

ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO EN INGENIERIA ELECTRONICA

“Diseño e implementación del sistema de control automático para el grupo de bombeo P – 301 de la estación Faisanes de Petrocomercial”

JUAN MARCO VILLAGOMEZ CORREA

SANGOLQUI – ECUADOR

2006

CERTIFICACION

Certificamos que el presente proyecto fue realizado por el señor JUAN MARCO VILLAGOMEZ CORREA, como requisito previo para la obtención del título en INGENIERIA ELECTRONICA.

Ing. Hugo Ortiz
DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento es la memoria del corazón.

J.B. Massieu

Agradezco a Dios, fuerza universal que todo lo rige, por permitirme respirar, aprender, crecer, realizarme como persona.

A todos los que, durante años, han creído en mí.

A todos mis mentores, por su tiempo, paciencia y comprensión.

A todos los involucrados directamente en este proyecto, gracias por la oportunidad de conocer y aprender más acerca de los objetivos de esta excelente profesión.

DEDICATORIA

No vayas por donde el camino te lleve. Ve en cambio por donde no hay camino y deja rastro.

Ralph Waldo Emerson

A mi familia, mis padres por permitirme escoger el camino correcto para culminar este objetivo; mi hermana, incomprendido motor creativo de mi imaginación.

Comprenderme, apoyarme, fortalecerme; Verónica, gracias por estar siempre allí.

A mis compañeros, amigos quienes han dedicado un momento de su vida para compartir sus conocimientos conmigo.

PROLOGO

Los requerimientos de eficiencia y flexibilidad para el proceso de bombeo de combustibles hacen imperiosa la implementación de un sistema de control automático en la estación de bombeo Faisanes de Petrocomercial.

Muchas veces, el trabajo de la estación se ve comprometido por la antigüedad de los equipos instalados por cuanto la mayoría de estos no cuentan con repuestos y su reparación implica costos sumamente elevados. La actual lógica de control electromecánica cuenta con un excesivo cableado, lo cual, hace que el sistema sea propenso a inconvenientes.

De los problemas señalados en la estación de bombeo, se ha contemplado la necesidad de diseñar e implementar un sistema de control automático para el grupo de bombeo P – 301 de la estación Faisanes de Petrocomercial. El nuevo sistema de control implica cambiar la lógica de control, lo cual comprende colocar equipos de altas prestaciones con nuevas tecnologías, rediseñar el sistema de cableado, con el fin de tener un mejor funcionamiento de la estación. Este cambio incluye además un sistema de registro de eventos y la posibilidad de tener una visualización en tiempo real del proceso tanto local como remotamente, lo que ayuda a la tomar decisiones apropiadas en momentos de inconvenientes.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA.....	II
PROLOGO.....	III
INDICE GENERAL.....	IV
CAPITULO 1: INTRODUCCION	
1.1. SISTEMAS DE BOMBEO.....	1
1.1.1. Tubería.....	1
1.1.2. Estaciones de bombeo.....	2
1.2. BOMBAS	2
1.2.1. Clasificación de las bombas.....	2
1.2.2. Características de las bombas	3
1.2.2.1.Caudal.....	3
1.2.2.2. Rendimiento volumétrico.....	4
1.2.2.3. Rendimiento mecánico.....	4
1.2.2.4. Rendimiento total o global.....	5
1.2.2.5. Presión de Trabajo.....	6
1.2.2.6. Vida.....	6
1.2.2.7. Carga Neta Positiva de Succión (NPSH).	7
1.2.2.8. Cavitación en las Bombas.....	7
1.3. SISTEMAS DE CONTROL.....	8
1.3.1. Sistema de control en lazo abierto	10
1.3.2. Sistema de control en lazo cerrado	10
1.3.3. Clasificación de sistemas de control	11
1.3.4. Ventajas de los sistemas de control	12
1.4. SISTEMAS SCADA.....	13
1.4.1. Prestaciones.....	15
1.5. INTERFACES DE OPERADOR	16
CAPITULO 2: ESTACION FAISANES	
2.1. GENERALIDADES	18
2.2. DESCRIPCION DE LA ESTACION	18
2.2.1. Descripción de los grupos de bombeo	21

2.3. FUNCIONAMIENTO	27
2.4. ANALISIS DEL SISTEMA DE CONTROL ACTUAL	30
CAPITULO 3: DISEÑO DE HARDWARE DE CONTROL	
3.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL GRUPO DE BOMBEO	34
3.1.1. Generalidades	34
3.1.2. Señales del proceso	36
3.1.2.1. Cuarto de control	37
3.1.2.2. Grupo P – 301	38
3.1.3. Sistema de Control	40
3.2. ESPECIFICACIONES Y SELECCIÓN DE COMPONENTES	41
3.2.1. Especificaciones	41
3.2.2. Selección de componentes	43
3.3. DISEÑO DE HARDWARE	47
3.3.1. Arquitectura	47
3.3.2. Alimentación	48
3.3.3. Instrumentación del grupo de bombeo P – 301	50
CAPITULO 4: DESARROLLO DE SOFTWARE PARA	
CONTROLADORES LOGICOS	
4.1. PROGRAMACION DE LA LOGICA DE CONTROL PARA	
LOS CONTROLADORES LÓGICOS	56
4.1.1. Diagrama de flujo del proceso	56
4.1.2. Software de programación	60
4.1.3. Programación en Concept	62
4.1.4. Programación del controlador del grupo P – 301 (PLC GP-301).	63
4.1.4.1. Configuración	66
4.1.4.2. Comunicación	69
4.1.4.3. Secuencia	75
4.1.4.4. GP-301	79
4.1.4.5. Alarmas	80
4.1.5. Programación del controlador del cuarto de control	
(PLC PRINCIPAL)	81
4.1.5.1. Configuración	83
4.1.5.2. Comunicación	86
4.1.5.3. Equipos GP-301	87

4.2. SIMULACION	91
4.2.1. Simulador	91
4.2.2. Resultados de la simulación.....	94
CAPITULO 5: DESARROLLO DE SOFTWARE HMI	
5.1. HMI PARA EL SISTEMA SCADA.....	95
5.1.1. Software de programación	95
5.1.2. Programación en InTouch	95
5.1.3. Programación del software HMI	98
5.1.3.1. Convenios de visualización.	98
5.1.3.2. Ambiente de la aplicación.....	100
5.1.4. Descripción de las pantallas.....	104
5.1.4.1. Pantalla de Acceso.	104
5.1.4.2. Pantalla Real Time.	105
5.1.4.3. Pantalla Historia.....	106
5.1.4.4. Pantalla Alarmas.....	107
5.1.4.5. Pantalla Estación.	108
5.1.4.6. Pantalla Operación.	114
5.2. HMI PARA LA INTERFAZ DE OPERADOR.....	115
5.2.1. Programación en Vijeo Designer.....	116
5.2.2. Programación del HMI.....	118
5.2.2.1. Convenios de visualización	118
5.2.2.2. Ambiente de la aplicación.....	119
5.2.3. Descripción de las pantallas.....	121
5.2.3.1. Pantalla Operación.	121
5.2.3.2. Pantalla P-301.	123
5.2.3.3. Pantalla Control de Velocidad.	125
5.2.3.4. Pantalla de Tendencias.	126
5.3. SIMULACIÓN	127
5.3.1. Simulación software HMI del sistema SCADA	127
5.3.2. Simulación software HMI de la interfaz de operador	128
CAPITULO 6: IMPLEMENTACION	
6.1. GENERALIDADES	129
6.1.1. Módulos telefast	133

6.2. IMPLEMENTACION DE LOS EQUIPOS EN EL GRUPO DE BOMBEO.....	135
6.2.1. Antecedentes	135
6.2.2. Tablero de control	137
6.2.3. Implementación	139
6.3. IMPLEMENTACION DE LOS EQUIPOS EN EL TABLERO DE CONTROL GENERAL.....	148
CAPITULO 7: PRUEBAS Y RESULTADOS	
7.1. PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS	153
7.2. RESULTADOS	156
CAPITULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
8.1. CONCLUSIONES.....	159
8.2. RECOMENDACIONES	160
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
ANEXO I: PLC GP-301	
ANEXO II: PLC PRINCIPAL	
ANEXO III: PLANOS	
ANEXO IV: MANUAL DE USUARIO	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1. SISTEMAS DE BOMBEO

Los sistemas de bombeo son usados para mover gases, líquidos o sustancias en estado semisólido de un punto inicial a un punto final. Constan de una o más tuberías, estaciones de bombeo (la cantidad de estaciones de bombeo depende de la distancia de la tubería y/o de la situación geográfica) y una o más estaciones terminales.

1.1.1. Tubería

La tubería es un elemento de diferentes materiales que cumplen la función de permitir el transporte de fluidos en forma eficiente. Cuando el fluido transportado es petróleo, se utiliza la denominación específica de oleoducto. También es posible transportar mediante tuberías materiales que, si bien no son un fluido, se adecuan a este método. Entre estos se tiene cemento, hormigón, documentos, etc. Las tuberías se construyen en diversos materiales en función de consideraciones técnicas y económicas. Suele usarse el acero, el polipropileno, el PVC, etc.

1.1.2. Estaciones de bombeo

Una estación de bombeo es una instalación donde se encuentra un dispositivo mecánico instalado a lo largo de la tubería para incrementar la presión y así bombear material a áreas más altas o a grandes distancias. Dentro de los principales componentes de una estación de bombeo se puede destacar bombas, tuberías auxiliares, sistemas de control, sistemas de seguridad, etc.

1.2. BOMBAS

Una bomba es un dispositivo usado para mover líquidos, gases o sustancias en estado semisólido. Existe una infinidad de bombas las cuales tienen distintas funciones, todo depende del tipo de fluido, de la temperatura a la cual se va a transportar y la presión que se soportará.¹

1.2.1. Clasificación de las bombas

Las bombas pueden clasificarse sobre la base de las aplicaciones a la que están destinadas, los materiales con que se construyen, el fluido que mueven y aún su orientación en el espacio. Un sistema básico de clasificación, define primero el principio por el cual se agrega energía al fluido, investiga la identificación del medio por el cual se implementa este principio y finalmente delinea las geometrías específicas comúnmente empleadas. Este sistema se relaciona por lo tanto, con las bombas mismas y no se relaciona con ninguna consideración externa a la bomba o aún con los materiales con que puede estar construida. Bajo este sistema, todas las bombas pueden dividirse en dos grandes categorías:

¹ www.wikipedia.org, *Pump*.
www.wikipedia.org, *Bombas*.

- **Dinámicas.** En las cuales se añade energía continuamente, para incrementar las velocidades de los fluidos dentro de la máquina a valores mayores de los que existen en la descarga, de manera que la subsiguiente reducción en velocidad dentro, o más allá de la bomba, produce un incremento en la presión. Las bombas dinámicas pueden, a su vez, subdividirse en otras variedades de bombas centrífugas y de otros efectos especiales.
- **Desplazamiento.** En las cuales se agrega energía periódicamente mediante la aplicación de fuerza a uno o más límites móviles de un número deseado de volúmenes que contienen un fluido, lo que resulta en un incremento directo en presión hasta el valor requerido para desplazar el fluido a través de válvulas o aberturas en la línea de descarga. Las bombas de desplazamiento se dividen esencialmente en los tipos alternativo y rotatorio, dependiendo de la naturaleza del movimiento de los miembros que producen la presión.

Cada una de estas clasificaciones mayores puede, a su vez, subdividirse en varios tipos específicos de importancia comercial, como se indica en la figura 1.1.

1.2.2. Características de las bombas

1.2.2.1. Caudal.

Es el volumen de líquido que una bomba descarga en una unidad de tiempo (m^3/min , l/s, GPM).

1.2.2.2. Rendimiento volumétrico.

El rendimiento volumétrico de una bomba es el cociente que se obtiene al dividir el caudal de líquido que comprime la bomba y el que teóricamente debería comprimir, conforme a su geometría y a sus dimensiones. Dicho en otros términos, el rendimiento volumétrico expresa las fugas de líquido que hay en la bomba durante el proceso de compresión, fugas que se deben a las holguras existentes en el interior de los componentes de la bomba. El rendimiento volumétrico se ve afectado también por la presión del fluido hidráulico que se transporta y también por la temperatura del mismo.

El rendimiento volumétrico es un factor muy importante de una bomba, pues a partir de él, se puede analizar la capacidad de diseño y el estado de desgaste en que se encuentra una bomba; así, si el rendimiento volumétrico disminuye con una alta tasa de cambio, el desgaste de sus elementos es demasiado alto.

1.2.2.3. Rendimiento mecánico.

El rendimiento mecánico mide las pérdidas de energía mecánica que se producen en una bomba, debidas al rozamiento y a la fricción de los mecanismos internos. Es esencial evitar la fricción y el rozamiento en el interior de la bomba, de tal manera que la energía que se comunica al eje de la bomba se invierta, en el mayor grado posible, en aumentar la presión del líquido y no en vencer rozamientos y fricciones excesivas entre las partes mecánicas de la bomba.

En términos generales se puede afirmar que una bomba de bajo rendimiento mecánico es una bomba de desgaste acelerado, principalmente debido al rozamiento que sufre las partes en movimiento.

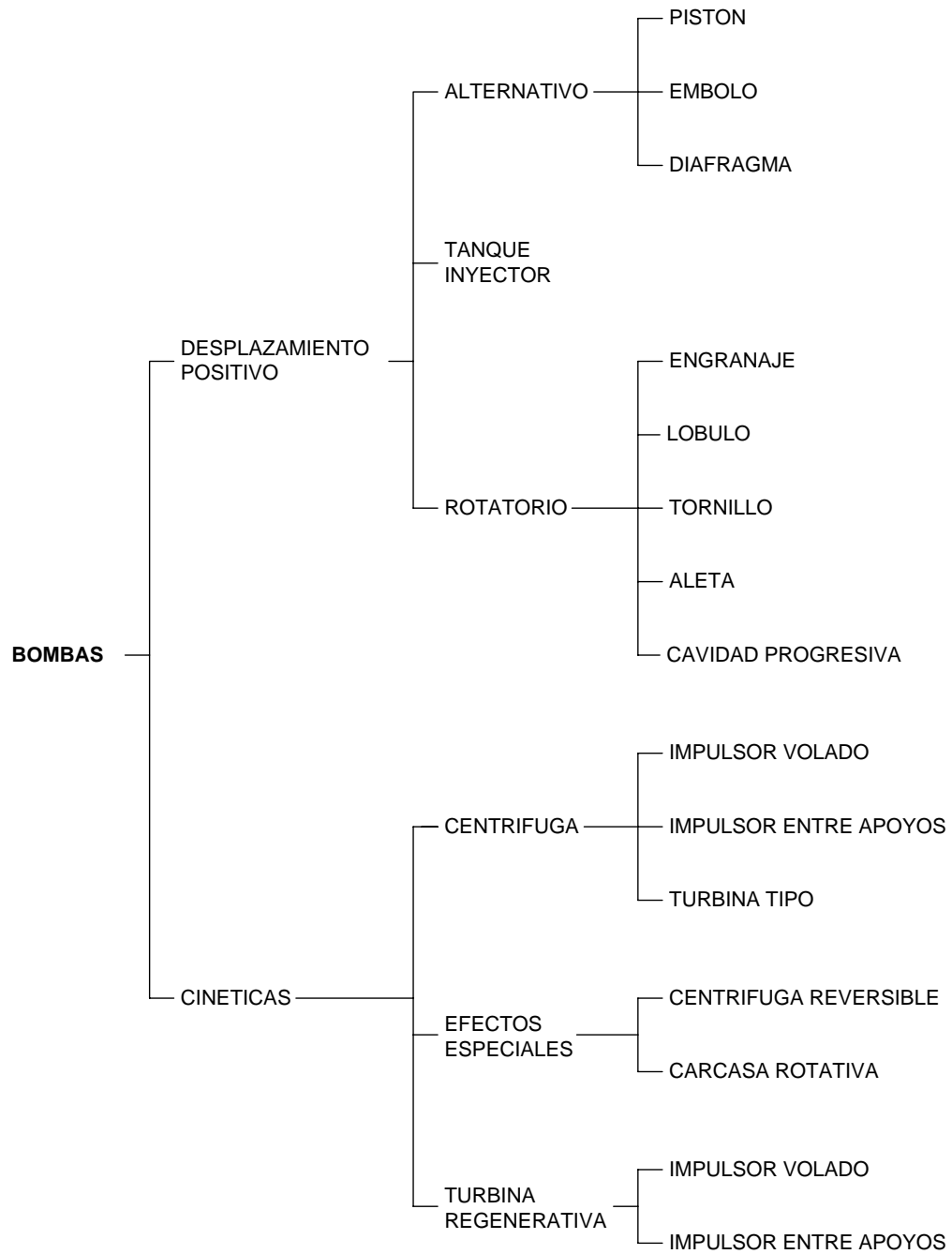


Figura 1.1. Clasificación de las bombas

1.2.2.4. Rendimiento total o global.

El rendimiento total o global es el producto de los rendimientos volumétrico y mecánico. Se llama total porque mide la eficiencia general de la bomba en su función de bombear líquido a presión, con el aporte mínimo de energía al eje de la

bomba. Así pues el rendimiento total se expresa como el consumo de energía necesario para producir la presión hidráulica nominal del sistema.

Este rendimiento volumétrico oscila entre el 80% y el 99% según el tipo de bomba, su construcción y sus tolerancias internas, y según las condiciones específicas de velocidad, presión, viscosidad del fluido, temperatura, etc.

1.2.2.5. Presión de Trabajo.

Todos los fabricantes otorgan a sus bombas un valor denominado presión máxima de trabajo, algunos incluyen las presiones de rotura o la presión máxima intermitente, y otros adjuntan la gráfica de presión / vida de sus bombas. Estos valores los determina el fabricante en función de una duración razonable de la bomba trabajando en condiciones determinadas.

El valor de la presión máxima de trabajo suele calcularse para una vida de 10000 horas; en algunos casos se especifican también las presiones máximas intermitentes o puntales.

1.2.2.6. Vida.

La vida de una bomba viene determinada por el tiempo de trabajo desde el momento en que se instala hasta el momento en que su rendimiento volumétrico haya disminuido hasta un valor inaceptable, sin embargo este punto difiere mucho en función de la aplicación. La vida de una bomba también varía considerablemente en función del nivel de contaminación del fluido con el que se esta trabajando.

1.2.2.7. Carga Neta Positiva de Succión (NPSH).

Todas las bombas requieren determinada carga neta positiva de succión NPSH, para permitir que el líquido fluya a la carcasa de la bomba. Este valor lo determina el diseñador de bombas y se basa en la velocidad de rotación, la superficie de admisión o el ojo del impulsor de una bomba centrífuga, el tipo y número de alabes en el impulsor, etc.

En una bomba dada, de dimensiones fijas, se requiere más NPSH con altos volúmenes de flujo. Sin embargo, cuando se reduce el flujo y se aproxima a cero, empieza a aumentar la NPSH requerida. El aumento en la NPSH en estas condiciones se explica porque la bomba funciona en condiciones fuera de diseño, lo cual disminuye mucho la eficiencia y se nota por un funcionamiento ruidoso o aumento excesivo de temperatura con flujos bajo o mínimo.

Cuando una bomba no cuenta con suficiente NPSH disponible en el sistema en que va a funcionar, se reducirá su capacidad a menos de la del diseño. Dicho en otra forma, en el punto de capacidad requerida la bomba producirá menos carga que la calculada. Este fenómeno se llama cavitación y lo ocasionan las pérdidas excesivas de NPSH en la entrada al impulsor de la bomba.

1.2.2.8. Cavitación en las Bombas.

Puede definirse como el proceso consistente de dos etapas:

- Formación de cavidades o burbujas en un líquido como resultado de una reducción de presión por debajo de un valor crítico (Presión de Vapor)².

² La presión de vapor es la presión a la que a cada temperatura la fase líquida y de vapor se encuentran en equilibrio; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas. En la situación de equilibrio, las fases reciben la denominación de líquido saturado y vapor saturado.

- El subsiguiente colapso o implosión de estas cavidades o burbujas cuando la presión del líquido sube a un valor mayor que la presión de vapor.

Así la cavitación es el fenómeno de formación de vapor que se produce cuando un líquido fluye por regiones donde, a causa de las altas velocidades de flujo, la presión estática absoluta es menor que la presión del vapor correspondiente a la temperatura del líquido. Si las burbujas alcanzan posteriormente zonas de mayor presión que la presión de vapor entonces colapsan violentamente, originando serios problemas hidráulicos y mecánicos en los aparatos y máquinas donde ocurre este fenómeno.

La cavitación de la bomba se nota cuando hay una o más de las siguientes señales: ruido, vibración, caída en las curvas de capacidad de carga y eficiencia y, con el paso del tiempo, por los daños en el impulsor por picadura y erosión. También puede ocurrir cavitación de tipo local cuando el flujo encuentra alguna obstrucción, por ejemplo una rugosidad de la superficie que produzca una distribución desigual de la velocidad y, por tanto de la presión estática.

Aunque la cavitación en sí no significa un desperfecto en la bomba, pues la bomba puede funcionar de vez en cuando con cavitación, con mínimos daños, no se la debe permitir en un buen diseño de un sistema de bombeo.³

1.3. SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema de control es aquel en el que la salida del sistema se controla para tener un valor específico o cambiarlo, según lo determina la entrada al sistema.

³ MC NAUGHTON, Kenneth, *Bombas: Selección, uso y mantenimiento*, Editorial Mc Graw – Hill, 1990.

Se puede pensar en un sistema de control como una caja negra debido a que en realidad no es importante que tiene dentro, sino la relación entre la salida y la entrada.

Los seres humanos no son los únicos creadores de los sistemas controlados automáticamente, estos sistemas también existen en la naturaleza. Dentro de sus propios cuerpos hay numerosos sistemas de control, como el páncreas, que regula la cantidad de azúcar en la sangre; en ciertas situaciones nuestra adrenalina aumenta junto con nuestro ritmo cardiaco, llevando más oxígeno a sus células, etc.

Los componentes básicos de un sistema de control se describen mediante la siguiente figura:

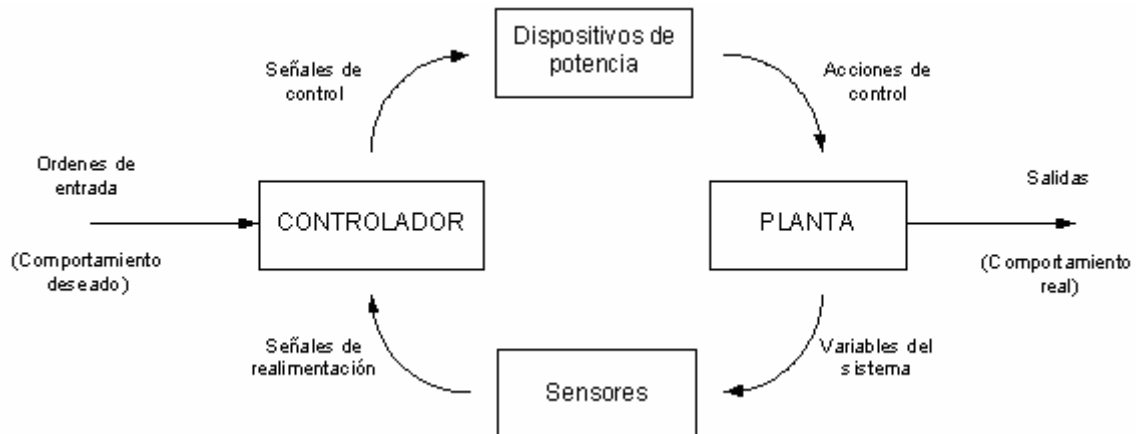


Figura 1.2. Componentes básicos de un sistema de control

En la figura 1.2 se muestra un bloque básico de un sistema de control con realimentación. El término planta o proceso se utiliza normalmente para describir la parte del sistema que se controla. La parte de la planta generalmente muestra las propiedades inherentes que no se pueden alterar por el diseñador y se caracteriza típicamente como dinámica y continua. Las acciones de la planta son dinámicas en el sentido que existe almacenamiento de energía dentro de la planta

y el comportamiento (tal como se observa en un instante de tiempo) es dependiente de las excitaciones pasadas y presentes. Aunque las variables de la planta se pueden muestrear a intervalos de tiempo discretos, las variables de la planta son típicamente observables como señales continuas.

1.3.1. Sistema de control en lazo abierto (Sistemas no realimentado)



Figura 1.3. Sistema de control en lazo abierto

Un sistema básico de control en lazo abierto se indica en la figura 1.3. Los elementos de un sistema de control avanzado de este tipo se pueden dividir en dos partes: el controlador y el proceso controlado (planta). Una señal de entrada o comando se aplica al controlador, cuya salida actúa como señal actuante; la señal actuante controla el proceso de tal forma que la variable controlada se desempeñe de acuerdo con estándares preestablecidos. En los casos simples, el controlador puede ser un amplificador, unión mecánica, filtro u otro elemento de control. En los casos más complejos el controlador puede ser una computadora, o un controlador lógico programable (PLC). Debido a la simplicidad y economía de los sistemas de control en lazo abierto, se les encuentra en muchas aplicaciones no críticas.

1.3.2. Sistema de control en lazo cerrado (Sistemas de control realimentado)

Lo que hace falta en el sistema de control en lazo abierto para que sea más exacto y más adaptable es una conexión o realimentación desde la salida hacia la entrada del sistema (figura 1.4). Para obtener un control más exacto, la señal controlada debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, y se

debe enviar una señal actuante proporcional a la diferencia de la entrada y la salida a través del sistema para corregir el error. Un sistema con una o más trayectorias de realimentación como el que se acaba de describir se denomina sistema en lazo cerrado.⁴

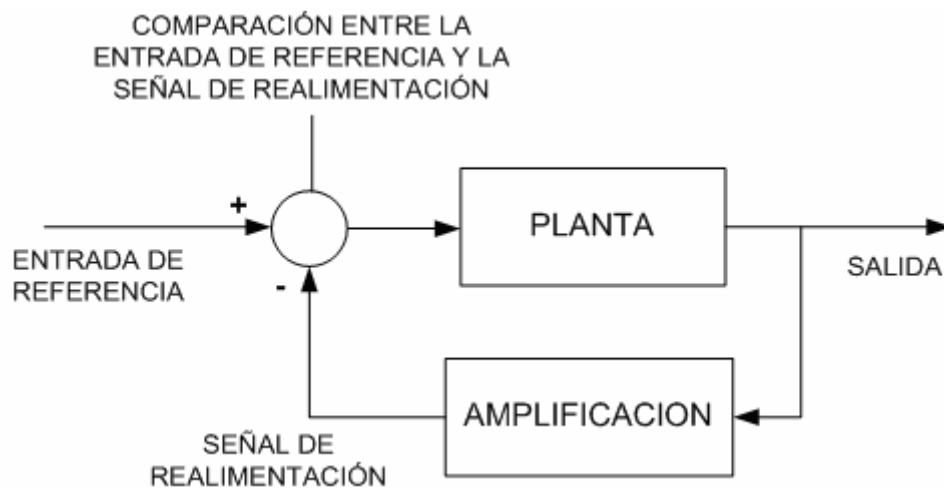


Figura 1.4. Sistema de control en lazo cerrado

1.3.3. Clasificación de sistemas de control

Hay varias clasificaciones dentro de los sistemas de control. Atendiendo a su naturaleza son analógicos, digitales o mixtos; atendiendo a su estructura (número de entradas y salidas) puede ser control clásico o control moderno; atendiendo a su diseño pueden ser por lógica difusa, redes neuronales. Los principales tipos de sistemas de control son:

- **ON/OFF.** En este sistema el controlador enciende o apaga la entrada y es utilizado, por ejemplo, en el alumbrado público, ya que éste se enciende cuando la luz ambiental es más baja que un predestinado nivel de luminosidad.

⁴ NISE, Norman, *Sistemas de control para ingeniería*, Tercera edición, Editorial C.E.C.S.A., 2002.

- **Proporcional (P).** En este sistema la amplitud de la señal de entrada al sistema afecta directamente la salida, ya no es solamente un nivel predestinado sino toda la gama de niveles de entrada. Algunos sistemas automáticos de iluminación utilizan un sistema proporcional para determinar con que intensidad encender lámparas dependiendo directamente de la luminosidad ambiental.
- **Proporcional derivativo (PD).** En este sistema, la velocidad de cambio de la señal de entrada se utiliza para determinar el factor de amplificación, calculando la derivada de la señal.
- **Proporcional integral (PI).** Este sistema es similar al anterior, solo que la señal se integra en vez de derivarse.
- **Proporcional integral derivativo (PID).** Este sistema combina los dos anteriores tipos.
- **Redes neuronales.** Este sistema modela el proceso de aprendizaje del cerebro humano para aprender a controlar la señal de salida.⁵

1.3.4. Ventajas de los sistemas de control

Con sistemas de control se pueden realizar actividad que de otra forma serian imposibles. Básicamente se construyen sistemas de control por cuatro razones:

⁵ www.wikipedia.org, *Electrónica de control*.

