 Imagen de unidades de variadores



Fig. 8.38 Imagen de unidad de variador instalada.



Fig. 8.39 Imagen de frontal de armario eléctrico de potencia y control.



Fig. 8.40 Imagen de módulo de armario de gestión de servicios generales y válvulas de entrada



Fig. 8.41 Imagen de módulo de armario de gestión de bombas 1 y 2, comunicaciones, PLC y pantalla deSCADA-HMI



Fig. 8.42 Imagen de detalle de PLC de control instalado

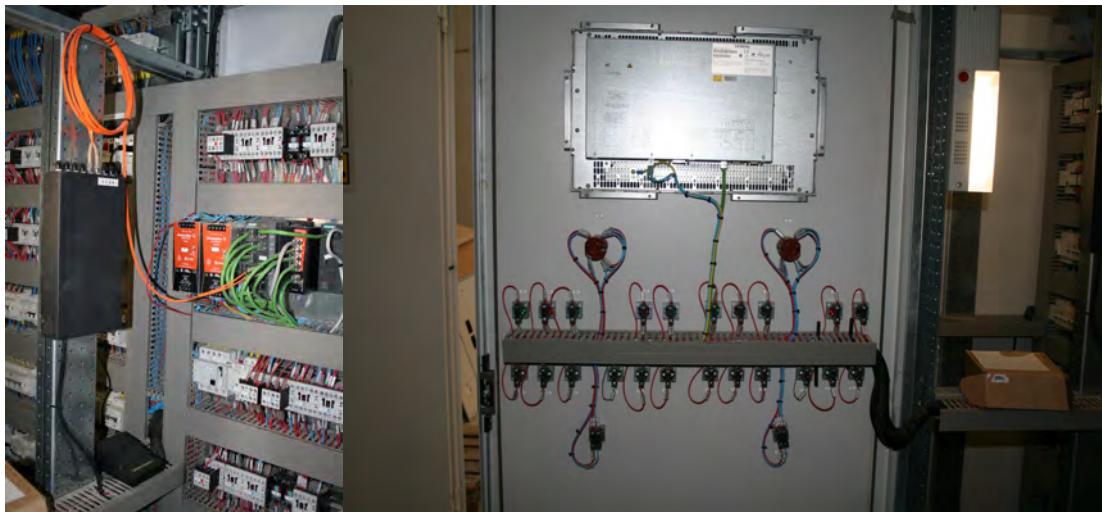


Fig. 8.43 Imagen de detalle de comunicaciones y trasera de PC de SCADA-HMI



Fig. 8.44 Imagen de módulo de armario de gestión de bombas 3 y 4, y PLC



Fig. 8.44 Imagen de módulo de control de potencia de bombas y analizadores de redes individuales por bombas

## UNIDADES DE CAMPO



Fig. 8.45 Imagen de unidad de centralización de riego telecontrolado. Detalle de unidad de telecontrol Aquarson

## 9. TERMINOLOGÍA EMPLEADA

**PLC:** Son las siglas en inglés de “Programmable Logic Controller”. Se trata de una unidad computerizada de carácter industrial que se utiliza para realizar la automatización de procesos electromecánicos.

**DI:** Son las siglas en inglés de “Digital Input”. Se trata de una unidad de tarjeta de ampliación de los sistemas PLC que se utiliza para digitalizar en señal de tipo booleano la presencia de tensión eléctrica en un terminal.

**DO:** Son las siglas en inglés de “Digital Output”. Se trata de una unidad de tarjeta de ampliación de los sistemas PLC que se utiliza realizar un cambio de estado eléctrico en un terminal dependiendo de una señal booleana.

**AI:** Son las siglas en inglés de “Analog Input”. Se trata de una unidad de tarjeta de ampliación de los sistemas PLC que se utiliza para digitalizar en señal de tipo palabra la presencia de tensión o corriente eléctrica entre dos terminales.

**Pt100 o RTD:** Un RTD son las siglas en inglés de “Resistance Temperature Detector) es un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Mantiene un valor de referencia 100 ohms a 0°C y mantiene cierta linealidad en su medición.

**MODBUS:** Es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado por Modicon para su gama de PLC. Establece protocolo de comunicación de lectura o escritura de diferente tipos de datos en función del tipo de llamada realizada. El protocolo permite su puesta en funcionamiento sobre plataformas 232, 485, 422 o Ethernet en protocolo TCP.

**PROFINET:** Es un protocolo de comunicaciones basado en redes Ethernet con estructura propia que garantiza tiempos de reacción de máximo 100ms bajo TCP/IP, 10ms bajo RT (Profinet IO) y 1ms bajo IRT (Profinet IO).

**SWITCH:** Es el dispositivo digital lógico de interconexión de equipos que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red y eliminando la conexión una vez finalizada ésta.

**HMI:** Son las siglas en inglés de “Human Machine Interface”. Se trata de una unidad de visualización para la visualización e interacción con las variables de los sistemas PLC.

**SCADA:** Son las siglas en inglés de “Supervisory Control And Data Acquisition”. Se trata de la aplicación informática desarrollada para editar las funciones de supervisión definidas para una aplicación. Toma los datos de supervisión y control de las unidades de PLC a través de protocolos industriales definidos.



## 10. REFERENCIAS

**Proyecto y Adenda de Modernización del regadío mediante transformación a riego localizado para la Comunidad de Regantes de las Huertas de Fraga, Velilla y Torrente de Cinca (Huesca).** Domingo Gimeno Crespo. 2009

<http://www.cmo.es/es>

<http://www.stf-filtros.com/es/>

<http://www.progea.com/>

<http://www.danfoss.com/spain/businessareas/drivessolutions/>

<http://www.danfoss.com/Spain/BusinessAreas/IndustrialControls/>

<http://www.ifm.com/ifmes/web/home.htm>

<http://www.es.endress.com/es>

<http://www.siemens.com/answers/es/es/#1313660>

<http://www.auma.com/us/>



Solutions for a world in motion

AUMA Riester GmbH & Co. KG

P.O.Box 1362

**D 79373 Muellheim**

Tel +49 7631 809 - 0

Fax +49 7631 809 - 1250

riester@auma.com

[www.auma.com](http://www.auma.com)



Nº de registro del certificado  
12 100/104-4269

Y004.750/007/es/4.12