- Amplificación de potencia
- Control remoto
- Comodidad de forma de entrada
- Compensación por perturbaciones

Por ejemplo, una antena de radar, colocada en su posición por medio de la rotación a baja potencia de una perrilla en la entrada, requiere una gran cantidad de potencia para su rotación en la salida. Un sistema de control puede producir la amplificación de potencia necesaria para esta operación

Los robots diseñados por medio de los principios de los sistemas de control pueden compensar la discapacidad humana. Los sistemas de control también son útiles en lugares remotos o peligrosos. Por ejemplo, se puede usar un brazo de robot a control remoto para recoger material en un ambiente radiactivo.

También se pueden usar sistemas de control para comodidad para cambiar la forma de la entrada. Si existe una perturbación, el sistema de control compensa para obtener una salida exacta.

1.4. SISTEMAS SCADA

SCADA viene de las siglas de Supervisory Control And Data Acquisition, lo que en español significa adquisición de datos y control supervisorio. Se trata de una

aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre computadores en el control de procesos, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores lógicos programables, autómatas programables, etc.) y control del proceso de forma automática desde la pantalla del computador. Además, provee toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel (operador) como de otros dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

En este tipo de sistemas comúnmente existe un computador, que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos mediante un HMI (Human Machine Interface o Interfaz hombre-máquina).

Un sistema SCADA debe cumplir varios objetivos para que su instalación sea perfectamente aprovechada:

- Debe ser un sistema de arquitectura abierta, capaz de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Debe comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario, con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Debe ser un programa sencillo de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, fáciles de utilizar y con interfaces amigables con el usuario.

1.4.1. Prestaciones

Un paquete SCADA debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del computador.

Con estas prestaciones se pueden desarrollar aplicaciones para computadores con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco e impresora, etc.

Además, todas estas acciones se llevan a cabo mediante un paquete de funciones que incluye zonas de programación en un lenguaje de uso general, lo cual confiere una potencia muy elevada y una gran versatilidad. Algunos SCADA ofrecen librerías de funciones para lenguajes de uso general que permiten

personalizar de manera muy amplia la aplicación que desee realizarse con dicho SCADA.⁶

1.5. INTERFACES DE OPERADOR

La interfaz de operador es el medio por el cual el operador interactúa con una máquina, dispositivo o alguna otra herramienta compleja. Esta proporciona los medios de entrada, permitiendo que el operador controle el sistema, y salida, permitiendo que el sistema informe al usuario (conocido también como retroalimentación o feedback). Para trabajar con un sistema, los usuarios necesitan poder controlar el sistema y evaluar el estado del mismo. El término interfaz de operador se usa a menudo en el contexto de sistemas de computación (SCADA) y dispositivos electrónicos.

La interfaz de operador para un sistema de computación de un proceso mecánico, un vehículo o una instalación industrial se llama interfaz hombre-máquina (HMI), mientras que existe otro tipo de interfaz de operador, denominadas terminales de operador.

Una terminal de operador es un dispositivo electrónico que cumple las mismas funciones (controlar el proceso y obtener datos en una pantalla) que un sistema SCADA en un dispositivo autónomo ubicado generalmente en el mismo sitio del proceso.

Estas terminales de operador son sistemas que están compuestos de una pantalla y teclas de navegación, los cuales se suprimen cuando el dispositivo

⁶ www.automatas.org, SCADA.
www.wikipedia.org, SCADA.

cuenta con una pantalla táctil. Estas terminales se utilizan comúnmente para un control in situ del proceso.⁷

⁷ www.wikipedia.org, *User interface*.

CAPITULO 2

ESTACION FAISANES

2.1. GENERALIDADES

La estación Faisanes es una estación de bombeo que compone el sistema de oleoducto Esmeraldas – Quito, se encuentra ubicada aproximadamente a 1.320 metros sobre el nivel del mar y a 90 Km. de la ciudad de Quito. El sistema de oleoducto Esmeraldas – Quito comprende cuatro estaciones de bombeo localizadas en Esmeraldas, Santo Domingo, Faisanes y Corazón, y dos estaciones terminales, localizadas en la Estación de Santo Domingo y en el Beaterio (Quito). El oleoducto, con una longitud total de aproximadamente 250 Km., se origina en el punto próximo a la refinería de Esmeraldas y finaliza en la terminal el Beaterio localizada al sur de Quito. La parte del oleoducto que va desde Esmeraldas a Santo Domingo tiene un diámetro nominal de 14 pulgadas y una longitud de aproximadamente 160 Km. mientras que la siguiente parte, entre Santo Domingo y el Beaterio, tiene un diámetro nominal de 12 pulgadas y una longitud de 90 Km. aproximadamente.

2.2. DESCRIPCION DE LA ESTACION

La estación Faisanes tiene grupos de bombeo para la línea principal, tuberías auxiliares, válvulas (figura 2.1), edificio de control y sistemas auxiliares.



Figura 2.1. Tuberías auxiliares y válvulas de la estación Faisanes

Entre los principales sistemas auxiliares con los que consta la estación se tienen:

- **Sistema de detección de interfase.** Sistema que permite detectar que líquido se transporta por el oleoducto.

- **Sistema de Alivio.** Es el sistema encargado de proteger a la estación de todas las sobre – presiones que ocurran. Este sistema consta de las siguiente válvulas:
 - Válvulas de alivio de sobre presión de entrada (calibradas a 275 PSI) (figura 2.2).

 - Válvulas de desfogue de presión de salida (calibradas a 1400 PSI)

- Válvulas de retención sobre el oleoducto principal entra las líneas de succión y descarga.



ITEM	DESCRIPCION
1	OLEODUCTO (ENTRADA ESTACION)
2	VALVULAS DE ALIVIO DE INGRESO A LA ESTACION

Figura 2.2. Válvulas de alivio de sobre presión de entrada

- **Sistema de Combustible.** Es el encargado de proporcionar el diesel a los grupos de bombeo.
- **Sistema de distribución de energía.** Es el sistema que se encarga de abastecer de energía a la estación.

- **Sistema de protección catódica.** Este sistema está diseñado para proteger toda la tubería enterrada de la estación así como los tanques.

2.2.1. Descripción de los grupos de bombeo

La estación cuenta con tres grupos de bombeo impulsados a diesel para la línea principal, como se indica en la figura 2.3, los cuales están formados por dos primarios y uno de repuesto alineados para operaciones en serie, etiquetados P – 301, P – 302 y P – 303 respectivamente.

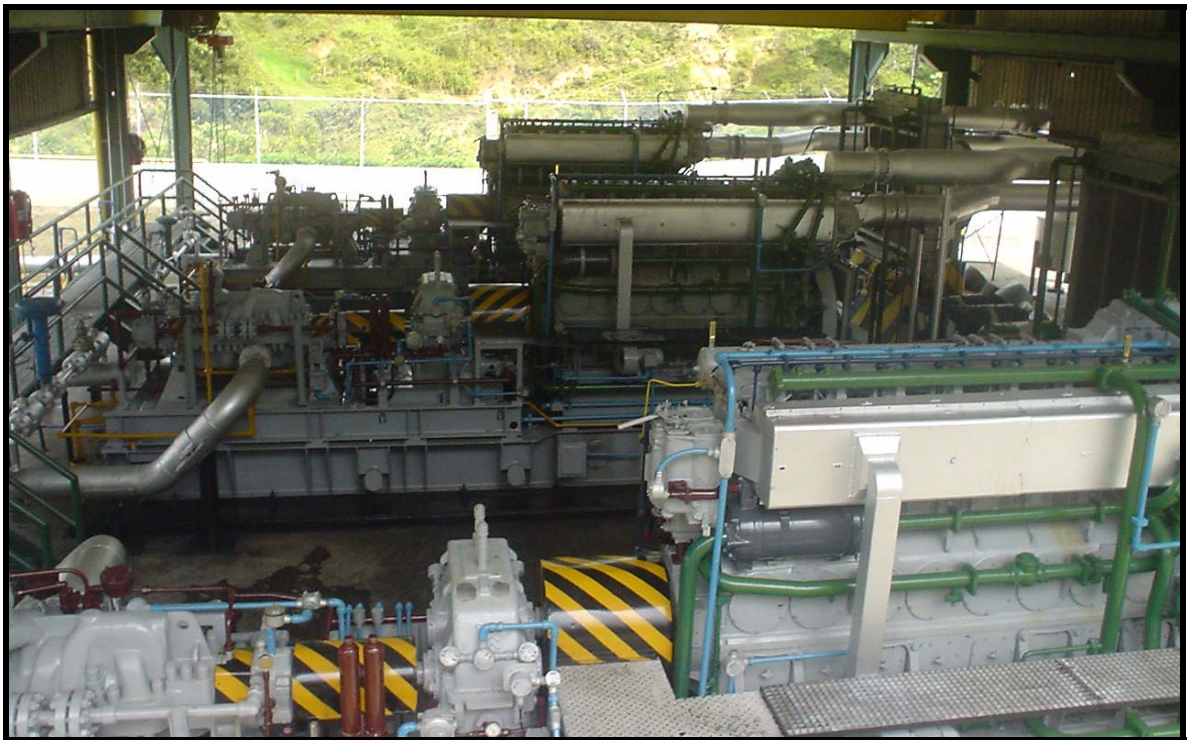
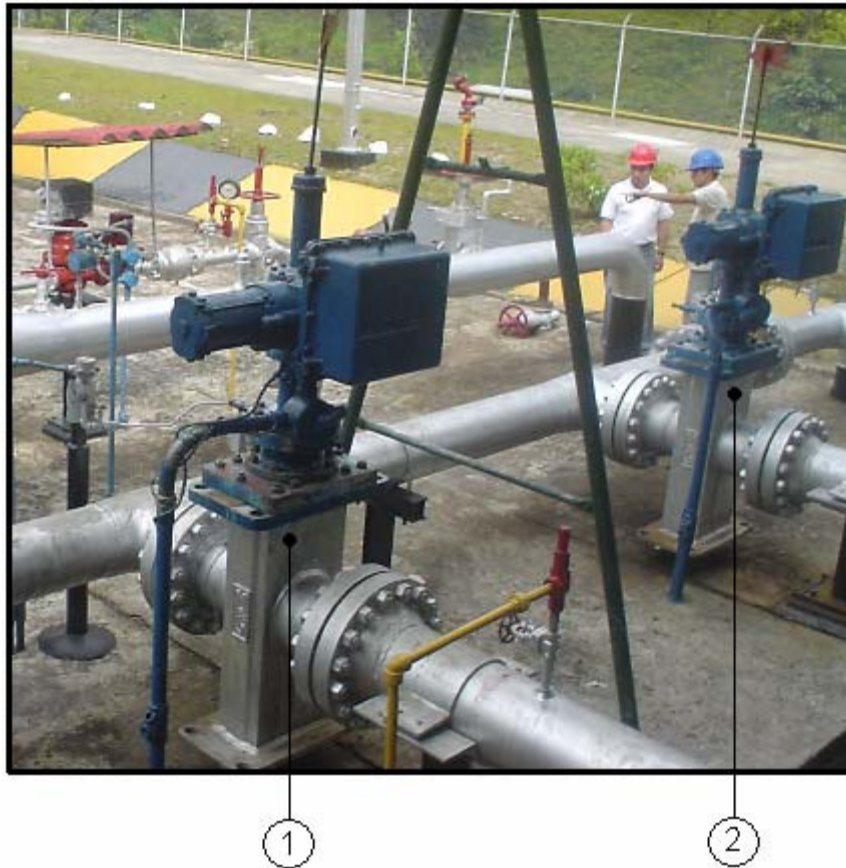


Figura 2.3. Grupos de bombeo de la estación Faisanes

Cada grupo tiene una válvula de compuerta accionada a motor sobre la línea de succión, una válvula motorizada de compuerta sobre la línea de descarga, como se muestra en la figura 2.4, y una válvula de recirculación de combustible (figura 2.5).



ITEM	DESCRIPCION
1	VALVULA DE DESCARGA GRUPO P - 301
2	VALVULA DE SUCCION GRUPO P - 301

Figura 2.4. Válvulas de succión y descarga



Figura 2.5. Válvula de recirculación de combustible

Estos grupos cuentan con una bomba Guinard de 5 etapas (figura 2.6), Modelo DVMX 4*6*10C con una capacidad de diseño de 1710 GPM (388 m³/h) a una presión de descarga de 1777 PSI. Estas bombas son del tipo de cámara dual con conexiones de descarga de 4 y 6 pulgadas ANSI 900. Los cojinetes requieren de lubricación forzada. Los acoplamientos son de tipo engranaje con separadores. Los sellos mecánicos son del tipo de resorte múltiple Flexiblok RRNCB 90 SB BSTML. Cada una de ellas cuenta con dos conmutadores de vibración RobertShaw modelo 365-A7.



Figura 2.6. Bomba del grupo P – 302

Cada bomba está activada por un motor a diesel de la Mtoeren-Werke Mannheim (MWM) Modelo TBD 440-8K, el cual se muestra en la figura 2.7. La

bomba y el motor de diesel esta conectados a través de una caja de velocidad (multiplicador). Este motor diesel de 8 cilindros en línea es turbo cargado y esta calibrado para rendir 1200 HP a 900 RPM a una altura de 1.400 m. y a 18 °C de temperatura.



Figura 2.7. Motor del grupo P – 303

La circulación forzada de aceite de lubricación y el enfriamiento de los pistones se consigue por medio de una bomba de engranaje dual. También esta dotada de una bomba de prelubricación accionada por un motor eléctrico de 1.5 HP. Además cuenta con un motor de 20 HP que mueve el ventilador (figura 2.8).

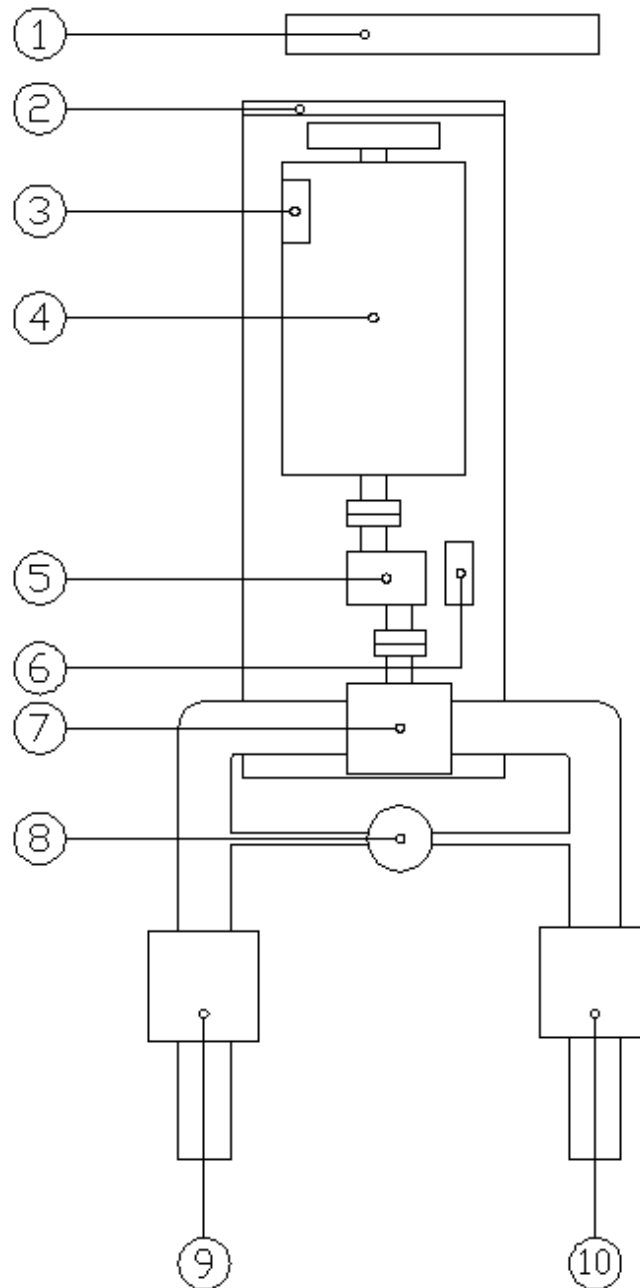
El aceite que lubrica la caja de velocidades circula gracias a una bomba activada por un motor eléctrico de 3 HP y es enfriado por el combustible diesel entrante mediante una carcasa y un tubo intercambiador. El combustible pasa a través del lado del tubo y el aceite lubricante a través de la carcasa.



Figura 2.8. Radiador del grupo P – 303

Los motores diesel son arrancados con aire comprimido. El sistema de arrancado por aire consiste de dos motores eléctricos de 15 HP que impulsan los compresores WP 100 tipo L y dos botellones de almacenamiento de aire comprimido montados sobre estantes. Cada compresor es de dos cilindros y dos etapas. La presión de operación máxima es de 427 PSI.

La figura 2.9 muestra la ubicación de los diferentes elementos dentro de un grupo de bombeo.



ITEM	DESCRIPCION
1	VENTILADOR
2	TABLERO DE CONTROL SISTEMA AIRE
3	BOMBA DE PRELUBRICACION MOTOR
4	MOTOR
5	CAJA DE VELOCIDAD (MULTIPLICADOR)
6	BOMBA DE LUBRICACION MULTIPLICADOR
7	BOMBA
8	VALVULA DE RECIRCULACION
9	VALVULA DE SUCCION
10	VALVULA DE DESCARGA

Figura 2.9. Descripción de los elementos de un grupo de bombeo

2.3. FUNCIONAMIENTO

La operación de la estación Faisanes está diseñada para utilizar dos grupos de bombeo simultáneamente. Pero, si fuera necesario, los tres grupos pueden ser operados simultáneamente. La presión de ingreso generalmente de la estación oscila entre los 100 PSI y los 120 PSI (con una máxima actual de 150 PSI) mientras que la presión de salida se encuentra entre los 1200 PSI a 1400 PSI (con una máxima actual de 1600 PSI); para lograr esta presión en la salida en la estación, cada grupo aporta con una elevación de presión considerable.

Para la operación óptima de la estación se deben seguir ciertos pasos previos al arranque de los grupos. Estos pasos son:

- Examinar la disposición de las válvulas de la estación.
- Revisar el estado de las alarmas para asegurar que todas ellas están en condiciones de funcionar.
- Colocar el conmutador selector de la bomba de aceite de lubricación de la caja de engranajes de velocidad (multiplicador) en la posición "Auto" al igual que el conmutador selector del ventilador.
- Abrir la válvula de succión del grupo deseado, ya sea localmente o desde el tablero de control. La válvula de descarga del grupo debe encontrarse cerrada.

- La válvula de recirculación de flujo en cada grupo debe estar abierta para las condiciones de no flujo o bajo flujo.

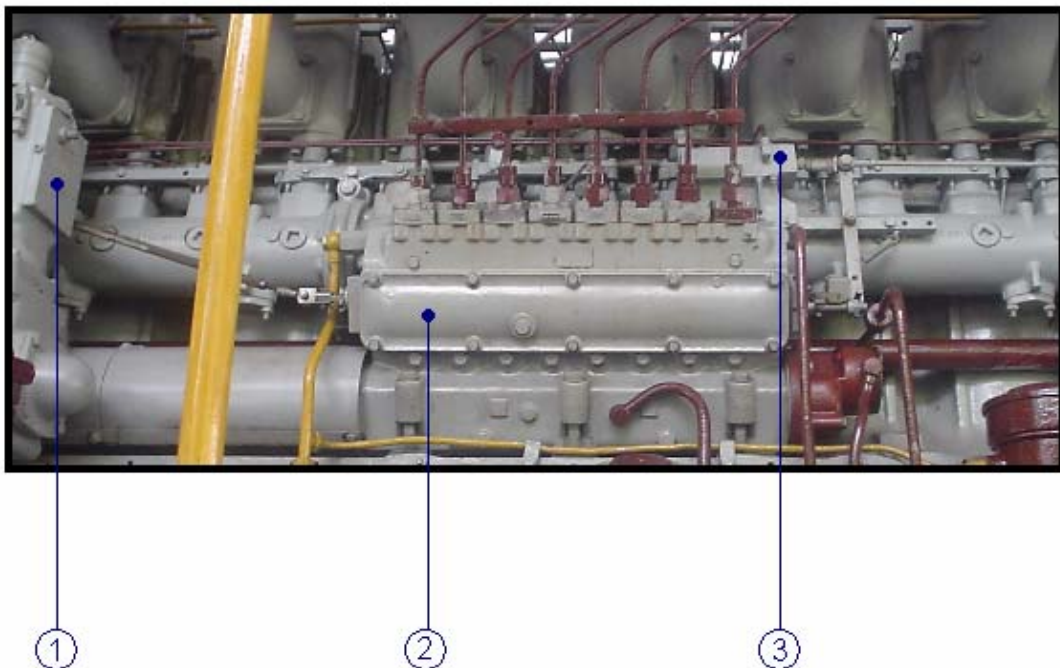
En caso de se cumpla con los requerimientos anteriores, para arrancar un grupo se debe presionar el botón de arranque desde el tablero local o desde el tablero de control. Una vez arrancado el grupo, lo siguiente deberá ocurrir:

- Las solenoides de arranque, carga y parada deben estar energizadas.
- El flujo y la presión de aceite de lubricación de la caja de velocidades (multiplicador) deben llegar a la normalidad dentro de 10 segundos.
- La presión de lubricación del motor debe llegar a la normalidad dentro de 10 segundos después de que se alcanzo la velocidad de relantín¹.
- La presión de succión debe subir dentro de los primeros 10 segundos.
- La solenoide de arranque se desenergiza cuando el motor a llegado a la velocidad de relantín.
- La máquina debe arrancar dentro de 30 segundos. En caso de no hacerlo, esta se apagará para proteger al motor.

¹ Velocidad de relantín, conocida también como marcha mínima del motor, es la velocidad mínima en la que se encuentra un motor gracias a una pequeña abertura de admisión de combustible que se utiliza para que el motor no se apague.

Una vez que el motor arranca, se encuentra en velocidad de relantín listo para ingresar carga (combustible, en este caso diesel). Previo al ingreso de carga, la válvula de descarga del grupo debe ser abierta. Una vez ingresada la carga, la válvula de recirculación de combustible se cierra y así empieza el proceso de bombeo.

El operador, desde el tablero de control, puede variar la velocidad del motor, con lo que producirá un aumento de presión a la salida del grupo, y así obtener las presiones de trabajo de la estación. La regulación de la velocidad se produce mediante una señal analógica que ingresa en el governor, el cual regula la bomba de inyección de combustible (figura 2.10), provocando el aumento o disminución de la velocidad del motor.



ITEM	DESCRIPCION
1	GOVERNOR
2	BOMBA DE INYECCION DE COMBUSTIBLE
3	PISTON DE PARADA

Figura 2.10. Sistema de inyección de combustible

Para la parada de operaciones normal se debe primero llevar al motor a velocidad de relantín, se procede a abrir la válvula de recirculación de combustible y a cerrar la válvula de descarga. Una vez realizado este proceso, se procede a apagar el motor. Físicamente, la parada del motor se produce a través del pistón de parada del sistema de inyección de combustible (figura 2.10), el cual corta el suministro de diesel al motor.

2.4. ANALISIS DEL SISTEMA DE CONTROL ACTUAL

El sistema de control actual de la estación está diseñado para permitir el control tanto manual como semi-automático del proceso de bombeo. Los grupos de bombeo cuentan con un sistema de control que permite un manejo tanto manual como semi-automático del motor y la bomba, mientras que para el control de las válvulas motorizadas se cuenta con un control manual únicamente.

En cada grupo de bombeo el sistema de control satisface las siguientes necesidades:

- Limita la carga del motor.
- Permite el control local de la velocidad del motor (en el tablero de control).
- Controla una multitud de parámetros tales como temperaturas, presiones, vibraciones.

- Una vez detectada una condición problemática, desconecta el motor y alarma sobre estos parámetros cuando ellos exceden los límites pre-establecidos.
- Permite el arranque o la parada del grupo de bombeo manualmente.

Para satisfacer las necesidades antes mencionadas, los grupos de bombeo operan en un esquema de control ON/OFF, utilizando la velocidad del motor para el control de la presión de cada grupo.

En este esquema, todos los parámetros de control tienen el potencial de controlar el motor. Si todos los parámetros están dentro de los límites, entonces el motor esta controlado por la interacción del operador mediante el tablero de control, en caso de que algún parámetro este fuera de los límites, el motor se apagará automáticamente.

Dentro de los principales parámetros que gobiernan el funcionamiento del motor se tienen:

- Velocidad.
- Presión y flujo de aceite de la caja de velocidades (multiplicador).
- Presión de aceite de lubricación del motor.

- Temperaturas del motor y caja de velocidades (multiplicador).
- Presión de succión del grupo.
- Presión de descarga del grupo.
- Vibración de la bomba.
- Funcionamiento de la bomba de lubricación de la caja de velocidades y del radiador.

Casi la totalidad de parámetros de control del grupo son de tipo discreto, funcionando con sensores ON/OFF ubicados en el grupo de bombeo y utilizando relés para el control los cuales se encuentran ubicados en el tablero de control.

El sistema de control funciona a 110 VAC con la utilización de muchos relés, como se observa en la figura 2.11, los cuales se encuentran en el tablero del cuarto de control (figura 2.12) y están conectados a los sensores ubicados en el grupo de bombeo, provocando así un cableado excesivo. Además, debido a que la construcción de la estación data de mediados de los años 70, los elementos utilizados para el control se encuentran discontinuados, y, debido a su antigüedad, la mayoría no cuentan con repuestos y su reparación implica costos sumamente elevados.²

² CORPORACION ESTATAL PRETOLERA ECUATORIANA, *Manual de operación Poliducto Esmeraldas a Quito*, 1980.



Figura 2.11. Relés ubicados en el interior del tablero de control

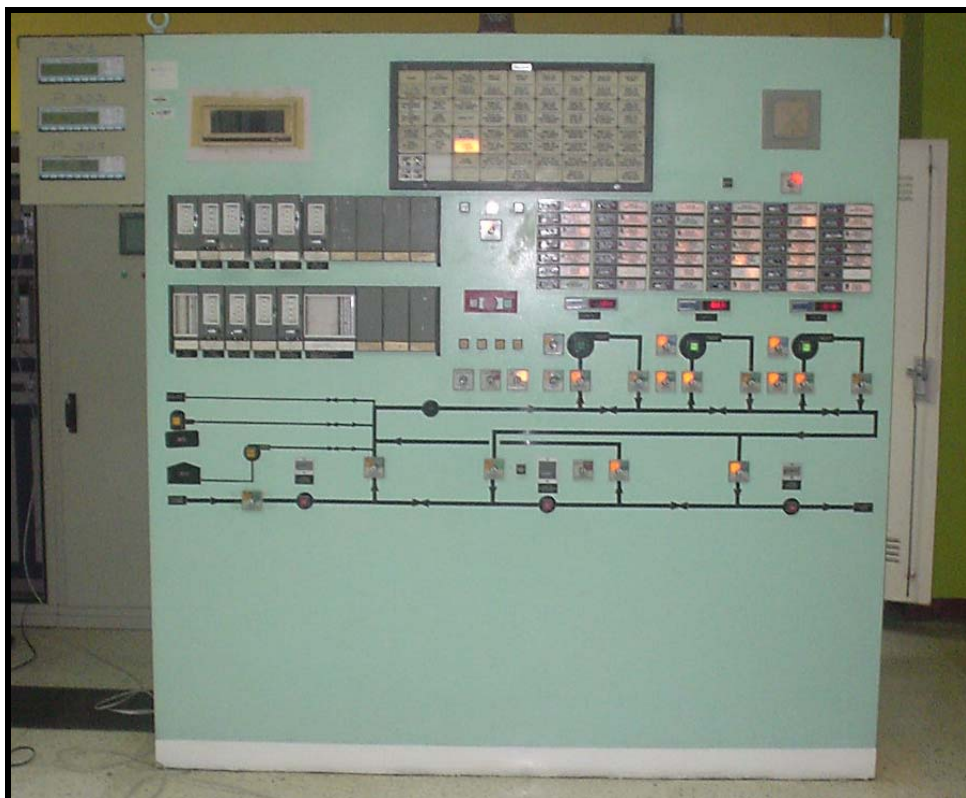


Figura 2.12. Tablero de control de los grupos de bombeo

CAPITULO 3

DISEÑO DEL HARDWARE DE CONTROL

3.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL GRUPO DE BOMBEO

3.1.1. Generalidades

La estación Faisanes se encuentra conformada por dos partes principales que son el cuarto de control y los grupos de bombeo, las cuales se muestran en la figura 3.1.

Dentro del cuarto de control se encuentran elementos como controladores de motores auxiliares de los grupos, controladores de válvulas motorizadas, controladores de algunos sistemas auxiliares y el tablero de control original.

En la parte de los grupos de bombeo, se encuentran los tres grupos de bombeo con sus correspondientes elementos de control.

El proyecto abarca la implementación de un sistema de control para el grupo P – 301, razón por la cual se plantea la ubicación de un tablero de control en el mismo. Además, se debe ubicar un nuevo tablero de control en el cuarto de control (figura 3.2), con el fin de manejar los elementos pertenecientes al grupo P – 301 que allí se encuentran. El tablero de control original se debe mantener ya

que en el se encuentran los elementos de operación para los grupo P – 302 y P – 303.

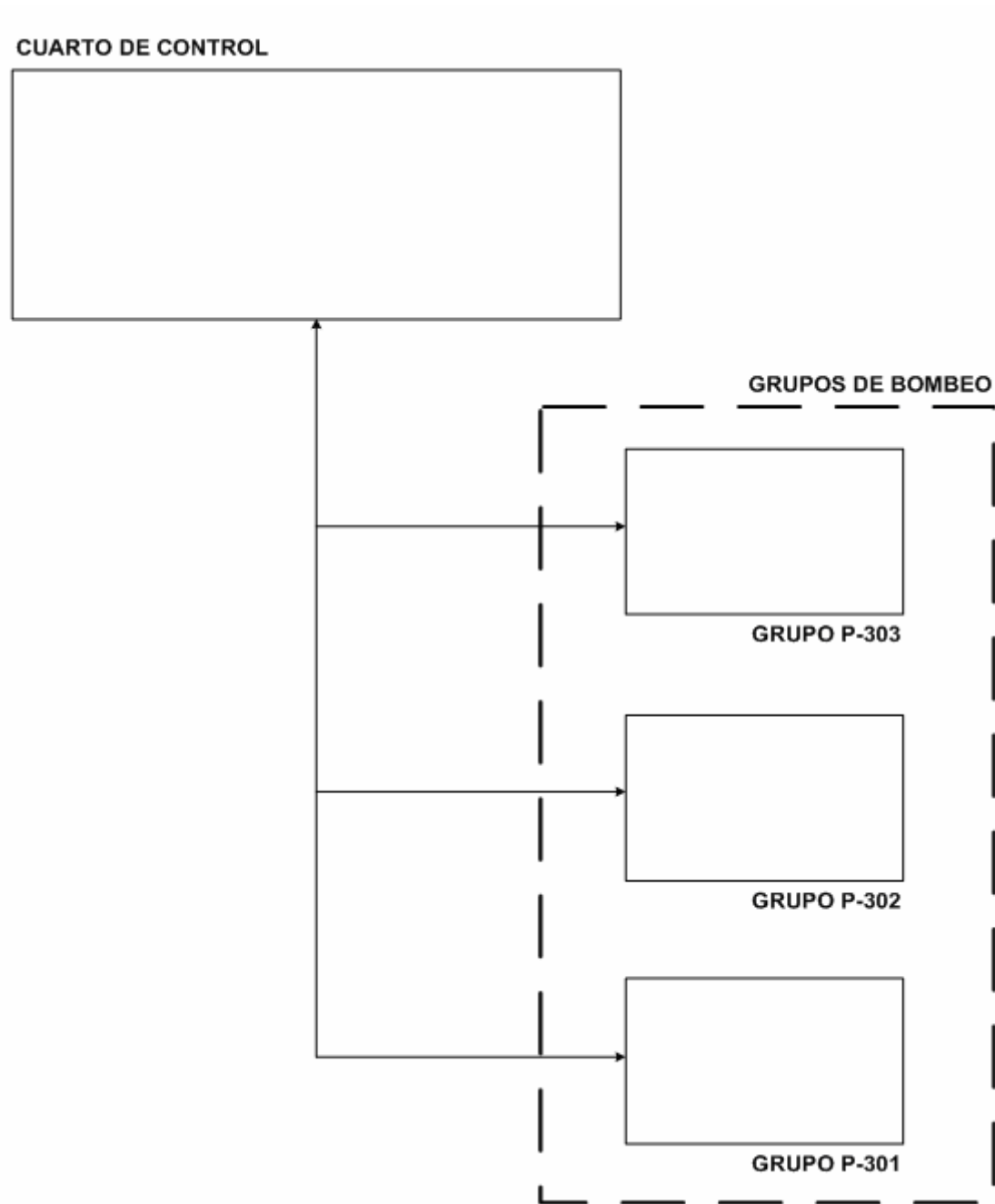


Figura 3.1. Diagrama de las partes de la estación Faisanes

Con los antecedentes previamente establecidos se define que deben existir dos sitios desde los cuales se realiza el control para el proceso de bombeo, uno ubicado en el cuarto de control y otro en el grupo de bombeo P – 301.

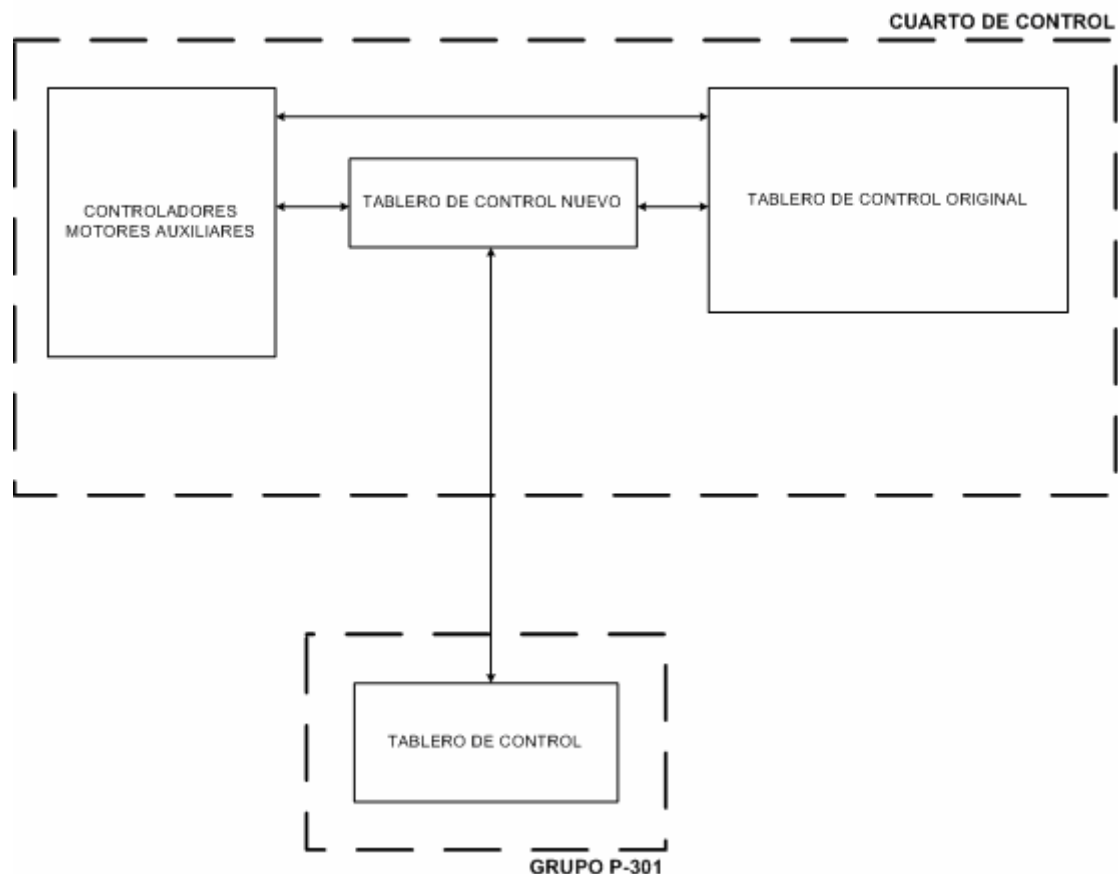


Figura 3.2. Diagrama de ubicación de los tableros de control

3.1.2. Señales del proceso

Para el grupo P – 301, en cada parte de la estación antes mencionada, existen diferentes señales de entrada y salida, las cuales se determinan a continuación respectivamente para el cuarto de control y el grupo de bombeo:

3.1.2.1. Cuarto de control.

Señales de entrada

- Discretas

Tabla 3.1. Señales de entrada discretas en el cuarto de control

ITEM	IDENTIFICADOR	SEÑAL
1	IN_CON_CCNT_1	READY del motor de la bomba del multiplicador del grupo P-301
2	IN_CON_CCNT_2	CONTACTOR ON del motor de la bomba del multiplicador del grupo P-301
3	IN_CON_CCNT_3	READY del motor del ventilador del radiador del grupo P-301
4	IN_CON_CCNT_4	CONTACTOR ON del motor del ventilador del radiador del grupo P-301
5	IN_CON_CCNT_5	READY del motor de la válvula de succión del grupo P-301
6	IN_CON_CCNT_6	CONTACTOR ON del motor de la válvula de succión del grupo P-301 para abertura
7	IN_CON_CCNT_7	CONTACTOR ON del motor de la válvula de succión del grupo P-301 para cierre
8	IN_CON_CCNT_8	READY del motor de la válvula de descarga del grupo P-301
9	IN_CON_CCNT_9	CONTACTOR ON del motor de la válvula de descarga del grupo P-301 para abertura
10	IN_CON_CCNT_10	CONTACTOR ON del motor de la válvula de descarga del grupo P-301 para cierre
11	IN_PB_CCNT_11	Parada de emergencia de la estación
12	IN_PB_CCNT_12	Reconocimiento de alarmas para el grupo P-301
13	IN_PB_CCNT_13	Reseteo de alarmas para el grupo P-301

Señales de salida

- Discretas

Tabla 3.2. Señales de salida discretas en el cuarto de control

ITEM	IDENTIFICADOR	SEÑAL
1	OUT_CON_CCNT_1	Arranque del motor de la bomba de lubricación del multiplicador del grupo P - 301
2	OUT_CON_CCNT_2	Arranque del motor del ventilador del radiador del grupo P-301
3	OUT_CON_CCNT_3	Arranque del motor de la válvula de succión del grupo P-301 para abertura
4	OUT_CON_CCNT_4	Arranque del motor de la válvula de succión del grupo P-301 para cierre
5	OUT_CON_CCNT_5	Arranque del motor de la válvula de descarga del grupo P-301 para abertura
6	OUT_CON_CCNT_6	Arranque del motor de la válvula de descarga del grupo P-301 para cierre
7	OUT_CON_CCNT_7	Señal para sirena de la estación

3.1.2.2. Grupo P – 301.

Señales de entrada

- Discretas

Tabla 3.3. Señales de entradas discretas en el grupo P – 301

ITEM	IDENTIFICADOR	SEÑAL
1	IN_PSL_GP301_1	Sensor de baja presión de succión del grupo P-301
2	IN_PSH_GP301_2	Sensor de alta presión de descarga del grupo P-301
3	IN_FAM_GP301_3	Sensor para goteo del sello de la bomba del grupo P-301
4	IN_PSL_GP301_4	Sensor de baja presión de aire de control del grupo P-301
5	IN_PSL_GP301_5	Sensor de baja presión de aceite de lubricación del motor del grupo P-301
6	IN_PSL_GP301_6	Sensor de baja presión de aceite de lubricación del multiplicador del grupo P-301
7	IN_FSL_GP301_7	Sensor de bajo flujo de aceite de lubricación del multiplicador del grupo P-301
8	IN_VSM_GP301_8	Sensor de vibración para la bomba del grupo P-301
9	IN_VSM_GP301_9	Sensor de vibración para el multiplicador del grupo P-301
10	IN_PB_GP301_10	Apertura local de válvula succión del grupo P-301
11	IN_PB_GP301_11	Cierre local de válvula succión del grupo P-301
12	IN_LS_GP301_12	Indicador de válvula de succión abierta del grupo P-301
13	IN_LS_GP301_13	Indicador de válvula de succión cerrada del grupo P-301
14	IN_PB_GP301_14	Apertura local de válvula descarga del grupo P-301
15	IN_PB_GP301_15	Cierre local de válvula descarga del grupo P-301
16	IN_LS_GP301_16	Indicador de válvula de descarga abierta del grupo P-301
17	IN_LS_GP301_17	Indicador de válvula de descarga cerrada del grupo P-301
18	IN_PB_GP301_18	Arranque del motor en tablero del grupo P-301
19	IN_PB_GP301_19	Detención del motor en tablero del grupo P-301
20	IN_SS_GP301_20	Selector para Local - Remoto del grupo P-301
21	IN_SS_GP301_21	Selector para Manual - Automático del grupo P-301
22	IN_CON_GP301_22	READY del motor de pre-lubricación del motor del grupo P-301
23	IN_CON_GP301_23	CONTACTOR ON del motor de pre-lubricación del motor del grupo P-301

- Análogas

Tabla 3.4. Señales de entradas análogas en el grupo P – 301

ITEM	IDENTIFICADOR	SEÑAL
1	IN_PT_GP301_24	Presión de succión del grupo P-301
2	IN_PT_GP301_25	Presión de descarga del grupo P-301
3	IN_ST_GP301_26	Velocidad del motor (sensor 1) del grupo P-301
4	IN_ST_GP301_27	Velocidad del motor (sensor 2) del grupo P-301
5	IN_TE_GP301_28	Termocupla Culata 1 del grupo P-301
6	IN_TE_GP301_29	Termocupla Culata 2 del grupo P-301
7	IN_TE_GP301_30	Termocupla Culata 3 del grupo P-301

ITEM	IDENTIFICADOR	SEÑAL
8	IN_TE_GP301_31	Termocupla Culata 4 del grupo P-301
9	IN_TE_GP301_32	Termocupla Culata 5 del grupo P-301
10	IN_TE_GP301_33	Termocupla Culata 6 del grupo P-301
11	IN_TE_GP301_34	Termocupla Culata 7 del grupo P-301
12	IN_TE_GP301_35	Termocupla Culata 8 del grupo P-301
13	IN_TE_GP301_36	RTD temperatura de agua del motor del grupo P-301
14	IN_TE_GP301_37	RTD temperatura de cojinete exterior baja velocidad del grupo P-301
15	IN_TE_GP301_38	RTD temperatura de cojinete exterior alta velocidad del grupo P-301
16	IN_TE_GP301_39	RTD temperatura de cojinete interior baja velocidad del grupo P-301
17	IN_TE_GP301_40	RTD temperatura de cojinete interior alta velocidad del grupo P-301
18	IN_TE_GP301_41	RTD temperatura de escape del motor del grupo P-301
19	IN_TE_GP301_42	RTD temperatura de cojinete interno de la bomba del grupo P-301
20	IN_TE_GP301_43	RTD temperatura de cojinete externo de la bomba del grupo P-301
21	IN_TE_GP301_44	RTD temperatura del case de la bomba del grupo P-301
22	IN_TE_GP301_45	RTD temperatura de cojinete de empuje de la bomba del grupo P-301
23	IN_TE_GP301_46	RTD temperatura de aceite de la bomba del grupo P-301
24	IN_TE_GP301_47	RTD temperatura de aceite del motor del grupo P-301

Señales de salida

- Discretas

Tabla 3.5. Señales de salidas discretas en el grupo P – 301

ITEM	IDENTIFICADOR	SEÑAL
1	OUT_FV_GP301_1	Arranque motor del grupo de bombeo P-301 (válvula de arranque)
2	OUT_FV_GP301_2	Detener motor del grupo de bombeo P-301 (válvula de detención)
3	OUT_FV_GP301_3	Ingresar carga al motor del grupo de bombeo P-301 (válvula de carga)
4	OUT_CON_GP301_4	Apertura de la válvula de recirculación del grupo P-301
5	OUT_CON_GP301_5	Arranque motor de la bomba de pre-lubricación del motor del grupo P-301

- Análogas

Tabla 3.6. Señales de salidas análogas en el grupo P – 301

ITEM	IDENTIFICADOR	SEÑAL
1	OUT_FV_GP301_6	Variación de velocidad (señal de entrada al governor) del grupo P-301

De las tablas anteriores se tiene que **READY** es el estado en el cual un motor se encuentra listo para arrancar y **CONTACTOR ON** es el estado en el cual el contacto para que funcione un motor se encuentra pegado, por lo tanto el motor se encuentra funcionando.

3.1.3. Sistema de Control

Las necesidades del sistema de control a diseñar contemplan:

- Operar tanto manualmente como automáticamente el proceso de bombeo con el grupo P – 301.
- Variar la presión de descarga del grupo P – 301 mediante el control manual de la velocidad del motor del mismo.
- Monitorear las señales de temperatura, presión y vibración del motor del grupo P – 301 mencionadas anteriormente. En caso que alguna de estas señales se encuentre fuera del rango normal de operación, se procede a apagar el motor del grupo y reportar el problema.

Conforme a las necesidades del proceso de bombeo de la estación Faisanes para el grupo P – 301 se procede a utilizar un esquema de control **ON/OFF** con ayuda de controladores lógicos programables para la supervisión y control de todas las señales. Además, el nuevo sistema de control debe funcionar a 24 VDC en lugar de 120 VAC con que actualmente funciona, por razones de seguridad y disponibilidad de elementos.

3.2. ESPECIFICACIONES Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

3.2.1. Especificaciones

De acuerdo a la distribución de equipos y de las señales en la estación de bombeo, se necesita utilizar dos controladores lógicos programables, como se indica en el diagrama de la figura 3.3, uno para el cuarto de control y otro para el grupo P – 301. Para interconectar ambos se debe ocupar una red industrial de datos. Además, en el cuarto de control, se debe situar un sistema SCADA (HMI) y una interfaz de operador, los cuales estarán conectados al controlador lógico programable mediante otra red industrial de datos.

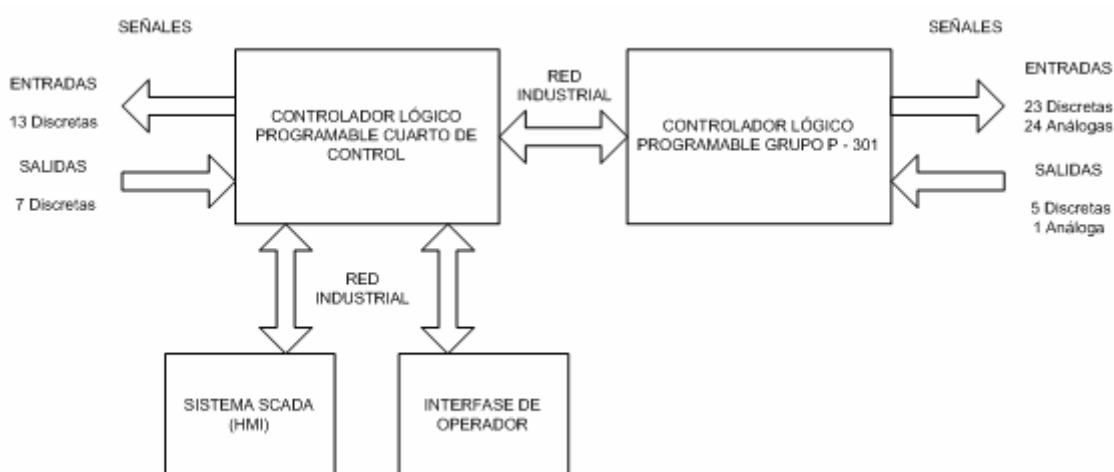


Figura 3.3. Diagrama del nuevo sistema de control con las señales de entradas y salidas

Para la selección del controlador lógico programable del cuarto de control se debe tener en cuenta que el mismo va a manipular tres veces más la cantidad de señales especificadas, las cuales se muestran en la tabla 3.7; este controlador también manejará los elementos de los otros grupos de bombeo en caso de que, a futuro, se decida incluir a ellos en el nuevo sistema de control.

Tabla 3.7. Cantidad de señales para el nuevo sistema de control

Ubicación	Señales	Cantidad
Cuarto de control	Entradas discretas a 24 VDC	13
	Salidas discretas a 24 VDC	7
Grupo P - 301	Entradas discretas a 24 VDC	23
	Salidas discretas a 24 VDC	5
	Entradas para termocuplas	8
	Entradas para RTDs	12
	Entradas análoga de corriente	4
	Salidas análogas de corriente	1

De allí que el controlador lógico programable debe poseer altas prestaciones para manipular las señales de los tres grupos de bombeo, así como las comunicaciones con los mismos y con el sistema SCADA (HMI) y la interfaz de operador.

Respecto al controlador lógico programable del grupo de bombeo, éste debe ser de tipo modular para poder colocar los distintos módulos para los tipos de entradas y salidas que se tienen.

Las redes de datos deben tener un gran desempeño con el fin de manipular todos los datos de forma rápida y segura. Además, deben ser de tipo industrial ya que el entorno en el que van a ser colocadas así lo amerita.

El sistema SCADA debe ser un sistema capaz de ofrecer un alto desempeño, alta flexibilidad, gran facilidad de operación al usuario y una alta conectividad con equipos de distintos distribuidores.

3.2.2. Selección de componentes

De acuerdo a las especificaciones de los componentes que se necesitan se procederá a utilizar dos controladores lógicos programables marca **MODICON - TELEMECANIQUE** modelo **QUANTUM** para el control del proceso de bombeo del grupo P – 301.

Los controladores lógicos programables Quantum proporcionan una solución adecuada para todas las necesidades del sistema mediante una amplia gama de productos de control compatibles y de altas prestaciones. Su arquitectura es modular, por lo que puede configurarse para satisfacer los máximos requisitos de prestaciones del sistema de control.

Los controladores lógicos programables Quantum ofrecen las siguientes características:

- Alto grado de desempeño gracias a sus procesadores Intel 486 y 586.
- Alto nivel de aislamiento que mejora la inmunidad al ruido en entornos eléctricos difíciles
- Entradas y salidas análogas de alta precisión para mejorar el control y la supervisión del proceso
- Entradas y salidas discretas de alta velocidad

Cada controlador constará de su respectiva CPU, una fuente de poder y los diferentes módulos de entradas / salidas necesarios.

Para el caso del controlador del cuarto de control se utilizará una CPU Quantum modelo 140-CPU-434-12A, la cual tiene las características especificadas en la tabla 3.8. Con este controlador lógico programable se utilizarán los siguientes módulos:

- Módulo de 32 entradas discretas a 24 V (modelo 140-DDI-353-00)
- Módulo de 32 salidas discretas a 24 V (modelo 140-DDO-353-00)

Tabla 3.8. Características de la CPU del controlador lógico programable del cuarto de control¹

Componente	Descripción
Puertos de comunicación	2 Modbus (RS-232/RS-485) 1 Modbus Plus
Procesador Matemático	sí
Procesador	Intel 486 DX 66 MHz
Tiempo de la lógica de resolución	0,1...0,5 ms/ 1K instrucciones de lógica de contactos
Memoria	
IEC 1131 memoria de programa	896 Kbytes
RAM	2 Mbytes
Flash	1 Mbyte
984LL user logic	64 Kbytes
Registros disponibles	57 K
Memoria Extendida	96 Kbytes
Batería y Reloj	
Tipo de batería	3 V de litio
Vida útil	1.200 mAh
Duración en condiciones de almacenamiento	10 años con una pérdida de capacidad de 0,5% por año
Corriente de carga de la batería cuando se encuentra apagado	Habitual: 14 µA Máx. 420 µA

¹ SCHNERIDER ELECTRIC, *Catálogo Plataforma de automatización Quantum*, 2000.

Para el caso del controlador del grupo P – 301 se dispone de una CPU Quantum modelo 140-CPU-113-03, cuyas características se detallan en la tabla 3.9.

Con este controlador lógico programable se utilizarán los siguientes módulos:

- Módulo de 32 entradas discretas a 24 V (modelo 140-DDI-353-00)
- Módulo de 32 salidas discretas a 24 V (modelo 140-DDO-353-00)
- Módulo de entradas análogas de 8 canales (modelo 140-ACI-030-00)
- Módulo de salidas análogas de corriente de 4 canales (modelo 140-ACO-020-00)
- 2 Módulos de entradas para RTD de 8 canales (modelo 140-ARI-030-10)
- Módulo de entradas para Termocuplas de 8 canales (modelo 140-ATI-030-00)

Para la interconexión entre ambos controladores lógicos se utilizará la red industrial **MODBUS PLUS**, la cual corresponde a un protocolo propietario de **MODICON – TELEMECANIQUE**. Esta usa un cable par trenzado apantallado para la transmisión de datos, los cuales son transmitidos a 1 MBIT / S aproximadamente.

Tabla 3.9. Características de la CPU del controlador lógico programable del grupo P – 301 ²

Componente	Descripción
Puertos de comunicación	1 Modbus (RS-232/RS-485) 1 Modbus Plus
Procesador Matemático	no
Procesador	Intel 186 20 MHz
Tiempo de la lógica de resolución	0,3 - 1,4 ms/ 1K instrucciones de lógica de contactos
Memoria	
IEC 1131 memoria de programa	368 Kbytes
RAM	512 Kbytes
Flash	256 Kbytes
984LL user logic	16 Kbytes
Registros disponibles	10 K
Memoria Extendida	ninguna
Batería y Reloj	
Tipo de batería	3 V de litio
Vida útil	1.200 mAh
Duración en condiciones de almacenamiento	10 años con una pérdida de capacidad de 0,5% por año
Corriente de carga de la batería cuando se encuentra apagado	Habitual: 7 μ A Máx. 210 μ A

En el caso de la red de datos que conecta el controlador lógico programable del cuarto de control con el sistema SCADA (HMI) y la interfaz de operador, se utilizará una red **ETHERNET INDUSTRIAL**, para lo cual se utilizará, en el controlador lógico programable, un módulo de comunicación ETHERNET TCP/IP (modelo 140-NOE-771-11).

Como parte del proyecto, y para facilitar la operación del grupo de bombeo, se colocará, en el tablero del cuarto de control, una interfaz de operador de tipo **MAGELIS** modelo XBTG4330, de la compañía **TELEMECANIQUE**, la cual tiene las características mostradas en la tabla 3.10.

² SCHNERIDER ELECTRIC, *Catálogo Plataforma de automatización Quantum*, 2000.

Respecto al sistema SCADA (HMI), se utilizará el software **INTOUCH** de **WONDERWARE**, el cual ofrece una manera sencilla de manejo y configuración a través de una interfaz gráfica. Este software es abierto y extensible, ofreciendo una conectividad excepcional con la mayor parte de los dispositivos de automatización usados en la industria. Además, **INVENSYS**, compañía propietaria de Wonderware, es **GOLDEN PARTNER** (colaborador especial) de Microsoft, haciendo que el software InTouch tenga un desempeño óptimo en los sistemas operativos Windows.

Tabla 3.10. Características de la interfaz de operador del tablero de control³

Componente	Descripción
Tipo LCD	Color TFT
Colores	256 colores
Resolución	640 x 480
Tamaño	7,4 pulgadas
Memoria interna para aplicación	8Mbytes
Procesador	100 MHz RISC
Puerto de comunicación	Ethernet 10 Base T RJ45
Dispositivo de entrada	Pantalla táctil

3.3. DISEÑO DE HARDWARE

3.3.1. Arquitectura

Una vez definidos en el apartado anterior los componentes a utilizar, se procede a determinar la arquitectura de control. Dentro de esta arquitectura se tiene un sistema SCADA, implementado a través del software InTouch en su versión 9, una interfaz de operador tipo Magelis y ambos controladores lógicos programables Quantum.

³ TELEMECANIQUE, *Magelis XBT G: designed for the networked factory*, 2003.

Como se indica en la figura 3.4, los elementos ubicados en el cuarto de control como el sistema SCADA, la interfaz de operador y el controlador lógico programable, se interconectan usando una red ethernet con el protocolo **MODBUS TCP/IP**.

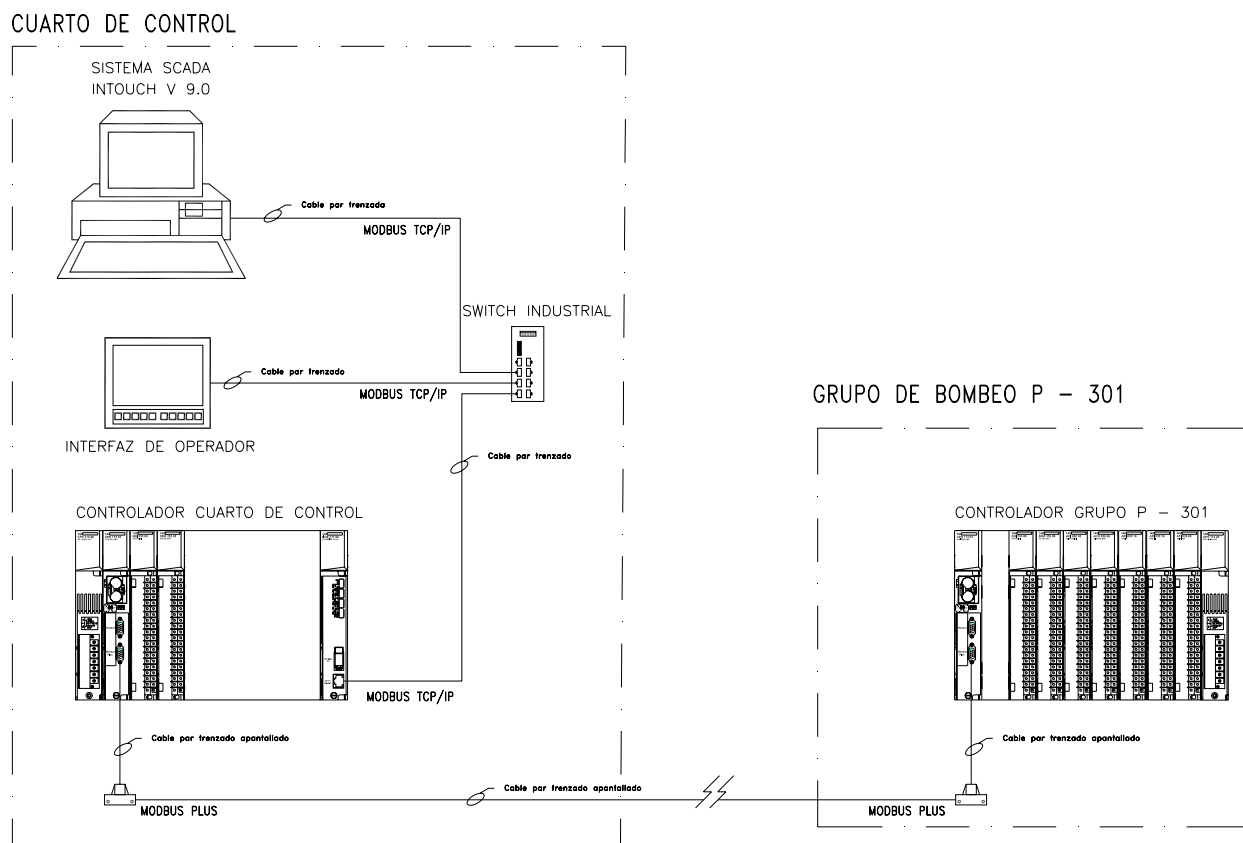


Figura 3.4. Arquitectura del nuevo sistema de control

La comunicación entre los controladores del cuarto de control y del grupo de bombeo P – 301 se realiza usando una red **MODBUS PLUS**. Para la implementación de esta red debe ser utilizado cable par trenzado apantallado.

3.3.2. Alimentación

El flujo de energía eléctrica en la estación Faisanes es deficiente debido a muchos factores entre los que destacan lo alejado de su ubicación y lo antiguo de

sus instalaciones. La estación cuenta con un generador emergente de energía eléctrica, el cual tiene una activación manual. Estos factores provocan que el tiempo de inicio de operación después de una falla de energía sea extremadamente alto.

Con estos antecedentes, para la alimentación del nuevo sistema de control debe ser ubicada una fuente de poder no interrumpible **UPS** (uninterruptible power supply).

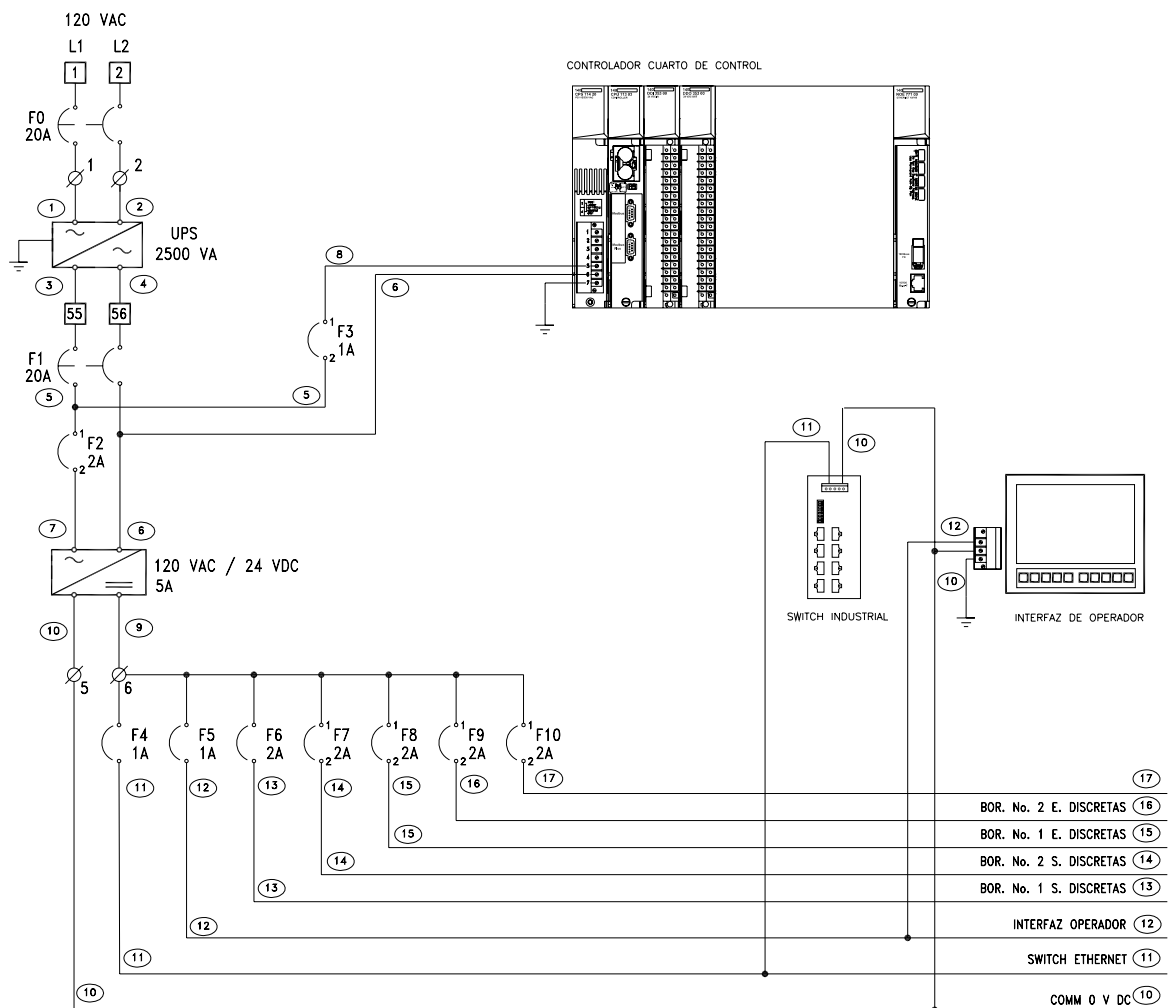


Figura 3.5. Diagrama de alimentación de elementos en el cuarto de control

La alimentación de los elementos del cuarto de control se muestra en la figura 3.5. En esta figura se puede apreciar que para alimentar al switch industrial y la interfaz de operador se utiliza una fuente de corriente continua ya que ambos equipos funcionan a 24 VDC. El controlador lógico programable funciona con corriente alterna a 120 V. La selección de los diferentes tipos de disyuntores se basa en las recomendaciones encontradas en los manuales de usuario de los equipos a los cuales estos protegen.

De acuerdo a las especificaciones para el nuevo sistema de control este debe funcionar a 24 VDC, razón por la cual se han ubicado en el cuarto de control y en el grupo de bombeo disyuntores para este voltaje, los cuales servirán para la alimentación de borneras tanto de entradas como de salidas de los controladores.

Para la alimentación de los elementos del grupo P – 301, indicada en la figura 3.6, se tienen dos puntos con 120 VAC. El primero (puntos 55 y 56) proviene del UPS y sirven para alimentar al controlador lógico y a la fuente de 24 VDC. El segundo punto (58 y 59) se utiliza para energizar diferentes elementos que funcionan con este voltaje, entre los cuales se destacan motores auxiliares y relés.

3.3.3. Instrumentación del grupo de bombeo P – 301

El grupo de bombeo P – 301 cuenta con diversos instrumentos de medición ubicados alrededor del mismo. Estos instrumentos y su ubicación se encuentran representados en la figura 3.7, mientras que la descripción de cada uno de ellos se halla en la tabla 3.11.

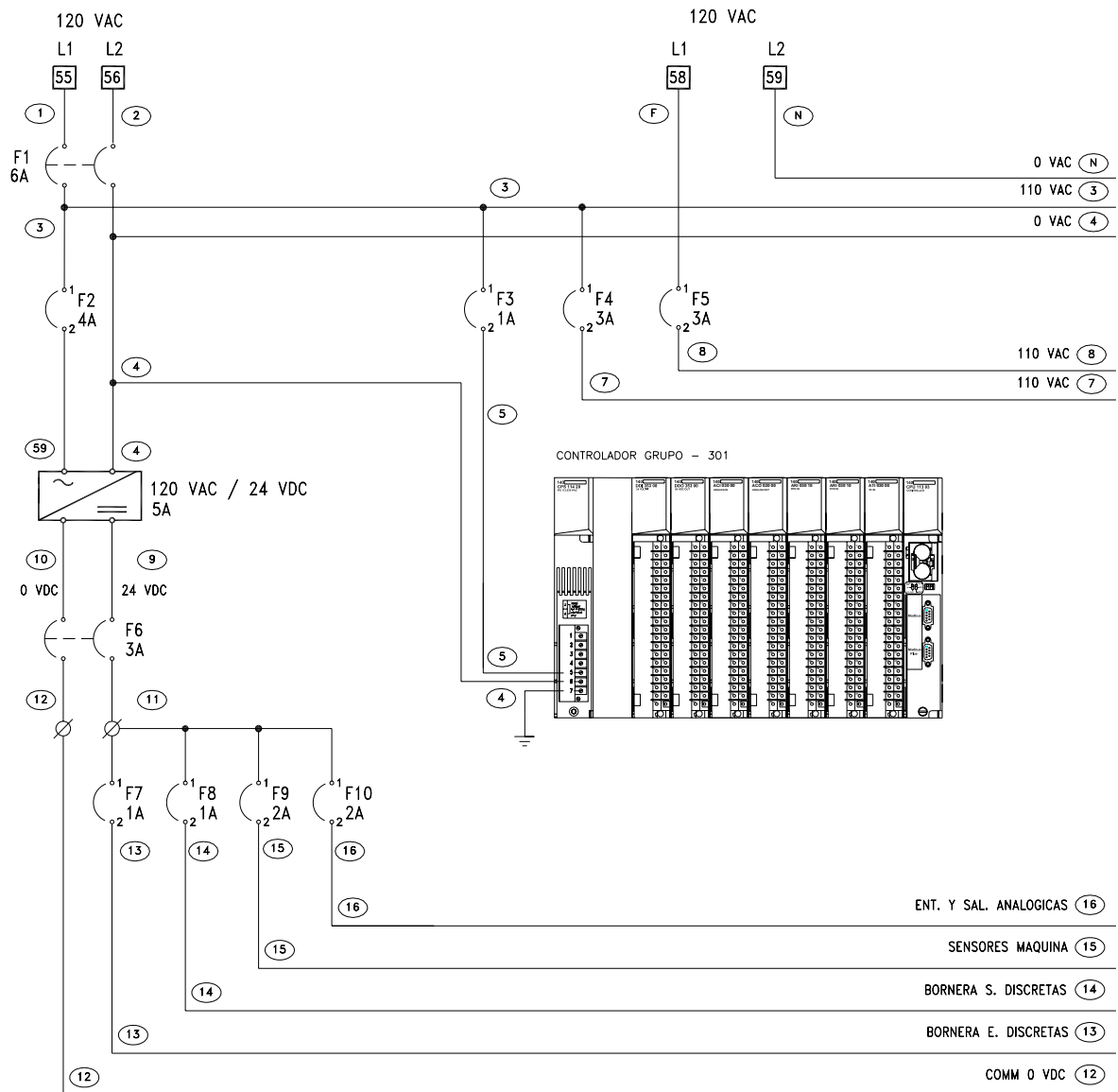


Figura 3.6. Diagrama de alimentación de elementos en grupo P – 301

La conexión de los instrumentos de medición con los diversos módulos del controlador lógico programable del grupo de bombeo se encuentra especificada en la figuras 3.8. En esta figura se puede apreciar que los instrumentos de medición de temperatura no requieren de un transductor; esto se debe a que los módulos de entrada a los que se encuentran conectados son específicos para este tipo de sensor y proporcionan la funcionalidad de un transductor.

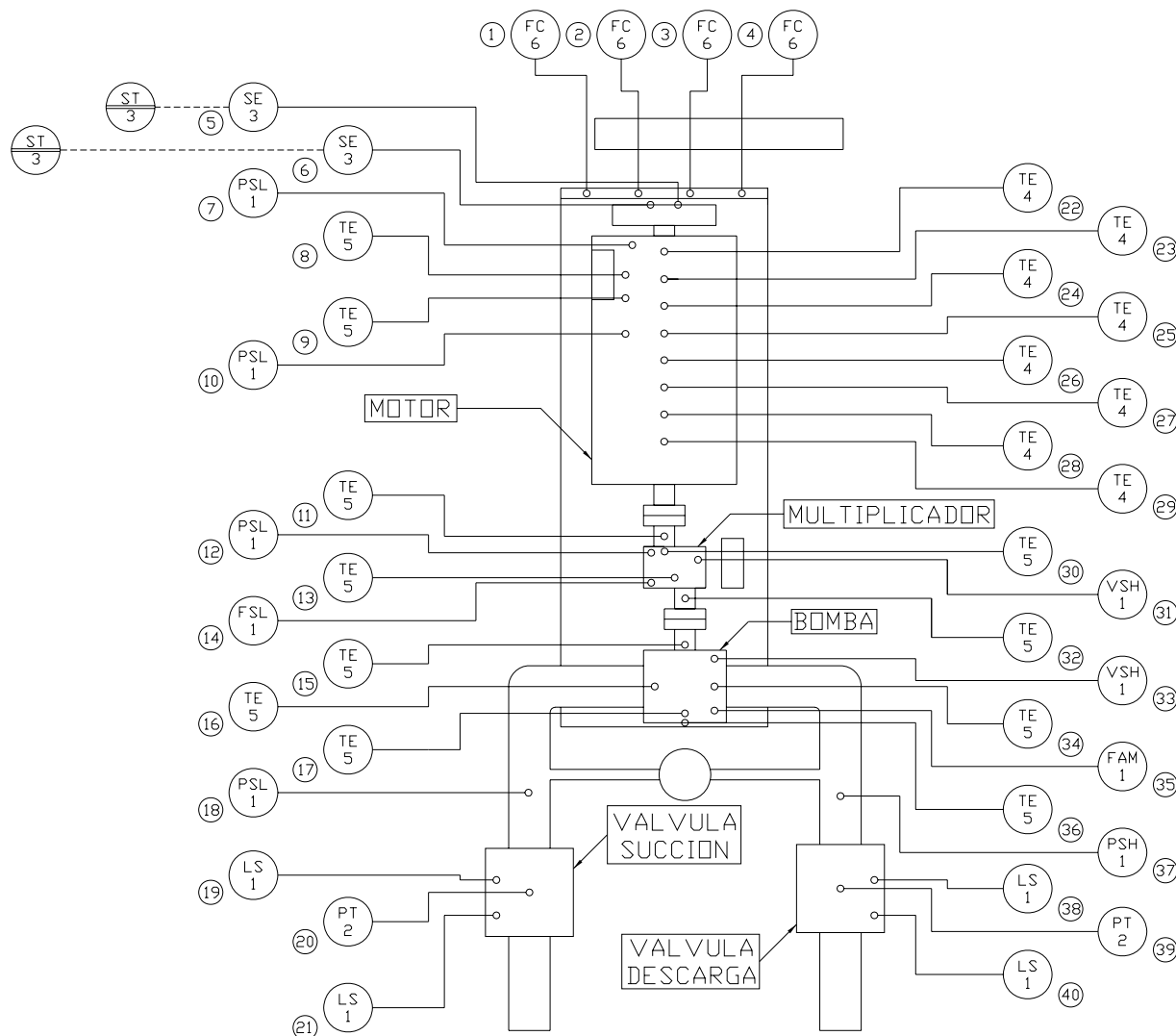


Figura 3.7. Diagrama de ubicación de instrumentos de medición en el grupo de bombeo

Para controlar la operación del grupo de bombeo es necesario manipular ciertos elementos del sistema neumático desde el nuevo sistema de control. Para ello, el controlador lógico del grupo de bombeo se debe encargar de la operación de las diferentes válvulas que rigen el funcionamiento del grupo, como se indica en la figura 3.9.

Tabla 3.11. Descripción de los instrumentos de medición en el grupo de bombeo

ITEM	IDENTIFICADOR	DESCRIPCION
1	OUT_FV_GP301_1	Arranque motor del grupo de bombeo P-301 (válvula de arranque)
2	OUT_FV_GP301_2	Detener motor del grupo de bombeo P-301 (válvula de detención)
3	OUT_FV_GP301_3	Ingresar carga al motor del grupo de bombeo P-301 (válvula de carga)
4	OUT_FV_GP301_6	Variación de velocidad (señal de entrada al gobernador) del grupo P-301
5	IN_ST_GP301_26	Velocidad del motor (sensor 1) del grupo P-301
6	IN_ST_GP301_27	Velocidad del motor (sensor 2) del grupo P-301
7	IN_PSL_GP301_4	Sensor de baja presión de aire de control del grupo P-301
8	IN_TE_GP301_47	RTD temperatura de aceite del motor del grupo P-301
9	IN_TE_GP301_36	RTD temperatura de agua del motor del grupo P-301
10	IN_PSL_GP301_5	Sensor de baja presión de aceite de lubricación del motor del grupo P-301
11	IN_TE_GP301_39	RTD temperatura de cojinete interior baja velocidad del grupo P-301
12	IN_PSL_GP301_6	Sensor de baja presión de aceite de lubricación del multiplicador del grupo P-301
13	IN_TE_GP301_38	RTD temperatura de cojinete exterior alta velocidad del grupo P-301
14	IN_FSL_GP301_7	Sensor de bajo flujo de aceite de lubricación del multiplicador del grupo P-301
15	IN_TE_GP301_42	RTD temperatura de cojinete interno de la bomba del grupo P-301
16	IN_TE_GP301_44	RTD temperatura del case de la bomba del grupo P-301
17	IN_TE_GP301_43	RTD temperatura de cojinete externo de la bomba del grupo P-301
18	IN_PSL_GP301_1	Sensor de baja presión de succión del grupo P-301
19	IN_LS_GP301_12	Indicador de válvula de succión abierta del grupo P-301
20	IN_PT_GP301_24	Presión de succión del grupo P-301
21	IN_LS_GP301_13	Indicador de válvula de succión cerrada del grupo P-301
22	IN_TE_GP301_28	Termocupla Culata 1 del grupo P-301
23	IN_TE_GP301_29	Termocupla Culata 2 del grupo P-301
24	IN_TE_GP301_30	Termocupla Culata 3 del grupo P-301
25	IN_TE_GP301_31	Termocupla Culata 4 del grupo P-301
26	IN_TE_GP301_32	Termocupla Culata 5 del grupo P-301
27	IN_TE_GP301_33	Termocupla Culata 6 del grupo P-301
28	IN_TE_GP301_34	Termocupla Culata 7 del grupo P-301
29	IN_TE_GP301_35	Termocupla Culata 8 del grupo P-301
30	IN_TE_GP301_40	RTD temperatura de cojinete interior alta velocidad del grupo P-301
31	IN_VSM_GP301_9	Sensor de vibración para el multiplicador del grupo P-301
32	IN_TE_GP301_37	RTD temperatura de cojinete exterior baja velocidad del grupo P-301
33	IN_VSM_GP301_8	Sensor de vibración para la bomba del grupo P-301
34	IN_TE_GP301_46	RTD temperatura de aceite de la bomba del grupo P-301
35	IN_FAM_GP301_3	Sensor para goteo del sello de la bomba del grupo P-301
36	IN_TE_GP301_45	RTD temperatura de cojinete de empuje de la bomba del grupo P-301
37	IN_PSH_GP301_2	Sensor de alta presión de descarga del grupo P-301
38	IN_LS_GP301_16	Indicador de válvula de descarga abierta del grupo P-301
39	IN_PT_GP301_25	Presión de descarga del grupo P-301
40	IN_LS_GP301_17	Indicador de válvula de descarga cerrada del grupo P-301

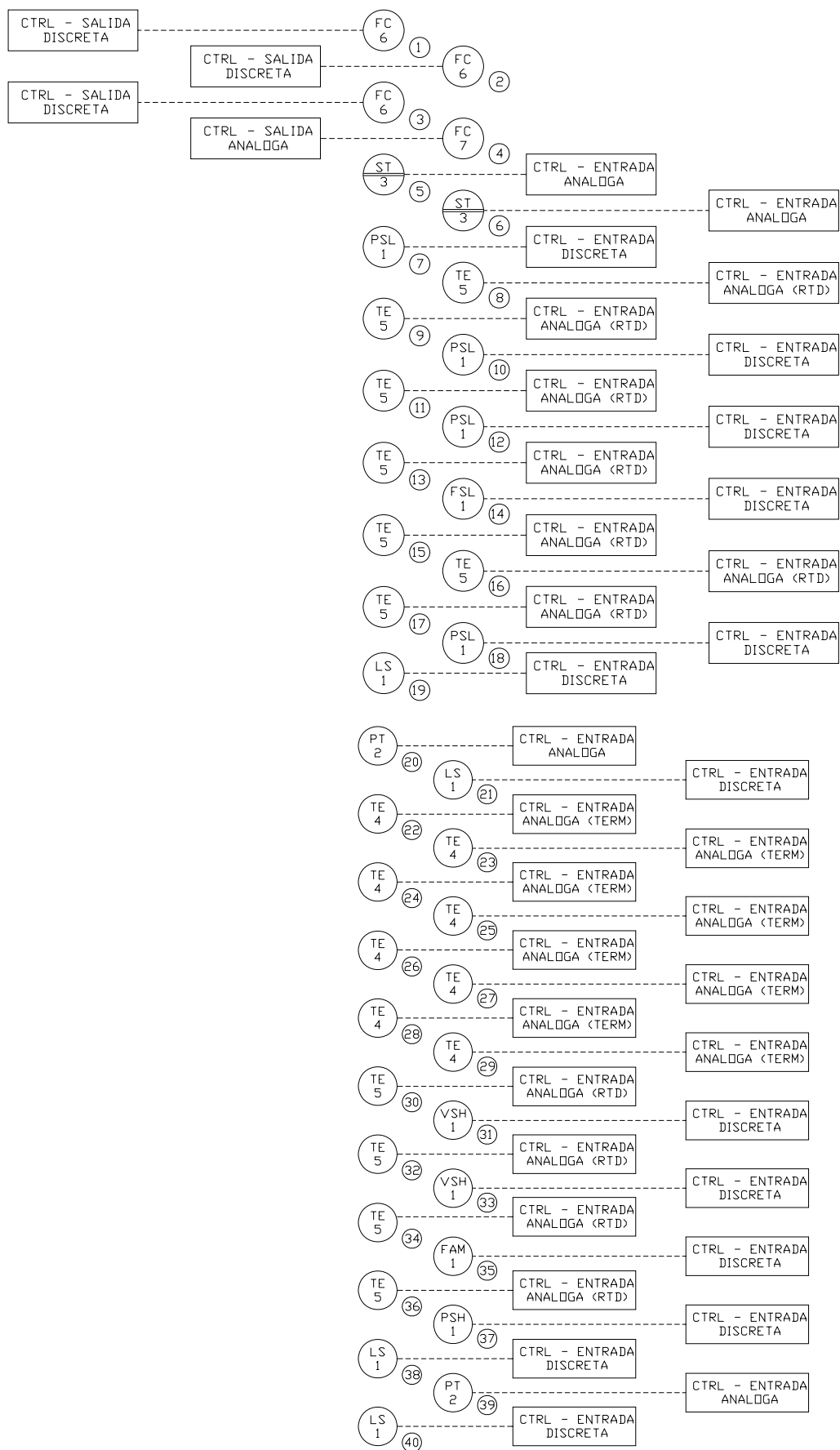
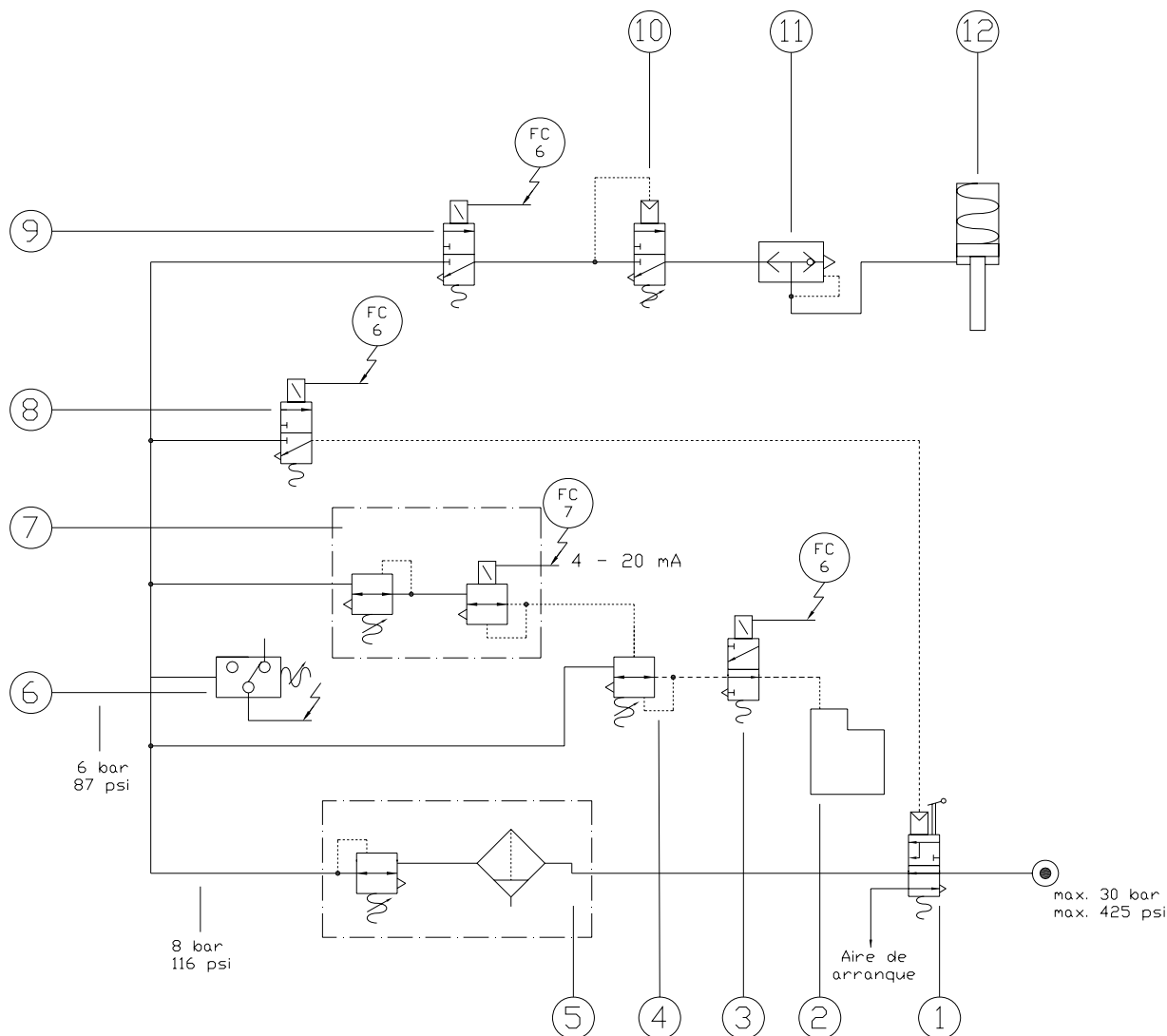


Figura 3.8. Conexión de instrumentos de medición con controlador lógico



ITEM	DESCRIPCION
1	Válvula principal de arranque del sistema
2	Regulador
3	Válvula de carga
4	Relé amplificador
5	Estación reguladora de presión
6	Interruptor de presión
7	Transductor Corriente - presión (variación de velocidad)
8	Válvula de arranque de motor
9	Válvula de parada
10	Válvula de tres pasos
11	Válvula de ventilación rápida
12	Piston de presión

Figura 3.9. Relación del sistema neumático con el nuevo sistema de control del grupo de bombeo P – 301

CAPITULO 4

DESARROLLO DE SOFTWARE PARA CONTROLADORES LOGICOS

4.1. PROGRAMACION DE LA LOGICA DE CONTROL PARA LOS CONTROLADORES LÓGICOS

4.1.1. Diagrama de flujo del proceso

El diagrama de flujo del proceso de bombeo (figura 4.1 y figura 4.2) se ha realizado para facilitar la programación de la lógica de control para los controladores lógicos. Para facilitar la descripción de los controladores lógicos se utilizará el nombre **PLC GP-301** para el controlador del grupo P – 301 y **PLC PRINCIPAL** para el controlador ubicado en el cuarto de control. Entre las diferentes etapas del diagrama se tienen:

- **Inicio (Grupo P – 301 apagado).** Paso inicial en donde el sistema se encuentra apagado; todos los motores se hallan apagados y las válvulas cerradas, con excepción de la válvula de succión, la cual siempre se mantiene abierta, y la de recirculación de combustible. En este paso, mientras el grupo permanezca apagado, el motor de pre – lubricación del motor funcionará por 2 minutos cada 30 minutos. Para continuar con la siguiente etapa se debe arrancar el grupo.

- **Encendido de motores auxiliares.** Como su nombre lo indica, en este paso se encienden los motores del radiador del grupo y la bomba de lubricación de multiplicador. Los elementos de control de ambos motores se encuentran ubicados en el cuarto de control.
- **Arranque del grupo P – 301.** Una vez comprobado el encendido de los motores auxiliares se procede a arrancar el grupo mediante la activación de la válvula de arranque. El grupo entonces debe empezar a funcionar, una vez alcanzada la velocidad de relantín, la válvula de arranque debe ser cerrada. Si el motor no alcanza la velocidad de relantín después de 20 segundos de ser encendido, este se apagará, impidiendo así algún daño al motor.
- **Grupo P – 301 en velocidad de relantín.** Este es un estado de stand-by donde el grupo se encuentra listo para ingresar carga de combustible y entrar en modo normal de operación. En este paso se abre la válvula de descarga. En caso que alguna de las señales monitoreadas del grupo se encuentre fuera su rango normal de operación, el motor se apagará y el problema será reportado. Para continuar con la siguiente etapa se debe ingresar carga al grupo P – 301 mediante la activación de válvula de carga.
- **Grupo P – 301 en operación normal (con carga).** En este paso la válvula de recirculación de combustible se cierra dando lugar a que el grupo se encuentre en operación normal de bombeo. Aquí, el operador es el encargado de variar la velocidad, por ende la presión, de funcionamiento del grupo. Al igual que en etapas anteriores, si alguna señal monitoreada del grupo se encuentra fuera de su rango normal de operación, el motor se apagará y el problema será reportado.

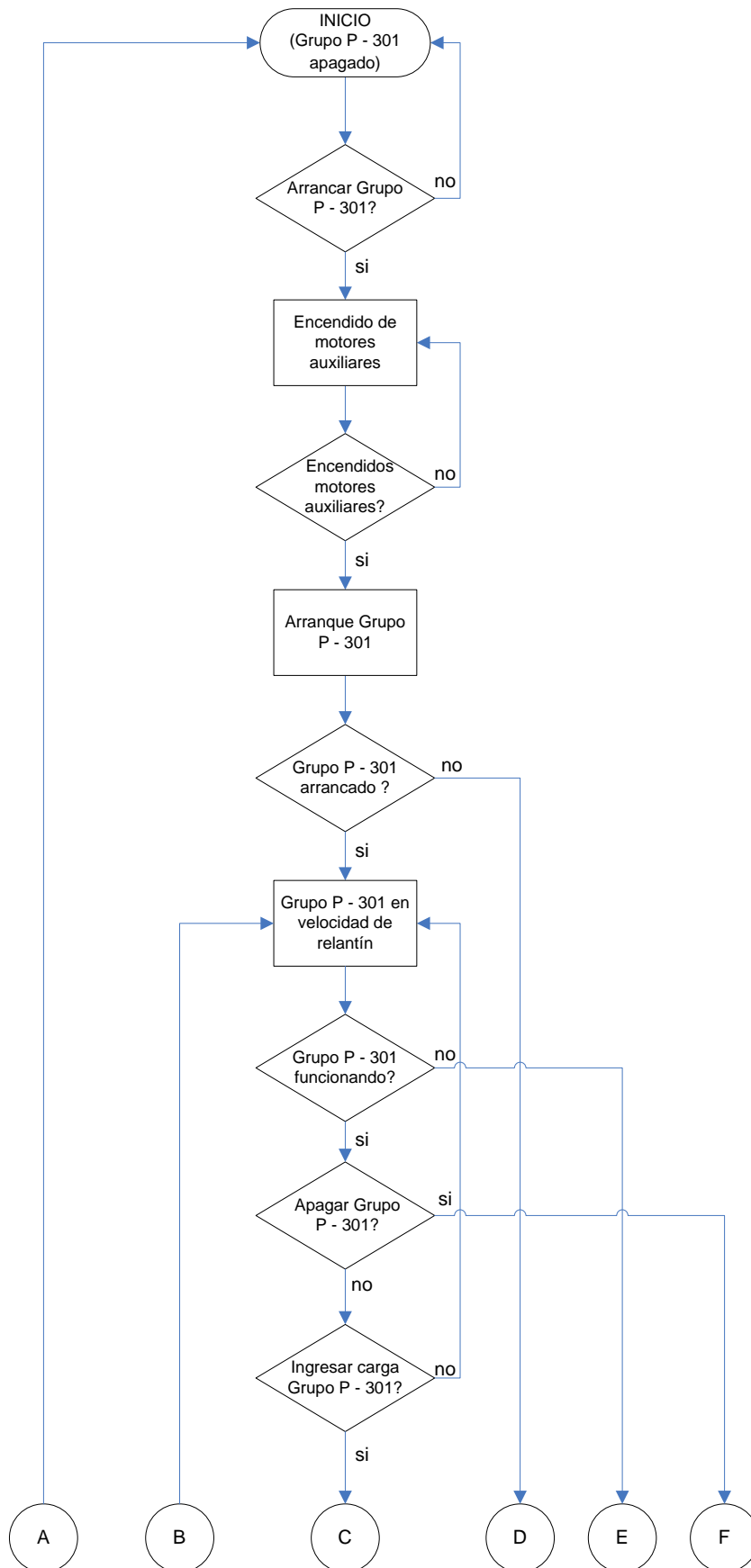


Figura 4.1. Diagrama de flujo del proceso de bombeo, primera parte

- **Apagado del grupo P – 301.** Esta etapa inicia el proceso de detención del grupo de bombeo. El motor debe llegar a velocidad a relantín para proceder a abrir la válvula de recirculación y cerrar la válvula de descarga. Una vez confirmadas todas las acciones de este paso se procede al paso final.

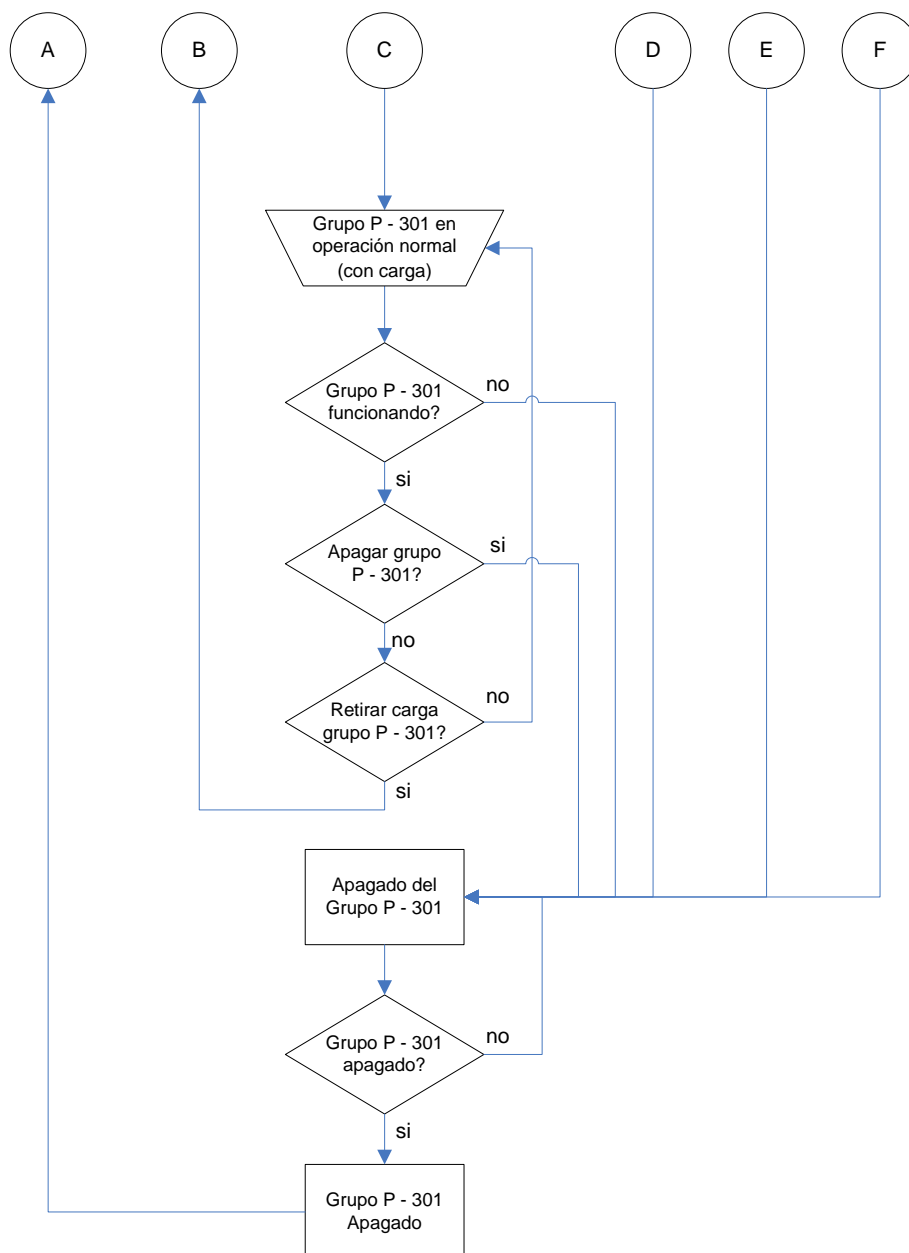


Figura 4.2. Diagrama de flujo del proceso de bombeo, segunda parte

- **Grupo P – 301 apagado.** Es el paso final del proceso de bombeo. En este paso se activa la válvula de detención provocando que el motor pare. Una vez detenido el motor, los motores del ventilador y de la bomba de lubricación continuarán funcionando por 10 minutos más.

4.1.2. Software de programación

Para la programación de ambos controladores lógicos se utilizará el programa **CONCEPT PROGRAMMING UNIT**, conocido como **CONCEPT**, en su versión 2.6 XL. Este programa es de propiedad de **SCHNEIDER-ELECTRIC**.

Concept utiliza un ambiente de programación unificado acorde con las regulaciones del estándar internacional **IEC 61131 – 3**. Este estándar fue publicado en Diciembre de 1993 por la IEC y define dos lenguajes textuales y dos lenguajes gráficos estándares para la programación de controladores lógicos programables, como indica la figura 4.3. Estos lenguajes son:

- **Lista de instrucciones (IL - Instruction list).** Es un lenguaje de nivel bajo y se asemeja al lenguaje ensamblador
- **Texto estructurado (ST - Structured text).** Es un lenguaje de alto nivel que tiene una estructura de bloque y se asemeja a los lenguajes PASCAL y TURBO C.
- **Diagrama de bloques funcionales (FBD - Function block diagram).** Es un lenguaje donde se utilizan diagramas de bloque funcional, los cuales se describen como una función entre las variables de entrada y las de salida.

- **Diagrama de contactos (LD - Ladder Logic).** Es un lenguaje grafico similar a un esquema de circuitos con relés.

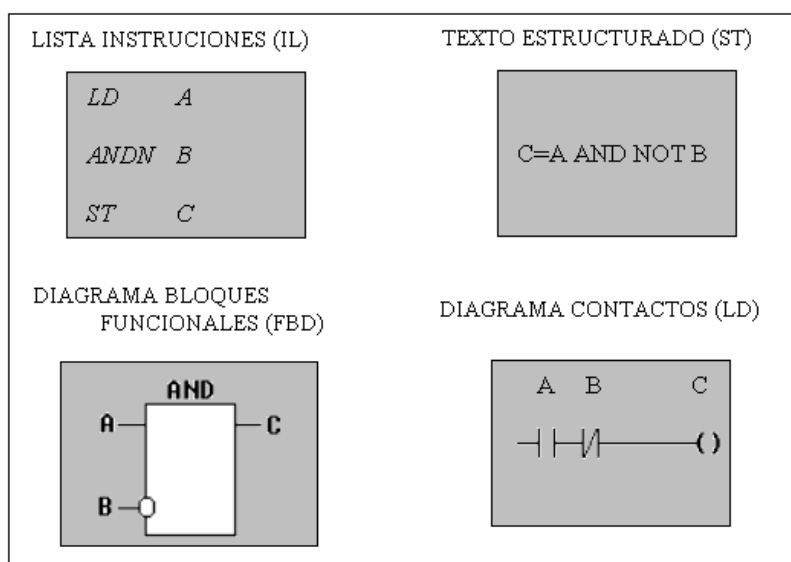


Figura 4.3. Representación de lenguajes de programación IEC 61131 – 3

El estándar también define los elementos del **Gráfico Funcional Secuencial (SFC - Sequential function chart)** el cual describe gráficamente el comportamiento secuencial de un programa de control (figura 4.4). Esta definición deriva de las Redes de Petri y Grafset. En este lenguaje existen diferentes etapas o pasos, los cuales realizan una determinada acción, y las transiciones que son condiciones para continuar con la siguiente etapa.

Todos los lenguajes comparten los elementos comunes del estándar IEC 61131 – 3. Las variables y llamadas de función están definidas por estos elementos comunes haciendo posible que pueden usarse los diferentes lenguajes en el mismo programa.

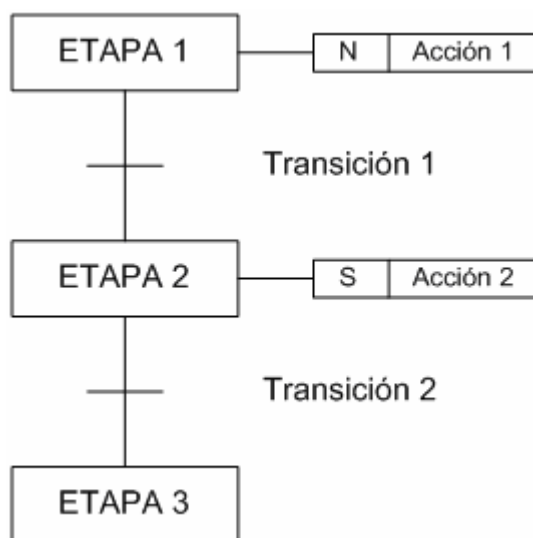


Figura 4.4. Programación SFC

Una ventaja del estándar IEC 61131 – 3 es que permite crear variables con nombres, las cuales pueden o no tener una dirección física asociada. Con ello se facilita la concepción de programas ya que se tienen nombres de variables con calificativos relacionados a la función del mismo en el programa y no únicamente direcciones.

4.1.3. Programación en Concept

Para comenzar con la programación de un controlador en Concept, después de la creación de un proyecto, se procede a configurar el controlador lógico mediante la ventana **PLC CONFIGURATOR**, indicada en al figura 4.5. En esta ventana se debe escoger el tipo y el modelo de la CPU del controlador mediante la opción **PLC SELECTION**. Una vez seleccionada la CPU, se prosigue con la configuración de los módulos de entrada y salida mediante la opción de **I/O MAP** de la misma ventana.

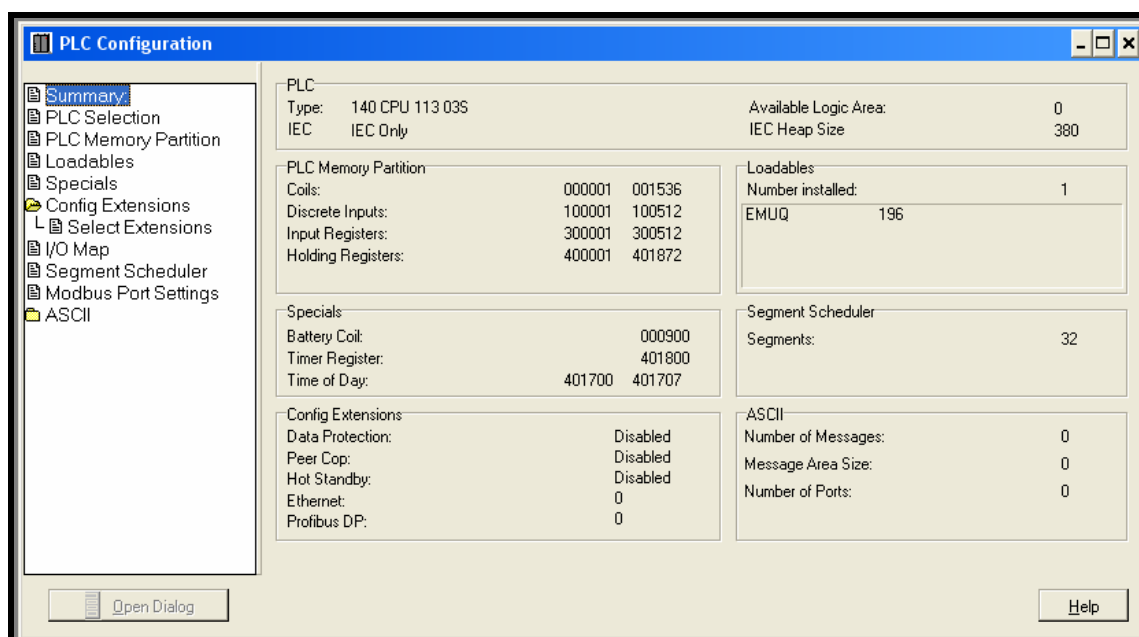


Figura 4.5. Ventana PLC CONFIGURATION de Concept

En la ventana I/O MAP (figura 4.6) deben ser ubicados los módulos de entrada y salida, de la misma forma como van a estar dispuestos en el **RACK** del controlador, y del mismo modo se asigna direcciones de memoria a estos.

Una vez configurado el controlador con todos sus módulos, se procede a la creación de las secciones de programa que se deseen implementar con los diferentes tipos de lenguajes. Concept utiliza **FBD** como su lenguaje por defecto, de allí que para el proyecto se usará **FBD** como lenguaje principal.

4.1.4. Programación del controlador del grupo P – 301 (PLC GP-301)

El programa principal para el funcionamiento del grupo P – 301 debe ir en el controlador que se encuentran en el tablero de control del mismo, teniendo al controlador del cuarto de control (PLC principal) como el encargado de dirigir los

motores auxiliares del grupo de bombeo y de la comunicación con el sistema **SCADA** y la interfaz de operador.

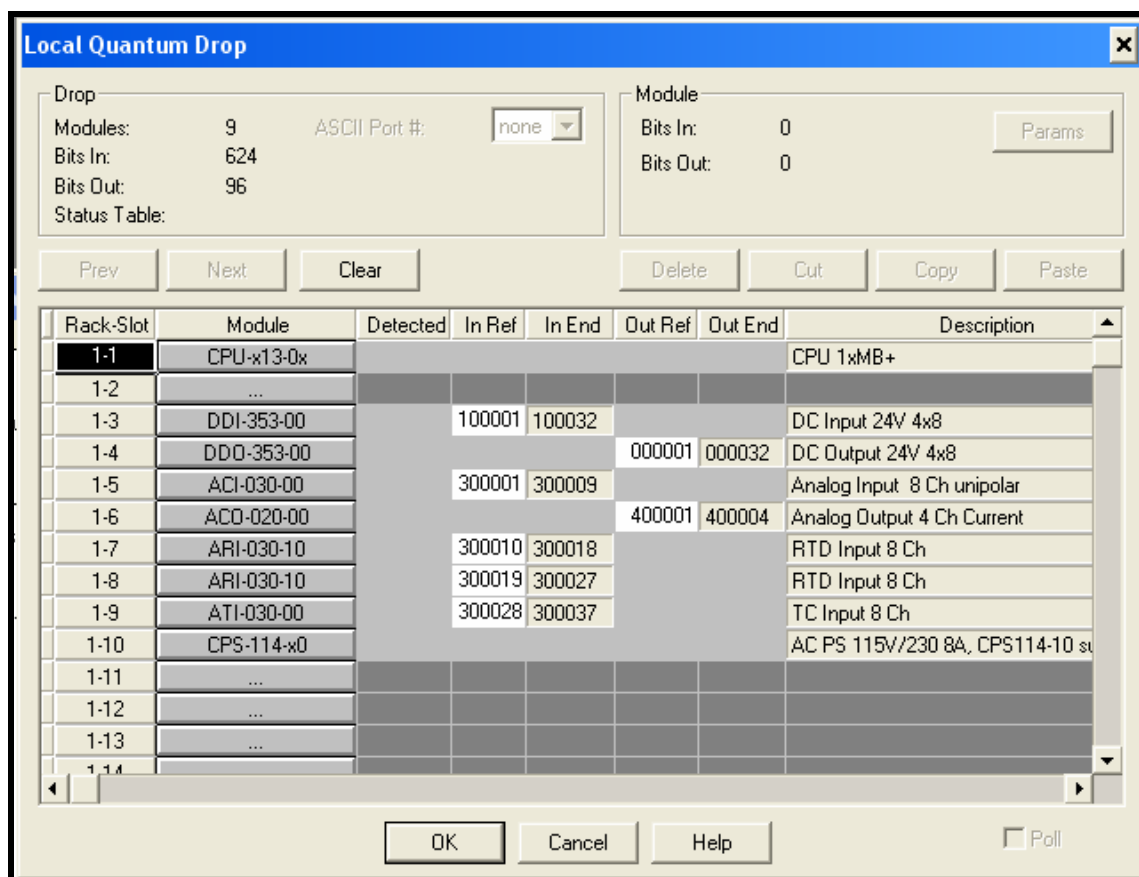


Figura 4.6. Ventana I/O MAP de Concept

El programa completo del controlador lógico del grupo P – 301, así como la lista de variables utilizadas en el mismo se encuentra en el **ANEXO I** de este documento.

Para comenzar se debe realizar la configuración del I/O MAP del programa del PLC GP-301, la cual debe ir de acuerdo a la ubicación de los módulos en el RACK del controlador, esta ubicación se indica en la figura 4.7.

SLOT 1	SLOT 2	SLOT 3	SLOT 4	SLOT 5	SLOT 6	SLOT 7	SLOT 8	SLOT 9	SLOT 10
140 CPU 113 03 CPU QUANTUM	SLOT DISPONIBLE	140 DDI 353 00 ENTRADA DISCRETA 24VDC 10001 - 100032	140 DDO 353 00 SALIDAS DISCRETAS 24VDC 00001 - 000032	140 ACI 030 00 ENTRADAS ANALOGAS 30001 - 30009	140 ACO 020 00 SALIDAS ANALOGAS 40001 - 40004	140 ARI 030 10 ENTRADAS ANALOGAS RTD 30010 - 30018	140 ARI 030 10 ENTRADAS ANALOGAS RTD 30019 - 30027	140 ATI 030 00 ENTRADAS ANALOGAS TC 30028 - 30037	140 CPS 114 20 FUENTE DE PODER

Figura 4.7. Configuración del RACK de PLC GP-301

Una vez cumplida la configuración del I/O MAP se procede a crear las secciones del programa. El programa del grupo P – 301 consta de cinco secciones, las cuales son:

- **Configuración (Tipo FBD).** En esta sección se da el acondicionamiento de las señales, tanto de entrada como de salida, del controlador.
- **Comunicación (Tipo FBD).** Esta sección comprende todo lo relacionado con las comunicaciones hacia y desde el controlador lógico del cuarto de control.
- **Secuencia (Tipo SFC).** Es la sección que contiene el diagrama secuencial del proceso.
- **GP – 301 (Tipo FBD).** Esta sección tiene las funciones que se encargan de controlar los diferentes elementos del grupo de bombeo y además ejecuta las acciones de las etapas de la sección SFC.

- **Alarmas (Tipo FBD).** Con esta sección se monitorea las variables de proceso y se informa si alguna de ella se encuentra fuera de su rango normal de funcionamiento.

4.1.4.1. Configuración.

Para esta sección del programa se utiliza el lenguaje FBD. Como se dijo anteriormente, en esta sección se produce el acondicionamiento de las señales análogas; para ello se tienen cuatro bloques (figura 4.8) los cuales corresponden a diferentes funciones de Concept.

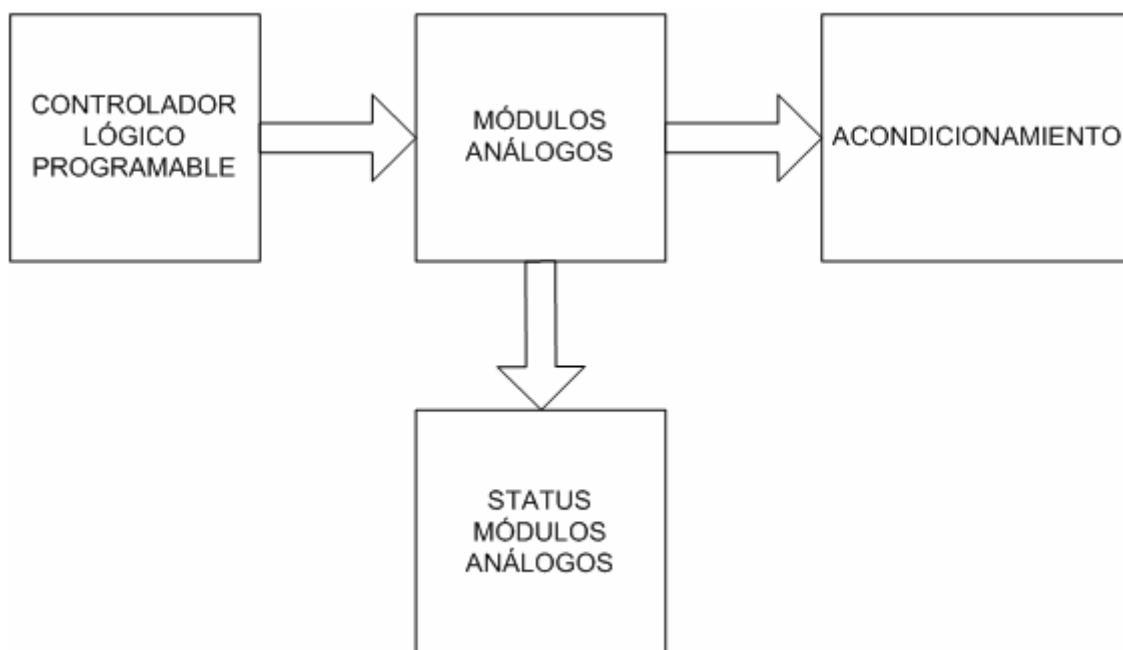


Figura 4.8. Diagrama de bloques del acondicionamiento de señal

El bloque controlador lógico programable se relaciona a la función **QUANTUM** (figura 4.9), la cual sirve para preparar los datos de configuración de un RACK Quantum para el uso posterior de las funciones de acondicionamiento. A las

salidas de esta función (salidas SLOT) se conectan las funciones para la configuración de los módulos analógicos.

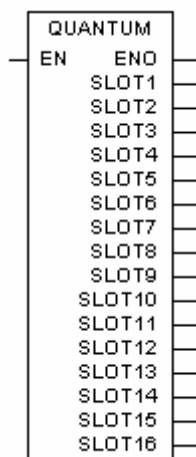


Figura 4.9. Función QUANTUM de Concept

En el bloque módulos análogos se encuentran las funciones de los módulos análogos (figura 4.10), las cuales sirven para preparar los datos de configuración de los mismos para su uso posterior por parte de las funciones de acondicionamiento. Para la configuración de la correspondiente función se conecta la entrada SLOT de la misma con la correspondiente salida SLOT de la función Quantum. Las referencias de las direcciones determinadas en el I/O MAP se asignan internamente de forma automática a los diferentes canales.

Después de ubicadas las funciones de los módulos análogos, se procede a colocar las funciones de acondicionamiento de señales, las cuales tienen una entrada **CHANNEL** que debe ser conectada a la salida correspondiente de la función de módulo análogo. Algunas de las funciones de acondicionamiento cuentan con dos entradas de tipo entero en donde se ubican los márgenes de valores para la salida, como se indica en la figura 4.11. A la salida de estas funciones se tiene una variable acondicionada y lista para ser utilizada en el resto del programa.

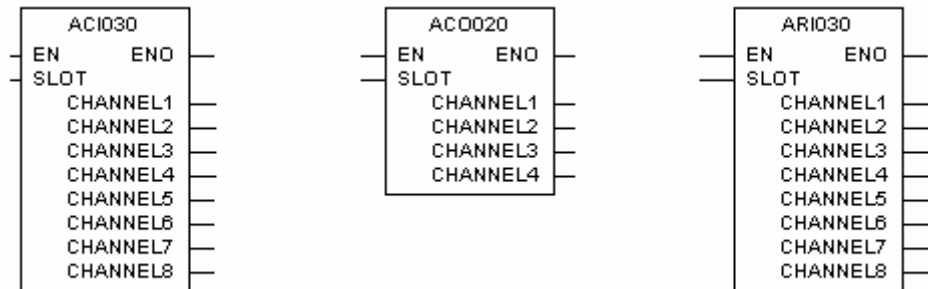


Figura 4.10. Funciones de módulos análogos de Concept

La mayoría de módulos de entradas y salidas tienen palabras de status con información necesaria respecto al estado de los mismos. Entre la información se tiene detección de cable roto y fuera de rango para cada canal. Esa información es necesaria para la detección y corrección de problemas del sistema.

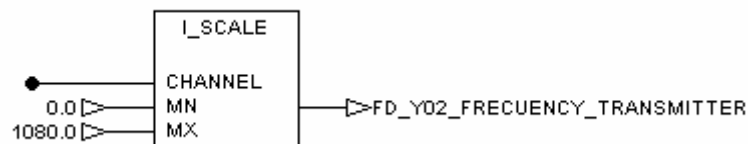


Figura 4.11. Función de acondicionamiento de Concept

Los datos de salida tanto de las funciones de los módulos análogos como de las funciones acondicionamiento son de tipo **REAL**, el cual representa el tipo de datos de un número con coma flotante. El tamaño del tipo de dato REAL es de 32 bits.

4.1.4.2. Comunicación.

Para la comunicación entre ambos controladores se utilizó la función **MBP_MSTR** (Modbus Plus Master) para la red Modbus Plus implementada. Esta función, ubicada en el controlador del cuarto de control, es la encargada del intercambio de registros entre los participantes declarados de la red Modbus Plus (figura 4.12). En este caso el PLC GP-301 actúa en calidad de esclavo.

De acuerdo a la configuración de la función **MBP_MSTR**, para la escritura en el PLC principal se utilizarán, en el PLC GP-301, 100 registros partiendo del registro 400900 (tabla 4.1), los cuales serán reflejados en el controlador del cuarto de control en 100 registros desde el 400500.

Para la operación de lectura de datos del PLC principal, se dispone en él de 100 registros, empezando desde el 400400, los cuales se reproducirán en 100 registros (tabla 4.2), partiendo del 400800, del PLC GP-301.

El tipo de dato estándar para el intercambio mediante la función **MBP_MSTR** es **WORD**, cuyo tamaño es 16 bits. De allí que para transmitir valores de tipo **REAL** se ocupan dos registros tipo **WORD**.

La dirección modbus plus del PLC GP-301 es igual a 2 mientras que la dirección para el PLC principal es igual a 1.

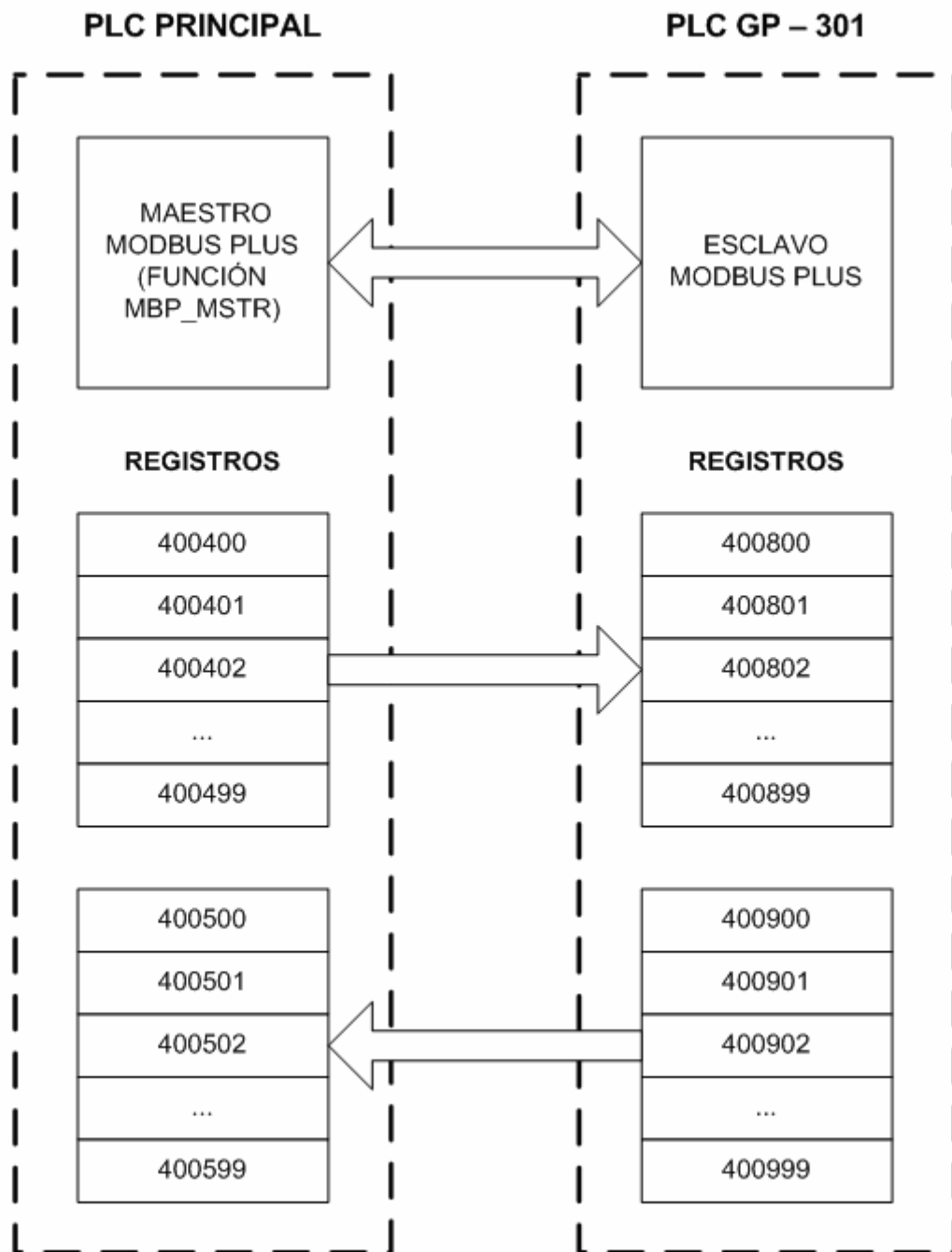


Figura 4.12. Diagrama de registros intercambiados en la comunicación de ambos PLCs

Tabla 4.1. Registros del PLC GP-301 para escritura en el PLC principal

REGISTRO	BIT	NOMBRE DE VARIABLE	DESCRIPCION
400900	0	LOW_SUCTION_PRESSURE	Baja presión de succión GP-301
	1	HIGH_DISCHARGE_PRESSURE	Alta presión de descarga GP-301
	2	PUMP_SEAL_LEAK	Goteo del sello de la bomba GP-301
	3	ENG_LUBE_OIL_HIGH_TEMP	Alta temperatura de aceite del motor GP-301
	4	AIR_LOW_PRESS	Baja presión de aire de control GP-301
	5	ENG_LUBE_OIL_LOW_PRESS	Baja presión de aceite del motor GP-301
	6	GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_PRESSU	Baja presión de aceite del multiplicador GP-301
	7	GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_FLOW	Bajo flujo de aceite del multiplicador GP-301
	8		
	9	VENT_FAN_FLOW	Bajo flujo del ventilador GP-301
	10	VIBRATION_SWITCH_PUMP	Vibración de la bomba GP-301
	11	VIBRATION_SWITCH_GEARBOX	Vibración del multiplicador GP-301
	12	START_FIELD	Pulsador arranque remoto del motor GP-301
	13	STOP_FIELD	Pulsador parada remota del motor GP-301
	14	S_LOC_REM	Selector Local - Remoto GP-301
15	S_AUT_MAN	Selector Manual - Automático GP-301	
400901	0	OPEN_LOCAL_MOV311	Apertura local de válvula succión GP-301
	1	CLOSE_LOCAL_MOV311	Cierre local de válvula succión GP-301
	2	MOV311_OPEN	Válvula de succión abierta GP-301
	3	MOV311_CLOSE	Válvula de succión cerrada GP-301
	4		
	5		
	6		
	7		
	8	OPEN_LOCAL_MOV312	Apertura local de válvula descarga GP-301
	9	CLOSE_LOCAL_MOV312	Cierre local de válvula descarga GP-301
	10	MOV312_OPEN	Válvula de descarga abierta GP-301
	11	MOV312_CLOSE	Válvula de descarga cerrada GP-301
	12		
	13		
	14	OL_PRE_LUB_OIL_PUMP	Ready motor de la bomba de pre-lubricación GP-301
15	CONT_ON_PRE_LUB_OIL_PUMP	Contactador on del motor de la bomba de pre-lubricación GP-301	
400902	0	BOMBA_LUB_MULT	Activado motor del bomba lubricador multiplicador GP-301
	1	VENT_RAD_MOTOR	Activado motor del radiador del ventilador GP-301
	2	CLOSE_MOV311	Cerrar válvula de succión GP-301
	3	OPEN_MOV311	Abrir válvula de succión GP-301
	4	CLOSE_MOV312	Cerrar válvula de descarga GP-301
	5	OPEN_MOV312	Abrir válvula de descarga GP-301
	6		Válvula succión abierta GP-301
	7		Válvula descarga abierta GP-301
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
15			
400903	0	ENGINE_START	Activado motor GP-301
	1	ENGINE_STOP	Apagado motor GP-301
	2	ENGINE_LOAD	Motor con carga GP-301
	3	SV301_BY_PASS	Abierta válvula de recirculación GP-301
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10	PRE_LUB_OIL_PUMP	Activado motor de la bomba de pre-lubricación GP-301
	11		
	12		
	13		
	14		
15			

REGISTRO	BIT	NOMBRE DE VARIABLE	DESCRIPCION
400904	0	OPER_NORMAL	Operación normal GP-301
	1	GRUPO_CARGA	Grupo con carga GP-301
	2	ACTIVA_PASO5	Paso 5 activo GP-301
	3	PASO_INICIAL	Paso inicial GP-301
	4	ARRANQUE_CALIENTE	Arranque caliente GP-301
	5	ALARMAS_ON_OFF_GP301	Alarmas discretas GP-301
	6	LISTO_CARGAR	Listo para ingresar carga GP-301
	7	ALARMA_PT_01_SUCCION	Alarma presión succión GP-301
	8	ALARMA_PT_01_DESCARGA	Alarma presión descarga GP-301
	9	ALARMA_SOBREVEL	Alarma sobrevelocidad GP-301
	10	ALARMA_RTDs	Alarma RTD GP-301
	11	GRUPO_RELANTI	Velocidad de relantín GP-301
	12		
	13		
	14		
15			
400905	0	ALARMA_AGUA_G301	Alarma temp. Agua GP-301
	1	ALARMA_ESCAPE_G301	Alarma temp. Escape GP-301
	2	ALARMA_BEAR_LS_IN_P301	Alarma temp. cojinete interior baja velocidad GP-301
	3	ALARMA_BEAR_LS_OUT_P301	Alarma temp. cojinete exterior baja velocidad GP-301
	4	ALARMA_BEAR_HS_IN_P301	Alarma temp. cojinete interior alta velocidad GP-301
	5	ALARMA_BEAR_HS_OUT_P301	Alarma temp. cojinete exterior alta velocidad GP-301
	6	ALARMA_PMP_BEAR_IN_P301	Alarma temp. cojinete interior de la bomba GP-301
	7	ALARMA_TEMP_PMP_CASE_P301	Alarma temp. case de la bomba GP-301
	8	ALARMA_PMP_BEAR_OUT_P301	Alarma temp. cojinete exterior de la bomba GP-301
	9	ALARMA_BEAR_THRUST	Alarma temp. cojinete de empuje GP-301
	10	ALARMA_OIL	Alarma temp. aceite del motor GP-301
	11		
	12		
	13		
	14		
15			
400906	0	ALARMA_HIGH_DISCHARGE_PRESSURE	Alarma alta presión de descarga GP-301
	1	ALARMA_PUMP_SEAL_LEAK	Alarma goteo del sello de la bomba GP-301
	2	ALARMA_ENG_LUBE_OIL_HIGH_TEMP	Alarma alta temperatura de aceite del motor GP-301
	3	ALARMA_VIBRATION_SWITCH_PUMP	Alarma vibración de la bomba GP-301
	4	ALARMA_VIBRATION_SWITCH_GEARBOX	Alarma vibración del multiplicador GP-301
	5	ALARMA_AIR_LOW_PRESS	Alarma baja presión de aire de control GP-301
	6	ALARMA_LOW_SUCTION_PRESSURE	Alarma baja presión de succión GP-301
	7	ALARMA_ENG_LUBE_OIL_LOW_PRESS	Alarma baja presión de aceite del motor GP-301
	8	ALARMA_GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_PRESSU	Alarma baja presión de aceite del multiplicador GP-301
	9	ALARMA_GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_FLOW	Alarma bajo flujo de aceite del multiplicador GP-301
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
15			
400907	0	BROKEN_WIRE_CH1_ACI030	ACI030 cable roto canal 1 GP-301
	1	BROKEN_WIRE_CH2_ACI030	ACI030 cable roto canal 2 GP-301
	2	BROKEN_WIRE_CH3_ACI030	ACI030 cable roto canal 3 GP-301
	3	BROKEN_WIRE_CH4_ACI030	ACI030 cable roto canal 4 GP-301
	4	BROKEN_WIRE_CH5_ACI030	ACI030 cable roto canal 5 GP-301
	5	BROKEN_WIRE_CH6_ACI030	ACI030 cable roto canal 6 GP-301
	6	BROKEN_WIRE_CH7_ACI030	ACI030 cable roto canal 7 GP-301
	7	BROKEN_WIRE_CH8_ACI030	ACI030 cable roto canal 8 GP-301
	8	BROKEN_WIRE_CH1_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 1 GP-301
	9	BROKEN_WIRE_CH2_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 2 GP-301
	10	BROKEN_WIRE_CH3_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 3 GP-301
	11	BROKEN_WIRE_CH4_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 4 GP-301
	12	BROKEN_WIRE_CH5_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 5 GP-301
	13	BROKEN_WIRE_CH6_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 6 GP-301
	14	BROKEN_WIRE_CH7_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 7 GP-301
15	BROKEN_WIRE_CH8_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 8 GP-301	

REGISTRO	BIT	NOMBRE DE VARIABLE	DESCRIPCION
400909	0	BROKEN_WIRE_CH1_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 1 GP-301
	1	BROKEN_WIRE_CH2_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 2 GP-301
	2	BROKEN_WIRE_CH3_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 3 GP-301
	3	BROKEN_WIRE_CH4_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 4 GP-301
	4	BROKEN_WIRE_CH5_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 5 GP-301
	5	BROKEN_WIRE_CH6_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 6 GP-301
	6	BROKEN_WIRE_CH7_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 7 GP-301
	7	BROKEN_WIRE_CH8_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 8 GP-301
	8	BROKEN_WIRE_CH1_ATI	ATI030 cable roto canal 1 GP-301
	9	BROKEN_WIRE_CH2_ATI	ATI030 cable roto canal 2 GP-301
	10	BROKEN_WIRE_CH3_ATI	ATI030 cable roto canal 3 GP-301
	11	BROKEN_WIRE_CH4_ATI	ATI030 cable roto canal 4 GP-301
	12	BROKEN_WIRE_CH5_ATI	ATI030 cable roto canal 5 GP-301
	13	BROKEN_WIRE_CH6_ATI	ATI030 cable roto canal 6 GP-301
	14	BROKEN_WIRE_CH7_ATI	ATI030 cable roto canal 7 GP-301
15	BROKEN_WIRE_CH8_ATI	ATI030 cable roto canal 8 GP-301	
400910		PT_01_SUCCION_STATION	Presión de succión GP-301
400911			
400912		PT_02_DISCHARGE_P301	Presión de descarga GP-301
400913			
400914		FD_Y01_FRECUENCY_TRANSMITTER	Sensor N.1 de velocidad GP-301
400915			
400916		FD_Y02_FRECUENCY_TRANSMITTER	Sensor N.2 de velocidad GP-301
400917			
400918		TEMP_WATER_P301	Temp. agua GP-301
400919			
400920		TEMP_ENG_EXH_P301	Temp. escape GP-301
400921			
400922		TEMP_GBX_BEAR_LS_IN_P301	Temp. cojinete interior baja velocidad GP-301
400923			
400924		TEMP_GBX_BEAR_LS_OUT_P301	Temp. cojinete exterior baja velocidad GP-301
400925			
400926		TEMP_GBX_BEAR_HS_IN_P301	Temp. cojinete interior alta velocidad GP-301
400927			
400928		TEMP_GBX_BEAR_HS_OUT_P301	Temp. cojinete exterior alta velocidad GP-301
400929			
400930		TEMP_PMP_BEAR_IN_P301	Temp. cojinete interior de la bomba GP-301
400931			
400932		TEMP_PMP_CASE_P301	Temp. case de la bomba GP-301
400933			
400934		TEMP_PMP_BEAR_OUT_P301	Temp. cojinete exterior de la bomba GP-301
400935			
400936		TEMP_BEAR_THRUST	Temp. cojinete de empuje GP-301
400937			
400938		TEMP_OIL	Temp. aceite del motor GP-301
400939			
400940		TMP_CULATA_1	Temp. culata 1 GP-301
400941			
400942		TMP_CULATA_2	Temp. culata 2 GP-301
400943			
400944		TMP_CULATA_3	Temp. culata 3 GP-301
400945			
400946		TMP_CULATA_4	Temp. culata 4 GP-301
400947			
400948		TMP_CULATA_5	Temp. culata 5 GP-301
400949			
400950		TMP_CULATA_6	Temp. culata 6 GP-301
400951			
400952		TMP_CULATA_7	Temp. culata 7 GP-301
400953			
400954		TMP_CULATA_8	Temp. culata 8 GP-301
400955			

Tabla 4.2. Registros del PLC GP-301 para lectura en el PLC principal

REGISTRO	BIT	NOMBRE DE VARIABLE	DESCRIPCION
400800	0	PLC_PPAL_ACK_ALARMAS	CR reconocimiento de alarmas
	1	PLC_PPAL_RESET_ALARMAS	CR reset alarmas
	2	PLC_PPAL_READY	CR ready
	3	PLC_PPAL_RDY_BOM_LUBRIC_MULT	CR ready del motor de la bomba del multiplicador
	4	PLC_PPAL_CNT_ON_BOM_LUBRIC_MULT	CR contactor on del motor de la bomba del multiplicador
	5	PLC_PPAL_RDY_VENT_RAD_MOT	CR ready del motor del ventilador del radiador
	6	PLC_PPAL_CNT_VENT_RAD_MOT	CR contactor on del motor del ventilador del radiador
	7	PLC_PPAL_RDY_MOV311	CR ready del motor de la válvula de succión
	8	PLC_PPAL_CNT_ON_ABRIR_MOV311	CR contactor on del motor de la válvula de succión para abertura
	9	PLC_PPAL_CNT_ON_CERRAR_MOV311	CR contactor on del motor de la válvula de succión para cierre
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15	PLC_PPAL_PARADA_EMERGENCIA	CR parada de emergencia de la estación
400801	0	PLC_PPAL_RDY_MOV312	CR ready del motor de la válvula de descarga
	1	PLC_PPAL_CNT_ON_ABRIR_MOV312	CR contactor on del motor de la válvula de descarga para abertura
	2	PLC_PPAL_CNT_ON_CERRAR_MOV312	CR contactor on del motor de la válvula de descarga para cierre
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
400802	0	PLC_PPAL_START_INT_GP301	CR HMI arranque GP-301
	1	PLC_PPAL_STOP_INT_GP301	CR HMI detener GP-301
	2	PLC_PPAL_LOAD_INT_GP301	CR HMI ingresar carga GP-301
	3	PLC_PPAL_IDLE_INT_GP301	CR HMI sin carga GP-301
	4	PLC_PPAL_RESET_INT_ALARMAS	CR HMI reset alarma GP-301
	5		
	6		
	7		
	8		
	9	PLC_PPAL_OPEN_INT_MOV312	CR HMI abrir válvula descarga GP-301
	10	PLC_PPAL_CLOSE_INT_MOV312	CR HMI cerrar válvula descarga GP-301
	11	PLC_PPAL_STOP_INT_MOV312	CR HMI detener motor válvula descarga GP-301
	12	PLC_PPAL_OPEN_INT_MOV311	CR HMI abrir válvula succión GP-301
	13	PLC_PPAL_CLOSE_INT_MOV311	CR HMI cerrar válvula succión GP-301
	14	PLC_PPAL_STOP_INT_MOV311	CR HMI detener motor válvula succión GP-301
	15		
400803	0	PLC_PPAL_START_INT_VEN_RAD_MOT	CR HMI arranque motor ventilador del radiador GP-301
	1	PLC_PPAL_STOP_INT_VEN_RAD_MOT	CR HMI parada motor ventilador del radiador GP-301
	2	PLC_PPAL_START_INT_BOM_LUB_MULT	CR HMI arranque motor bomba lubricador del multiplicador GP-301
	3	PLC_PPAL_STOP_INT_BOM_LUB_MULT	CR HMI parada motor bomba lubricador del multiplicador GP-301
	4	PLC_PPAL_START_INT_BOM_PREL_MOT	CR HMI arranque motor bomba pre-lubricador del motor GP-301
	5	PLC_PPAL_STOP_INT_BOM_PREL_MOT	CR HMI parada motor bomba pre-lubricador del motor GP-301
	6	PLC_PPAL_OPEN_INT_SV311	CR HMI abrir válvula recirculación GP-301
	7	PLC_PPAL_CLOSE_INT_SV311	CR HMI cerrar válvula recirculación GP-301
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		

REGISTRO	BIT	NOMBRE DE VARIABLE	DESCRIPCION
400808 400809		PLC_PPAL_SP_VELOCIDAD	CR set point velocidad GP-301
400810 400811		PLC_PPAL_SP_PT01_SUCCION_STATION	CR set point presión de succión GP-301
400812 400813		PLC_PPAL__SP_PT02_DISCHARGE	CR set point presión de descarga GP-301
400814 400815		PLC_PPAL_SP_TEMP_WATER_LL	CR set point temp. agua GP-301
400816 400817		PLC_PPAL_SP_TEMP_ENG_EXH	CR set point temp. escape GP-301
400818 400819		PLC_PPAL_SP_TEMP_GBX_BEAR_LS_IN	CR set point temp. cojinete interior baja velocidad GP-301
400820 400821		PLC_PPAL_SP_TEMP_GBX_BEAR_LS_OUT	CR set point temp. cojinete exterior baja velocidad GP-301
400822 400823		PLC_PPAL_SP_TEMP_GBX_BEAR_HS_IN	CR set point temp. cojinete interior alta velocidad GP-301
400824 400825		PLC_PPAL_SP_TEMP_GBX_BEAR_HS_OUT	CR set point temp. cojinete exterior alta velocidad GP-301
400826 400827		PLC_PPAL_SP_TEMP_PMP_BEAR_IN	CR set point temp. cojinete interior de la bomba GP-301
400828 400829		PLC_PPAL_SP_TEMP_PMP_CASE	CR set point temp. case de la bomba GP-301
400830 400831		PLC_PPAL_SP_TEMP_PMP_BEAR_OUT	CR set point temp. cojinete exterior de la bomba GP-301
400832 400833		PLC_PPAL_SP_TEMP_BEAR_THRUST	CR set point temp. cojinete de empuje GP-301
400834 400835		PLC_PPAL_SP_TEMP_OIL	CR set point temp. aceite del motor GP-301

4.1.4.3. Secuencia.

Esta sección sirve como identificación del paso en el cual se encuentra el proceso de bombeo con el nuevo sistema de control. Estos paso se encuentran ligados a los explicados previamente en el apartado 4.1.1. Diagrama de flujo del proceso, de allí que se realizará una analogía entre ellos para la explicación de esta sección. En la figura 4.13 se indica la sección secuencia programada en SFC, cuyos elementos son:

- **INICIO.** El sistema se encuentra apagado, todos los motores se hallan apagados y las válvulas cerradas, con excepción de la válvula de succión y la de recirculación de combustible.

- **TR1.** Para activar esta transición se debe arrancar el grupo P – 301 desde el software HMI, interfaz de operar o tablero local. Una vez activada una transición se procede al siguiente paso.

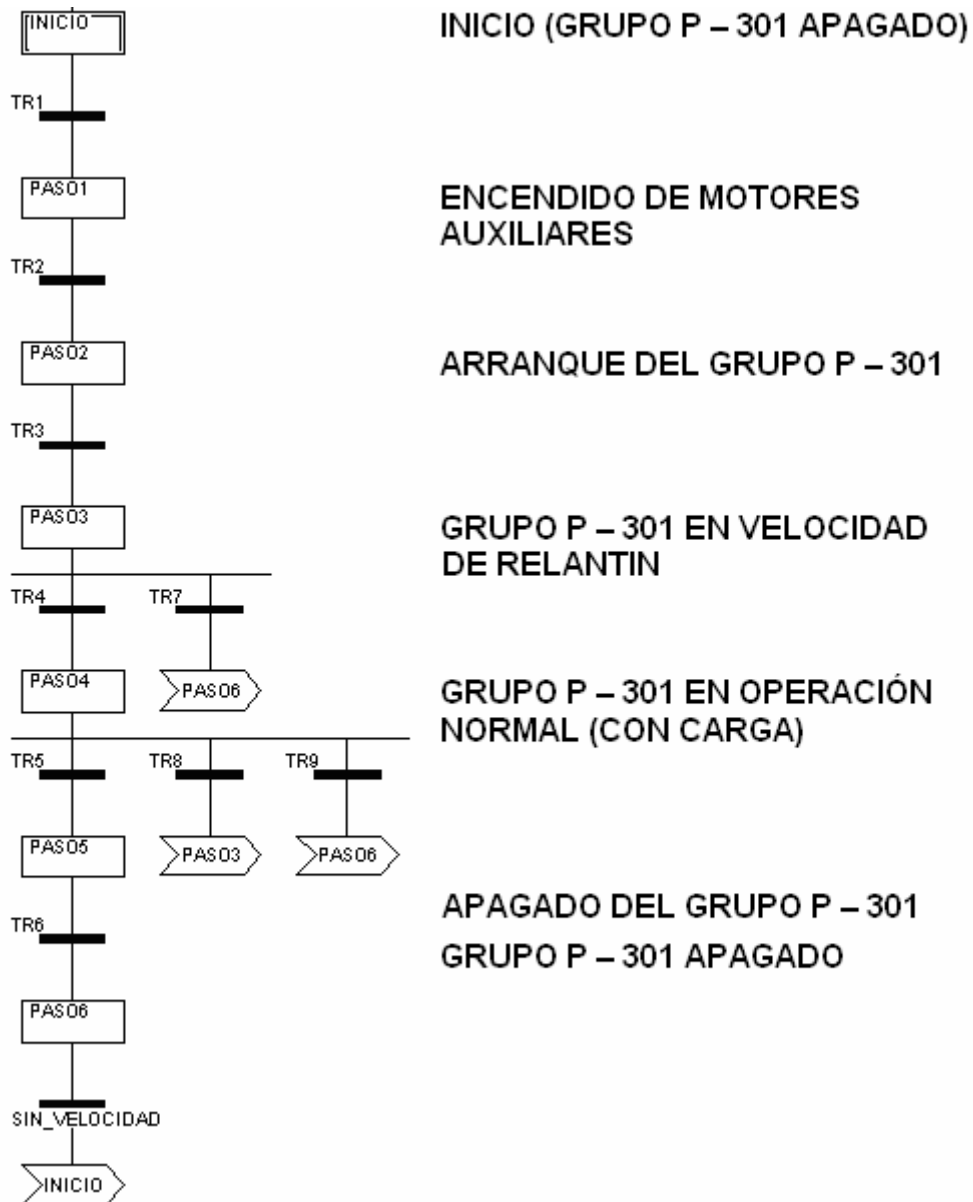


Figura 4.13. Secuencia SFC del programa del PLC GP-301

- **PASO 1.** Se encienden los motores del radiador del grupo y la bomba de lubricación de multiplicador.

- **TR2.** El encendido de los motores auxiliares resulta en la activación esta transición y el subsiguiente avance al paso 2.
- **PASO 2.** Se activa la válvula de arranque produciendo que el grupo de bombeo empiece a funcionar.
- **TR3.** Con la comprobación del arranque del motor se pasa la siguiente etapa (paso 3).
- **PASO 3.** En este paso el motor alcanza la velocidad de relantín. La válvula de arranque se cierra y la válvula de descarga se abre.
- **TR4.** Para avanzar al paso 4 se deben cumplir las condiciones para ingresar carga (velocidad de relantín, válvula de succión y descarga abiertas, señales monitoreadas en un rango normal de operación) y además se debe ingresar carga al motor (a través del software HMI, interfaz de operador o tablero de control).
- **TR7.** Para ir al paso 6 desde el paso 3 se debe dar un paro por sobre tiempo de arranque (tiempo superior a 20 segundos sin que el motor alcance la velocidad de relantín) o porque alguna señal monitoreada del grupo se encuentre fuera de su rango normal de operación.
- **PASO 4.** Se activa la válvula de carga mientras que la válvula de recirculación de combustible se cierra. En este paso el sistema se encuentra en operación normal.

-
- **TR5.** Para proceder al paso 5 se debe apagar el grupo de bombeo desde el tablero de control, interfaz de operador o software HMI.
 - **TR8.** Para regresar paso 3 se debe quitar carga al grupo de bombeo desde el sistema SCADA.
 - **TR9.** Esta transición lleva al paso 6 debido a un problema con alguna señal monitoreada del grupo.
 - **PASO 5.** Paso en el que la velocidad del grupo debe alcanzar la velocidad de relantín.
 - **TR6.** Para avanzar al paso 6 el grupo debe estar en velocidad de relantín.
 - **PASO 6.** En este paso se abre la válvula de recirculación y se cierra la válvula de descarga. También se activa la válvula de detención provocando que el motor pare. Se activa la señal que produce que los motores del ventilador y de la bomba de lubricación continúen funcionando por 10 minutos.
 - **SIN_VELOCIDAD.** Una vez que el grupo este totalmente detenido puede volver al paso inicial.

Para la activación de los distintos elementos mencionados en cada etapa se utiliza una variable que se activa cuando el proceso se encuentra en ese paso facilitando así la ejecución del proceso.

4.1.4.4. GP – 301.

Esta sección se encuentra ligada completamente a la anterior, pues se encarga de realizar las actividades descritas en cada paso y además activa las transiciones.

Como se indica en la figura 4.14, cuando el proceso se encuentra en determinado paso se produce la activación de una variable. Esta variable a su vez sirve para la activación de las acciones correspondientes al paso en el que se encuentra. Esta variable es única para cada paso y se desactiva una vez que el proceso haya dejado el mismo. Para la activación de las transiciones se deben cumplir una serie de condiciones que permiten que se active una variable de transición la cual permite que el proceso continúe. En caso de que las condiciones no se cumplan el proceso se mantendrá en el mismo paso.

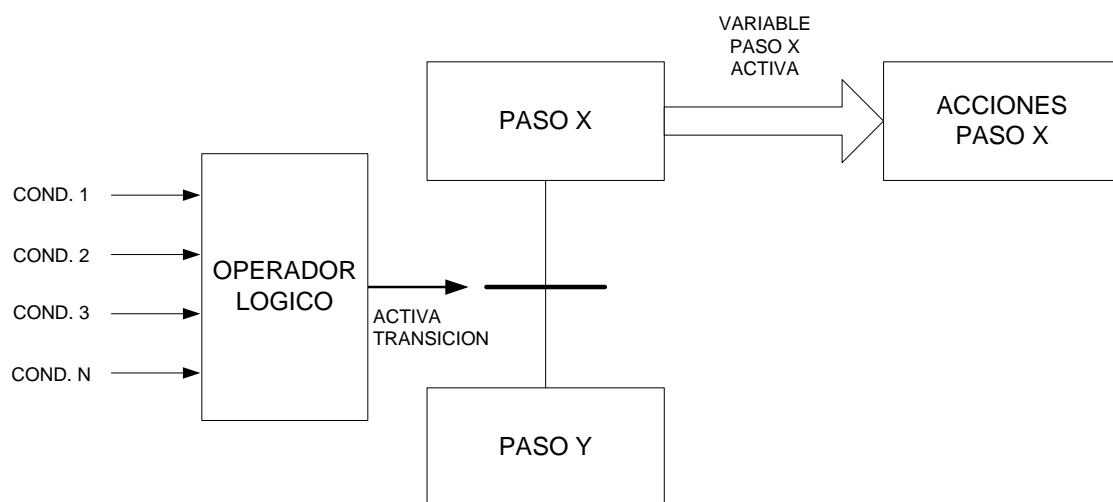


Figura 4.14. Diagrama de funcionamiento de la sección GP-301

Esta sección se caracteriza por el extenso uso de funciones de operadores lógicos (AND, OR), timers (TON, TP) y otras (RS, ADD_INT, SYSCLOCK).

4.1.4.5. Alarmas.

En esta sección se encuentra el procedimiento con el cual se define si una señal monitoreada del grupo de bombeo se encuentra fuera de su rango normal de operación. Existen dos tipos de señales monitoreadas, discretas y análogas, y cada una cuenta con un procedimiento distinto para detectar y reportar la misma al programa del PLC y al sistema SCADA.

En el caso de las señales análogas, el procedimiento para cada una de ellas se indica en la figura 4.15. En el se puede ver que existen dos variables que definen una alarma, estas son pre-alarma y alarma0. La pre-alarma, como su nombre lo indica, es una instancia previa a la manifestación de una alarma; para ello se tiene una comparación (Comparación I en la figura 4.15) entre el valor de la señal monitoreada y el set point de la misma restado un valor X. Al ser ambos valores semejantes se da la activación de la variable Pre-alarma.

La variable alarma0 se activa cuando el valor de la señal monitoreada es igual al valor de su set point por un determinado tiempo (alrededor de 5 segundos). Al producirse la activación de ambas variables, y mediante una comparación lógica AND, se activa la variable **ALARMA**, la cual sirve como acción para tomar los correctivos para el buen desempeño del grupo de bombeo y, a su vez, para reportar al sistema SCADA. Entre las señales que con su alarma apagan el grupo de bombeo se tiene a las señales de temperatura (todas a excepción de las temperaturas de culatas), señal de presión de entrada y salida, señal de velocidad.

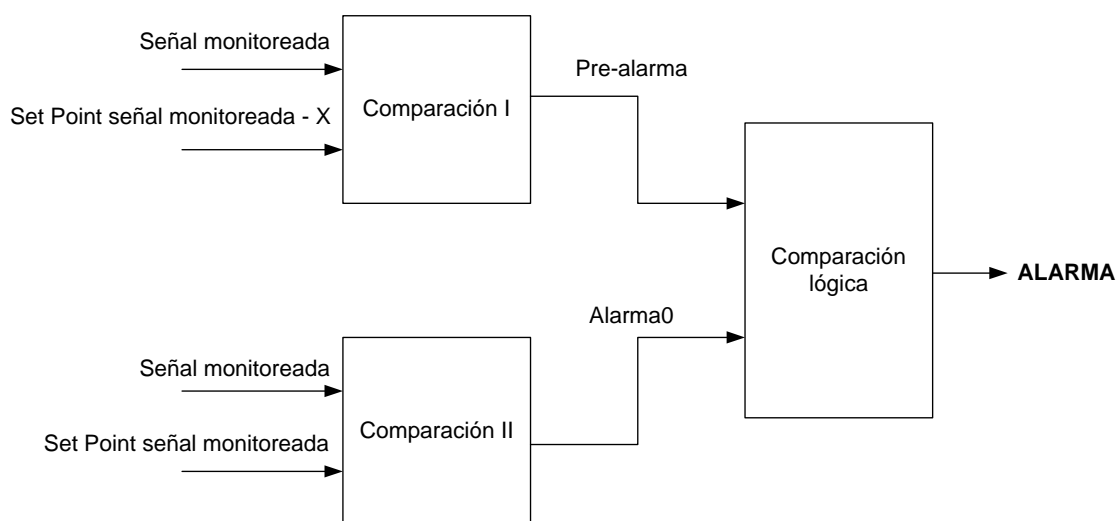


Figura 4.15. Diagrama de bloques de la activación de una alarma

Para la activación de una alarma de alguna señal discreta únicamente se comprueba que la misma se encuentre activa por más de 5 segundos, tiempo después del cual se procede a apagar el grupo de bombeo P – 301 y a reportar la activación de la alarma al sistema SCADA.

4.1.5. Programación del controlador del cuarto de control (PLC PRINCIPAL)

El programa del PLC principal es el encargado de operar los motores auxiliares del grupo de bombeo y de administrar la comunicación con el controlador del grupo P – 301, con el sistema SCADA y la interfaz de operador. El programa completo al igual que la lista de variables usadas por controlador lógico del cuarto de control se encuentra en el **ANEXO II** de este documento.

Para arrancar con la programación es esencial realizar la configuración del I/O MAP del programa. Esta configuración debe estar acorde con la ubicación de los diferentes módulos en el RACK del PLC (figura 4.16).

SLOT 1	SLOT 2	SLOT 3	SLOT 4	SLOT 5	SLOT 6	SLOT 7	SLOT 8	SLOT 9	SLOT 10
140 CPU 434 12 CPU QUANTUM	140 NOE 771 11 MODULO ETHERNET 172.10.141.40	140 DDI 353 00 ENTRADA DISCRETA 24VDC 10001 - 100032	140 DDO 353 00 SALIDAS DISCRETAS 24VDC 00001 - 000032	SLOT DISPONIBLE	SLOT DISPONIBLE	SLOT DISPONIBLE	SLOT DISPONIBLE	SLOT DISPONIBLE	140 CPS 114 20 FUENTE DE PODER

Figura 4.16. Configuración del RACK de PLC PRINCIPAL

Una vez efectuada esta configuración se deben crear las secciones del programa. El programa del controlador del cuarto de control consta de tres secciones, las cuales son:

- **Configuración (Tipo FBD).** En esta sección se encuentra la configuración de la comunicación con el controlador del grupo de bombeo P – 301.
- **Comunicación GP-301 (Tipo FBD).** Esta sección contiene lo relacionado con los registros intercambiados en las comunicaciones con el PLC GP-301.
- **Equipos GP-301 (Tipo FBD).** Es la sección en donde se encuentran las funciones para la activación de los motores auxiliares que manipula este controlador.

4.1.5.1. Configuración.

Esta sección es la más importante de todo el sistema pues es en esta se hallan la configuración de la comunicación con el PLC GP-301. Como se indicó en el apartado anterior, para la comunicación se utiliza la función MBP_MSTR, la cual, como indica la figura 4.17, se debe ocupar tanto para lectura como para escritura. Esta función se activa cuando el controlador arranca; en ese momento sus registros de control se encuentran vacíos, razón por la cual se tiene que cargar estos registros en el arranque del sistema.

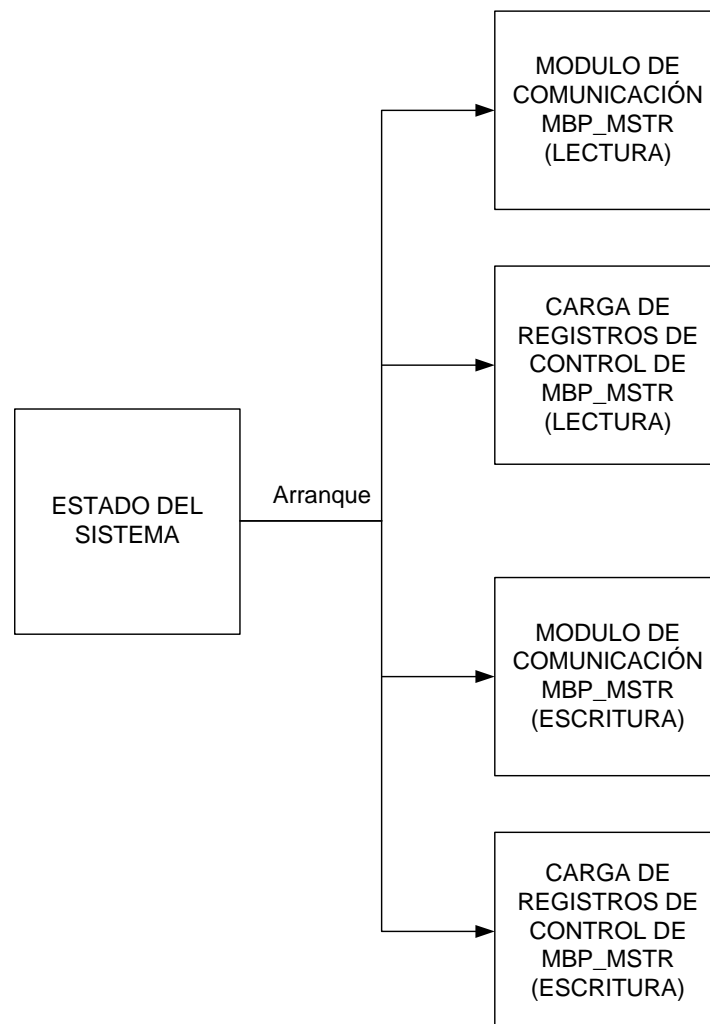


Figura 4.17. Diagrama de bloques de la configuración de la función MBP_MSTR

La función MBP_MSTR (figura 4.18) tiene los siguientes parámetros:

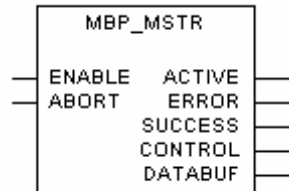


Figura 4.18. Función MBP_MSTR de Concept

- **Enable.** Es una entrada discreta que habilita la función.
- **Abort.** Entrada de tipo discreta la cual sirve para interrumpir la operación activa de la función.
- **Active.** Salida discreta la cual indica que la función se encuentra activa y funcionando.
- **Error.** Esta variable de tipo discreto indica que existe un error en la operación de la función.
- **Success.** Salida discreta que muestra que la operación fue realizada con éxito.
- **Control.** Se coloca el primer registro de una serie de nueve registros que sirven como configuración de la función. Estos nueve registros

deben ser contiguos en la localidad de memoria $4x$, como se muestra en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Descripción de los registros de control

Orden	Registro	Descripción
1	$4x$	Se especifica la operación que realiza la función
2	$4x + 1$	Indica el código del error cuando este se produzca
3	$4x + 2$	Se define el número de registros a ser transmitidos
4	$4x + 3$	Se declara la dirección de memoria de destino
5	$4x + 4$	Se especifica la dirección del participante de destino
6	$4x + 5$	0
7	$4x + 6$	0
8	$4x + 7$	0
9	$4x + 8$	0

En el primer registro se especifica la operación modbus plus válida. En este caso se tiene el valor de 1 para escritura y el valor de 2 para lectura. Para el tercer registro ($4x + 2$) debe ser declarado el número de registros a ser transmitido. De acuerdo a lo visto en el apartado 4.1.3. (Programación del controlador del grupo P – 301), para cada una de las operaciones (lectura y escritura) se ocuparán 100 registros.

En el cuarto registro se define la dirección de memoria de destino de la operación correspondiente. En el caso de la operación lectura se tiene que los registros a ser leídos por el PLC principal son 100 registros partiendo de la dirección 400900, mientras que para la operación de escritura se tiene que los registros a ser escritos por el PLC principal son los comprendidos entre la dirección 400800 y la dirección 400899 del PLC GP-301.

El quinto registro se utiliza para determinar la dirección del participante de destino en una transmisión de red. Para el caso de lectura y escritura el valor es 2, el cual, como ya se indicó previamente es la dirección modbus plus del PLC GP-301.

- **Databuf.** En este parámetro se coloca la dirección del primer registro de la zona de datos. Esta zona de datos tiene distintas funciones de acuerdo a la operación que realice la función MBP_MSTR, así, sirve como destino en el caso de la operación de lectura y como origen en el caso de la operación de escritura.

La tabla 4.4 contiene la configuración de los principales parámetros de la función para ambas operaciones.

Tabla 4.4. Parámetros de configuración de la función MBP_MSTR

Parámetro	Orden	Lectura	Escritura
CONTROL	1	2	1
	2	0	0
	3	100	100
	4	900	800
	5	2	2
	6	0	0
	7	0	0
	8	0	0
	9	0	0
DATABUF		400500	400400

4.1.5.2. Comunicación.

Todo lo relacionado al intercambio de registros entre ambos controlares se encuentran en esta sección. Las tablas 4.5 y 4.6 contienen los registros del PLC principal que son usados para la comunicación de datos con el PLC GP-301.

4.1.5.3. Equipos GP-301.

En esta sección se hallan los elementos necesarios para la activación de los motores auxiliares ubicados en el cuarto de control y las funciones que reportan el tiempo de operación de los motores al sistema SCADA.

Tabla 4.5. Registros del PLC principal para escritura en el PLC GP-301

REGISTRO	BIT	NOMBRE DE VARIABLE	DESCRIPCION
400400	0	ACK_ALARMAS	Reconocimiento de alarmas
	1	RESET_ALARMAS	Reset alarmas
	2	READY	Ready
	3	RDY_BOM_LUBRIC_MULT	Ready del motor de la bomba del multiplicador
	4	CNT_ON_BOM_LUBRIC_MULT	Contactador on del motor de la bomba del multiplicador
	5	RDY_VENT_RAD_MOTOR	Ready del motor del ventilador del radiador
	6	CNT_VENT_RAD_MOTOR	Contactador on del motor del ventilador del radiador
	7	RDY_MOV311	Ready del motor de la válvula de succión
	8	CNT_ON_OPEN_MOV311	Contactador on del motor de la válvula de succión para abertura
	9	CNT_ON_CLOSE_MOV311	Contactador on del motor de la válvula de succión para cierre
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
15	PARADA_EMERGENCIA	Parada de emergencia de la estación	
400401	0	RDY_MOV312	Ready del motor de la válvula de descarga
	1	CNT_ON_OPEN_MOV312	Contactador on del motor de la válvula de descarga para abertura
	2	CNT_ON_CLOSE_MOV312	Contactador on del motor de la válvula de descarga para cierre
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
15			
400402	0	START_INT_GP301	HMI arranque GP-301
	1	STOP_INT_GP301	HMI detener GP-301
	2	LOAD_INT_GP301	HMI ingresar carga GP-301
	3	IDLE_INT_GP301	HMI sin carga GP-301
	4	RESET_INT_ALARMAS	HMI reset alarma GP-301
	5		
	6		
	7		
	8		
	9	OPEN_INT_MOV312	HMI abrir válvula descarga GP-301
	10	CLOSE_INT_MOV312	HMI cerrar válvula descarga GP-301
	11	STOP_INT_MOV312	HMI detener motor válvula descarga GP-301
	12	OPEN_INT_MOV311	HMI abrir válvula succión GP-301
	13	CLOSE_INT_MOV311	HMI cerrar válvula succión GP-301
	14	STOP_INT_MOV311	HMI detener motor válvula succión GP-301
15			

REGISTRO	BIT	NOMBRE DE VARIABLE	DESCRIPCION
400403	0	START_INT_VEN_RAD_MOT	HMI arranque motor ventilador del radiador GP-301
	1	STOP_INT_VEN_RAD_MOT	HMI parada motor ventilador del radiador GP-301
	2	START_INT_BOM_LUB_MULT	HMI arranque motor bomba lubricador del multiplicador GP-301
	3	STOP_INT_BOM_LUB_MULT	HMI parada motor bomba lubricador del multiplicador GP-301
	4	START_INT_BOM_PREL_MOT	HMI arranque motor bomba pre-lubricador del motor GP-301
	5	STOP_INT_BOM_PREL_MOT	HMI parada motor bomba pre-lubricador del motor GP-301
	6	OPEN_INT_SV301	HMI abrir válvula recirculación GP-301
	7	CLOSE_INT_SV301	HMI cerrar válvula recirculación GP-301
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		
400408		SP_INT_VELOCIDAD	Set point velocidad GP-301
400409			
400410		400352	Set point presión de succión GP-301
400411			
400412		400354	Set point presión de descarga GP-301
400413			
400414		400356	Set point temp. agua GP-301
400415			
400416		400358	Set point temp. escape GP-301
400417			
400418		400360	Set point temp. cojinete interior baja velocidad GP-301
400419			
400420		400362	Set point temp. cojinete exterior baja velocidad GP-301
400421			
400422		400364	Set point temp. cojinete interior alta velocidad GP-301
400423			
400424		400366	Set point temp. cojinete exterior alta velocidad GP-301
400425			
400426		400368	Set point temp. cojinete interior de la bomba GP-301
400427			
400428		400370	Set point temp. case de la bomba GP-301
400429			
400430		400372	Set point temp. cojinete exterior de la bomba GP-301
400431			
400432		400374	Set point temp. cojinete de empuje GP-301
400433			
400434		400376	Set point temp. aceite del motor GP-301
400435			

Tabla 4.6. Registros del PLC principal para lectura en el PLC GP-301

REGISTRO	BIT	NOMBRE DE VARIABLE	DESCRIPCION
400500	0	PLC_GP301_LOW_SUCTION_PRESSURE	Baja presión de succión GP-301
	1	PLC_GP301_HIGH_DISCHARGE_PRESSURE	Alta presión de descarga GP-301
	2	PLC_GP301_PUMP_SEAL_LEAK	Goteo del sello de la bomba GP-301
	3	PLC_GP301_ENG_LUB_OIL_HIGH_TEMP	Alta temperatura de aceite del motor GP-301
	4	PLC_GP301_AIR_LOW_PRESS	Baja presión de aire de control GP-301
	5	PLC_GP301_ENG_LUBE_OIL_LOW_PRESS	Baja presión de aceite del motor GP-301
	6	PLC_GP301_GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_PRESS	Baja presión de aceite del multiplicador GP-301
	7	PLC_GP301_GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_FLOW	Bajo flujo de aceite del multiplicador GP-301
	8		
	9	PLC_GP301_VENT_FAN_FLOW	Bajo flujo del ventilador GP-301
	10	PLC_GP301_VIBRATION_SWITCH_PUMP	Vibración de la bomba GP-301
	11	PLC_GP301_VIBRATION_SWITCH_GEARBOX	Vibración del multiplicador GP-301
	12	PLC_GP301_START_FIELD	Pulsador arranque remoto del motor GP-301
	13	PLC_GP301_STOP_FIELD	Pulsador parada remota del motor GP-301
	14	PLC_GP301_S_LOC_REM	Selector Local - Remoto GP-301
15	PLC_GP301_S_AUT_MAN	Selector Manual - Automático GP-301	

REGISTRO	BIT	NOMBRE DE VARIABLE	DESCRIPCION
400501	0	PLC_GP301_OPEN_LOCAL_MOV311	Apertura local de válvula succión GP-301
	1	PLC_GP301_CLOSE_LOCAL_MOV311	Cierre local de válvula succión GP-301
	2	PLC_GP301_MOV311_OPEN	Válvula de succión abierta GP-301
	3	PLC_GP301_MOV311_CLOSE	Válvula de succión cerrada GP-301
	4		
	5		
	6		
	7		
	8	PLC_GP301_OPEN_LOCAL_MOV312	Apertura local de válvula descarga GP-301
	9	PLC_GP301_CLOSE_LOCAL_MOV312	Cierre local de válvula descarga GP-301
	10	PLC_GP301_MOV312_OPEN	Válvula de descarga abierta GP-301
	11	PLC_GP301_MOV312_CLOSE	Válvula de descarga cerrada GP-301
	12		
	13		
	14	PLC_GP301_OL_PRE_LUB_OIL_PUMP	Ready motor de la bomba de pre-lubricación GP-301
15	PLC_GP301_CONT_ON_PRE_LUB_OIL_PUMP	Contactador on del motor de la bomba de pre-lubricación GP-301	
400502	0	PLC_GP301_PUMP_LUB_MULT	Activado motor del bomba lubricador multiplicador GP-301
	1	PLC_GP301_FAN_RAD_MOTOR	Activado motor del radiador del ventilador GP-301
	2	PLC_GP301_CLOSE_MOV311	Cerrar válvula de succión GP-301
	3	PLC_GP301_OPEN_MOV311	Abrir válvula de succión GP-301
	4	PLC_GP301_CLOSE_MOV312	Cerrar válvula de descarga GP-301
	5	PLC_GP301_OPEN_MOV312	Abrir válvula de descarga GP-301
	6	PLC_GP301_MOV311_OPEN	Válvula succión abierta GP-301
	7	PLC_GP301_MOV312_OPEN	Válvula descarga abierta GP-301
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
15			
400503	0	PLC_GP301_ENGINE_START	Activado motor GP-301
	1	PLC_GP301_ENGINE_STOP	Apagado motor GP-301
	2	PLC_GP301_ENGINE_LOAD	Motor con carga GP-301
	3	PLC_GP301_SV301_BY_PASS	Abierta válvula de recirculación GP-301
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10	PLC_GP301_PRE_LUB_OIL_PUMP	Activado motor de la bomba de pre-lubricación GP-301
	11		
	12		
	13		
	14		
15			
400504	0	PLC_GP301_OPER_NORMAL	Operación normal GP-301
	1	PLC_GP301_GRUPO_CARGA	Grupo con carga GP-301
	2	PLC_GP301_ACTIVA_PASO5	Paso 5 activo GP-301
	3	PLC_GP301_PASO_INICIAL	Paso inicial GP-301
	4	PLC_GP301_ARRANQUE_CALIENTE	Arranque caliente GP-301
	5	PLC_GP301_ALARMAS_ON_OFF	Alarmas discretas GP-301
	6	PLC_GP301_LISTO_CARGAR	Listo para ingresar carga GP-301
	7	PLC_GP301_ALARMA_PT_01_SUCCION	Alarma presión succión GP-301
	8	PLC_GP301_ALARMA_PT_01_DESCARGA	Alarma presión descarga GP-301
	9	PLC_GP301_ALARMA_SOBREVEL	Alarma sobrevelocidad GP-301
	10	PLC_GP301_ALARMA_RTDs	Alarma RTD GP-301
	11	PLC_GP301_GRUPO_RELANTI	Velocidad de relantin GP-301
	12		
	13		
	14		
15			

REGISTRO	BIT	NOMBRE DE VARIABLE	DESCRIPCION
400505	0	PLC_GP301_ALARMA_AGUA_G301	Alarma temp. Agua GP-301
	1	PLC_GP301_ALARMA_ESCAPE_G301	Alarma temp. Escape GP-301
	2	PLC_GP301_ALARMA_BEAR_LS_IN_P301	Alarma temp. cojinete interior baja velocidad GP-301
	3	PLC_GP301_ALARMA_BEAR_LS_OUT_P301	Alarma temp. cojinete exterior baja velocidad GP-301
	4	PLC_GP301_ALARMA_BEAR_HS_IN_P301	Alarma temp. cojinete interior alta velocidad GP-301
	5	PLC_GP301_ALARMA_BEAR_HS_OUT_P301	Alarma temp. cojinete exterior alta velocidad GP-301
	6	PLC_GP301_ALARMA_PMP_BEAR_IN_P301	Alarma temp. cojinete interior de la bomba GP-301
	7	PLC_GP301_ALARMA_TEMP_PMP_CASE_P301	Alarma temp. case de la bomba GP-301
	8	PLC_GP301_ALARMA_PMP_BEAR_OUT_P301	Alarma temp. cojinete exterior de la bomba GP-301
	9	PLC_GP301_ALARMA_BEAR_THRUST	Alarma temp. cojinete de empuje GP-301
	10	PLC_GP301_ALARMA_OIL	Alarma temp. aceite del motor GP-301
	11		
	12		
	13		
	14		
15			
400506	0	PLC_GP301_AL_HIGH_PRES_DIS	Alarma alta presión de descarga GP-301
	1	PLC_GP301_AL_PMP_SEAL_LEAK	Alarma goteo del sello de la bomba GP-301
	2	PLC_GP301_AL_ENG_LUBE_OIL_HTEMP	Alarma alta temperatura de aceite del motor GP-301
	3	PLC_GP301_AL_VIB_SW_PMP	Alarma vibración de la bomba GP-301
	4	PLC_GP301_AL_VIB_SW_GBX	Alarma vibración del multiplicador GP-301
	5	PLC_GP301_AL_AIR_LOW_PRES	Alarma baja presión de aire de control GP-301
	6	PLC_GP301_AL_LOW_SUC_PRES	Alarma baja presión de succión GP-301
	7	PLC_GP301_AL_ENG_LUB_OIL_LPRES	Alarma baja presión de aceite del motor GP-301
	8	PLC_GP301_AL_GBX_LUB_OIL_LPRES	Alarma baja presión de aceite del multiplicador GP-301
	9	PLC_GP301_AL_GBX_LUB_OIL_LFLOW	Alarma bajo flujo de aceite del multiplicador GP-301
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
15			
400507	0	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH1_ACI030	ACI030 cable roto canal 1 GP-301
	1	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH2_ACI030	ACI030 cable roto canal 2 GP-301
	2	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH3_ACI030	ACI030 cable roto canal 3 GP-301
	3	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH4_ACI030	ACI030 cable roto canal 4 GP-301
	4	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH5_ACI030	ACI030 cable roto canal 5 GP-301
	5	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH6_ACI030	ACI030 cable roto canal 6 GP-301
	6	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH7_ACI030	ACI030 cable roto canal 7 GP-301
	7	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH8_ACI030	ACI030 cable roto canal 8 GP-301
	8	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH1_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 1 GP-301
	9	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH2_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 2 GP-301
	10	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH3_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 3 GP-301
	11	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH4_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 4 GP-301
	12	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH5_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 5 GP-301
	13	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH6_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 6 GP-301
	14	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH7_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 7 GP-301
15	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH8_ARI1	ARI030 N.1 cable roto canal 8 GP-301	
400509	0	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH1_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 1 GP-301
	1	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH2_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 2 GP-301
	2	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH3_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 3 GP-301
	3	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH4_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 4 GP-301
	4	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH5_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 5 GP-301
	5	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH6_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 6 GP-301
	6	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH7_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 7 GP-301
	7	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH8_ARI2	ARI030 N.2 cable roto canal 8 GP-301
	8	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH1_ATI	ATI030 cable roto canal 1 GP-301
	9	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH2_ATI	ATI030 cable roto canal 2 GP-301
	10	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH3_ATI	ATI030 cable roto canal 3 GP-301
	11	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH4_ATI	ATI030 cable roto canal 4 GP-301
	12	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH5_ATI	ATI030 cable roto canal 5 GP-301
	13	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH6_ATI	ATI030 cable roto canal 6 GP-301
	14	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH7_ATI	ATI030 cable roto canal 7 GP-301
15	PLC_GP301_BROKEN_WIRE_CH8_ATI	ATI030 cable roto canal 8 GP-301	

REGISTRO	BIT	NOMBRE DE VARIABLE	DESCRIPCION
400510 400511		PLC_GP301_PT_01_SUCCION_STATION	Presión de succión GP-301
400512 400513		PLC_GP301_PT_02_DISCHARGE_P301	Presión de descarga GP-301
400514 400515		PLC_GP301_FDY01_FRECUENCY_TRANSM	Sensor N.1 de velocidad GP-301
400516 400517		PLC_GP301_FDY02_FRECUENCY_TRANSM	Sensor N.2 de velocidad GP-301
400518 400519		PLC_GP301_TEMP_WATER	Temp. agua GP-301
400520 400521		PLC_GP301_TEMP_ENG_EXH	Temp. escape GP-301
400522 400523		PLC_GP301_TEMP_GBX_BEAR_LS_IN	Temp. cojinete interior baja velocidad GP-301
400524 400525		PLC_GP301_TEMP_GBX_BEAR_LS_OUT	Temp. cojinete exterior baja velocidad GP-301
400526 400527		PLC_GP301_TEMP_GBX_BEAR_HS_IN	Temp. cojinete interior alta velocidad GP-301
400528 400529		PLC_GP301_TEMP_GBX_BEAR_HS_OUT	Temp. cojinete exterior alta velocidad GP-301
400530 400531		PLC_GP301_TEMP_PMP_BEAR_IN	Temp. cojinete interior de la bomba GP-301
400532 400533		PLC_GP301_TEMP_PMP_CASE	Temp. case de la bomba GP-301
400534 400535		PLC_GP301_TEMP_PMP_BEAR_OUT	Temp. cojinete exterior de la bomba GP-301
400536 400537		PLC_GP301_TEMP_BEAR_THRUST	Temp. cojinete de empuje GP-301
400538 400539		PLC_GP301_TEMP_OIL	Temp. aceite del motor GP-301
400540 400541		PLC_GP301_TEMP_CULATA1	Temp. culata 1 GP-301
400542 400543		PLC_GP301_TEMP_CULATA2	Temp. culata 2 GP-301
400544 400545		PLC_GP301_TEMP_CULATA3	Temp. culata 3 GP-301
400546 400547		PLC_GP301_TEMP_CULATA4	Temp. culata 4 GP-301
400548 400549		PLC_GP301_TEMP_CULATA5	Temp. culata 5 GP-301
400550 400551		PLC_GP301_TEMP_CULATA6	Temp. culata 6 GP-301
400552 400553		PLC_GP301_TEMP_CULATA7	Temp. culata 7 GP-301
400554 400555		PLC_GP301_TEMP_CULATA8	Temp. culata 8 GP-301

4.2. SIMULACION

4.2.1. Simulador

El software de programación Concept tiene una herramienta la cual permite simular un controlador lógico programable. Esta herramienta se llama **SIMULATOR 32 BITS** y se muestra en la figura 4.19. En esta herramienta se

puede simular valores de registros discretos con dirección 0x y 1x, y valores analógicos con dirección 3x y 4x.

Se utiliza este simulador para comprobar que el funcionamiento del programa sea el correcto previo a su carga en el controlador. Para acceder a esta herramienta se debe arrancar el programa SIMULATOR 32 BITS y seleccionar el PLC. Una vez hecho esto, se recurre a la ventana de **CONNECT** que se encuentran en el menú **ONLINE** de la barra de menú de Concept. En esta ventana (figura 4.20) se debe seleccionar como protocolo **IEC SIMULATOR (32-bits)**. En ese momento Concept se conecta al simulador. Se descarga el programa en el simulador y se recurre a las opciones de animar, resaltadas en el recuadro 1 de la figura 4.21, las cuales permiten observar los valores de las variables, como se indica en la figura 4.21, logrando así comprobar el correcto funcionamiento del programa antes de su carga en el controlador.

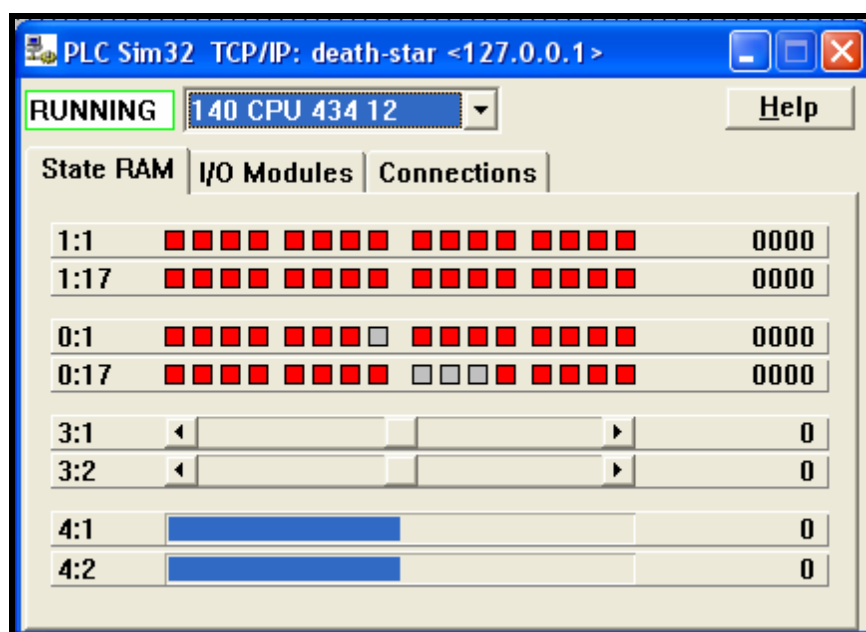


Figura 4.19. Herramienta Simulador 32 bits

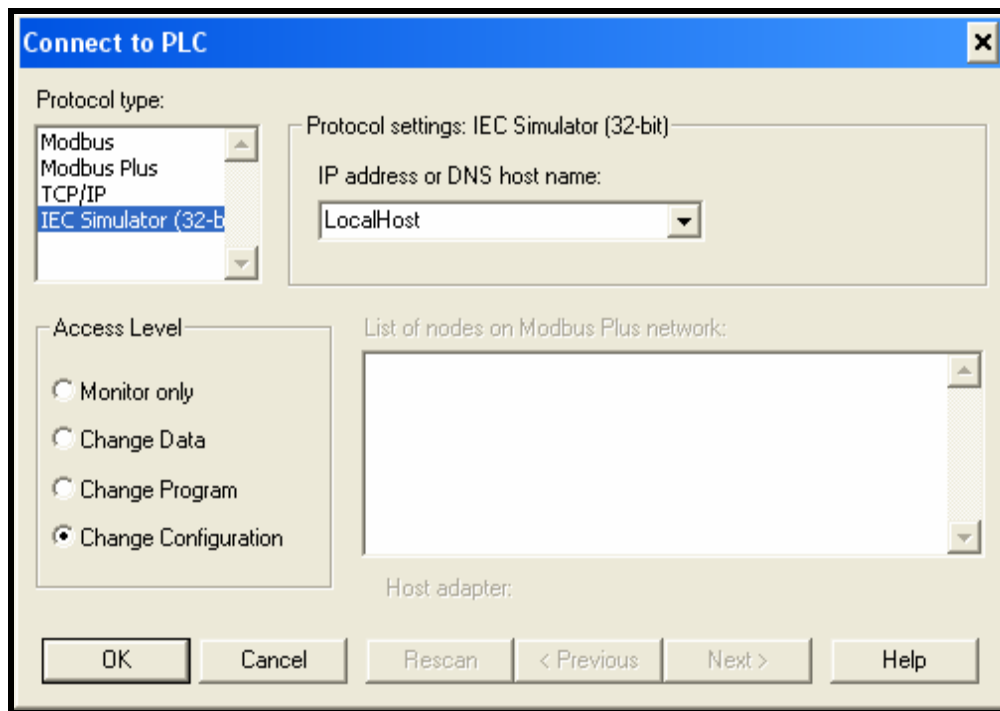


Figura 4.20. Ventana CONNECT de Concept

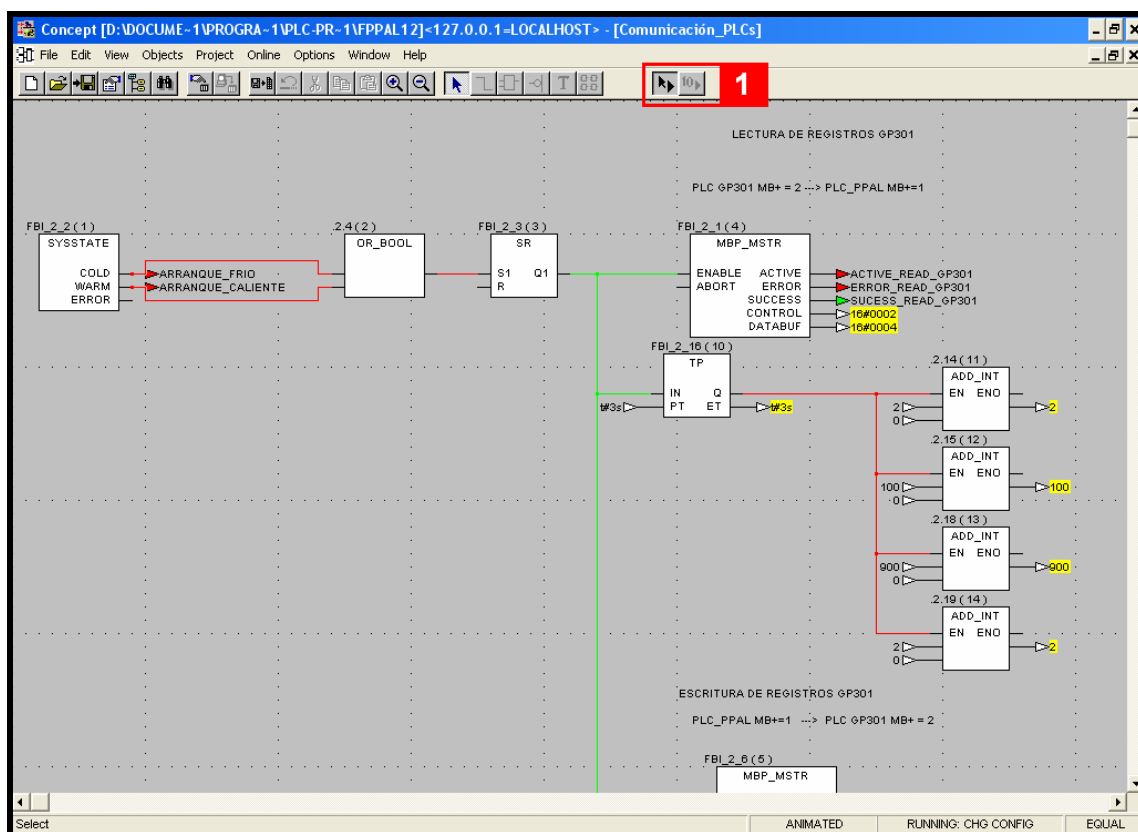


Figura 4.21. Sección de programa en Concept simulando (con la opción de animación)

4.2.2. Resultados de la simulación

De la simulación de los programas de los controladores lógicos PLC GP-301 y PLC PRINCIPAL se tiene que ambos programas funcionan correctamente y se encuentran listos para ser descargados en su respectivo controlador.

CAPITULO 5

DESARROLLO DE SOFTWARE HMI

5.1. HMI PARA EL SISTEMA SCADA

5.1.1. Software de programación

El software empleado para el desarrollo de la interfaz hombre – máquina (HMI) es **INTOUCH** de la compañía **WONDERWARE**. Para este proyecto utiliza la versión 9.0 con licencia **DEVELOPMENT** (diseño).

Con el fin de que el HMI funcione en condiciones óptimas se ha utilizado un computador de altas prestaciones, marca **DELL**, con un sistema operativo **WINDOWS XP PROFESSIONAL EDITION** en idioma inglés.

5.1.2. Programación en InTouch

Al abrir la aplicación InTouch se muestra la ventana del **APPLICATION MANAGER** (figura 5.1). Este administrador de aplicaciones proporciona un acceso fácil a las aplicaciones realizadas que se encuentren en ese computador.

Desde el administrador de aplicaciones se puede acceder a las dos aplicaciones de trabajo conocidos como: **WINDOWMAKER** y **WINDOWVIEWER**.

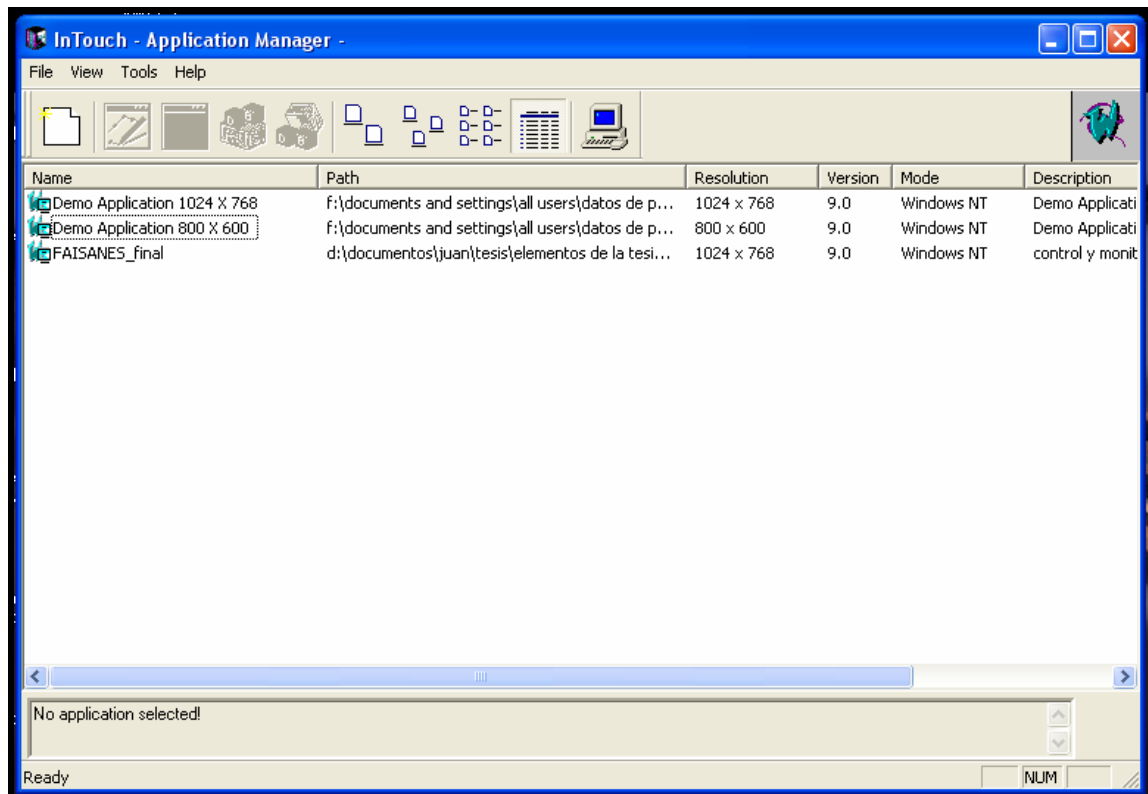


Figura 5.1. Application Manager de InTouch

El WindowMaker (figura 5.2) es la aplicación requerida para el desarrollo del software HMI. En esta se crean todas las ventanas y pantallas que serán luego visualizadas por el operador del proceso para el efecto de control y supervisión del mismo.

El WindowViewer es la aplicación de ejecución de los proyectos desarrollados en InTouch. Esta aplicación se constituirá en el único ambiente de operación del sistema SCADA.

Para visualizar todas las pantallas o ventanas del proceso se requiere que en el computador estén instaladas las llaves de la licencia de InTouch. Estas licencias

son conocidas como llave de hardware (**HARDWARE KEY**) y llave de software (**SOFTWARE KEY**).

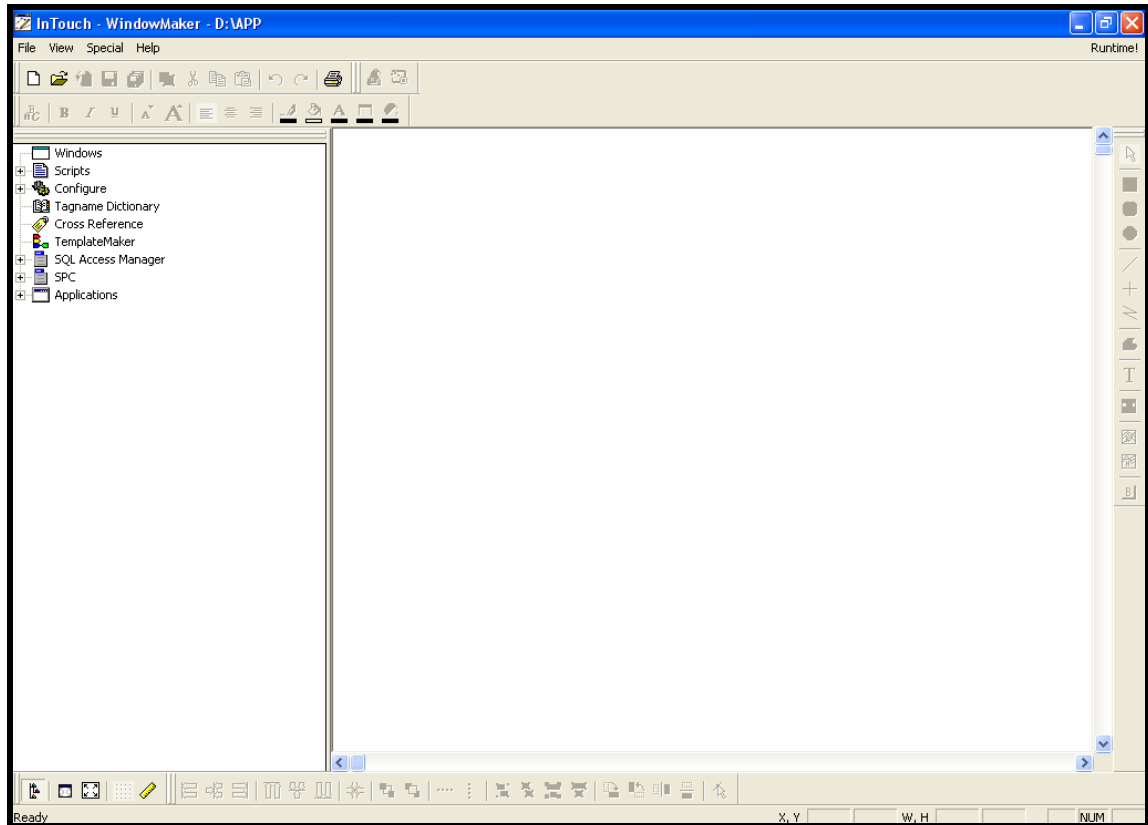


Figura 5.2. WindowMaker de InTouch

La llave de software tiene que ser instalada en un directorio específico dentro del disco duro del computador del sistema SCADA, mientras que la llave de hardware debe ser conectada en el puerto paralelo del computador.

Si por cualquier razón, alguna de estas dos llaves no están instaladas en los sitios especificados, entonces el computador mostrará un mensaje de precaución y el acceso al programa de control será negado.

Se debe tener mucho cuidado con la llave de hardware y el uso del puerto paralelo; cualquier tarea de impresión puede ser realizada con la llave de hardware colocada en el puerto, sin embargo actividades de transferencia de datos a través de este puerto con la llave conectada pueden causar daños irreparables a la misma, por lo que se recomienda ante la necesidad de realizar este tipo de tareas, desconectar la llave de hardware del puerto paralelo.

5.1.3. Programación del software HMI

5.1.3.1. Convenios de visualización.

Las ventanas desarrolladas para la visualización del proceso proporcionan información en tiempo real de las variables y equipos del sistema. Para que esta información se presente de manera amigable y sea fácilmente comprensible para el operador se hace uso de ciertos colores y/o gráficos especiales que están asociados con variables medidas y con el estado de operación de los equipos. Dentro de este convenio a utilizar se tienen:

Colores fijos

- El color rojo se usa para indicar:
 - Switch de válvula cerrada activado.
 - Nivel OFF.
 - Solenoide de válvula desenergizado.

- El color verde se lo utiliza para indicar:
 - Motor encendido (CONTACTOR ON).
 - Switch de válvula abierta activado.
 - Nivel ON.
 - Solenoide de válvula energizado.
 - Módulo de entradas o módulo de salidas correcto.

- El color azul para indicar:
 - Motor apagado y listo para arrancar (READY).
 - Válvula energizada.

Colores Intermitentes

Se mostrarán cuando se presente una situación de falla, cuando la protección térmica de un motor se haya activado, cuando un pulsador de seguridad haya sido presionado, etc. Por ejemplo, la intermitencia entre:

- El color gris y amarillo indica:
 - Protección térmica de motor activada.
 - Stop de campo activado.
 - Breaker Off.

- El color blanco y rojo indica:
 - Error en módulo de entradas o módulo de salidas.

- El color negro y rojo indica:
 - Error en canal de módulo de entradas analógicas.

Valores Numéricos

Las variables del proceso contarán hasta con dos decimales y además se indicarán las unidades de ingeniería de las mismas.

5.1.3.2. Ambiente de la aplicación.

La aplicación cuenta con tres ambientes que son el menú superior, el área de trabajo y el menú inferior (figura 5.3).



Figura 5.3 Ambiente de la aplicación HMI

Menú superior

En el menú superior, como indica en la figura 5.4, se tiene el status del disco duro y de la memoria RAM del computador que contiene el HMI, así como la fecha y hora actual. Además, en la parte superior derecha se indica el nombre del operador que se encuentra trabajando en el sistema.



Figura 5.4. Menú superior de la aplicación HMI

Este menú cuenta con opciones de acceso a las diferentes pantallas del HMI. Dentro de estas se opciones se tienen:

- **Acceso.** Permite ir a la pantalla principal de acceso al sistema.
- **Real Time.** Acceso a la pantalla en la cual se visualiza los datos en tiempo real.
- **Historia.** Corresponde a la pantalla donde se tiene un histórico del comportamiento de las variables más sobresalientes del proceso.
- **Alarmas.** Pantalla que enlista un sumario y un informe sobre la activación de alarmas vinculadas a variables de control crítico del proceso.
- **Ayuda.** Despliega una ventana con la información sobre la versión del software de monitoreo y adquisición de datos.
- **Salir.** Con este botón se puede salir de la aplicación y regresar a Windows. Este botón esta únicamente disponible para usuarios de tipo administrador.

Área de trabajo

Espacio donde se muestran las diferentes pantallas de operación del proceso las cuales se acceden mediante los botones de los menús superior e inferior.

Menú inferior

En el menú inferior se tienen más botones de acceso a pantallas de operación del HMI (figura 5.5). Entre los botones ubicados en el menú inferior se tienen:



Figura 5.5. Menú inferior de la aplicación HMI

- **Estación.** Permite el acceso a la pantalla de monitoreo y control de los grupos en funcionamiento. En este caso únicamente se operará el grupo P – 301.
- **Operación.** Despliega la pantalla en donde se puede operar y manipular únicamente el grupo P – 301.
- **Condiciones.** Contiene información de los set points de proceso del grupo de bombeo.
- **Mantenimiento.** Muestra el tiempo de trabajo de los diferentes motores.
- **Red PLCs.** En esta pantalla se visualiza la arquitectura y el status de la red de PLCs.

5.1.4. Descripción de las pantallas

5.1.4.1. Pantalla de Acceso.

Cuando la aplicación haya sido ejecutada se desplegará la pantalla de acceso como se indica en la figura 5.6. En esta pantalla se tienen dos cajas de texto etiquetadas **NOMBRE DEL OPERADOR** y **CLAVE**, las cuales cada operador debe especificar para poder acceder al sistema. Cabe destacar que cada acción realizada será registrada con fecha, hora y nombre del operador, pudiendo así determinar responsabilidades en caso de una falla humana en la operación del sistema.



Figura 5.6. Pantalla de acceso del HMI

Existen dos niveles de acceso al sistema, el nivel de administrador (Acceso 9999) y el nivel de operador (Acceso 5000). La diferencia entre ambos niveles consiste en que en el nivel de administrador, aparte de la operación normal, se

puede configurar otros usuarios, variar los set points de trabajo y salir de la aplicación, mientras que en el nivel de operador únicamente se permite operar el sistema.

Una vez ingresado el nombre del operador y su respectiva clave se puede acceder a las todas las pantallas del sistema.

5.1.4.2. Pantalla Real Time

La pantalla Real Time (figura 5.7) muestra valores en tiempo real, con un tiempo de muestreo de 1 segundo, de las variables de velocidad, presión de succión y presión de descarga.

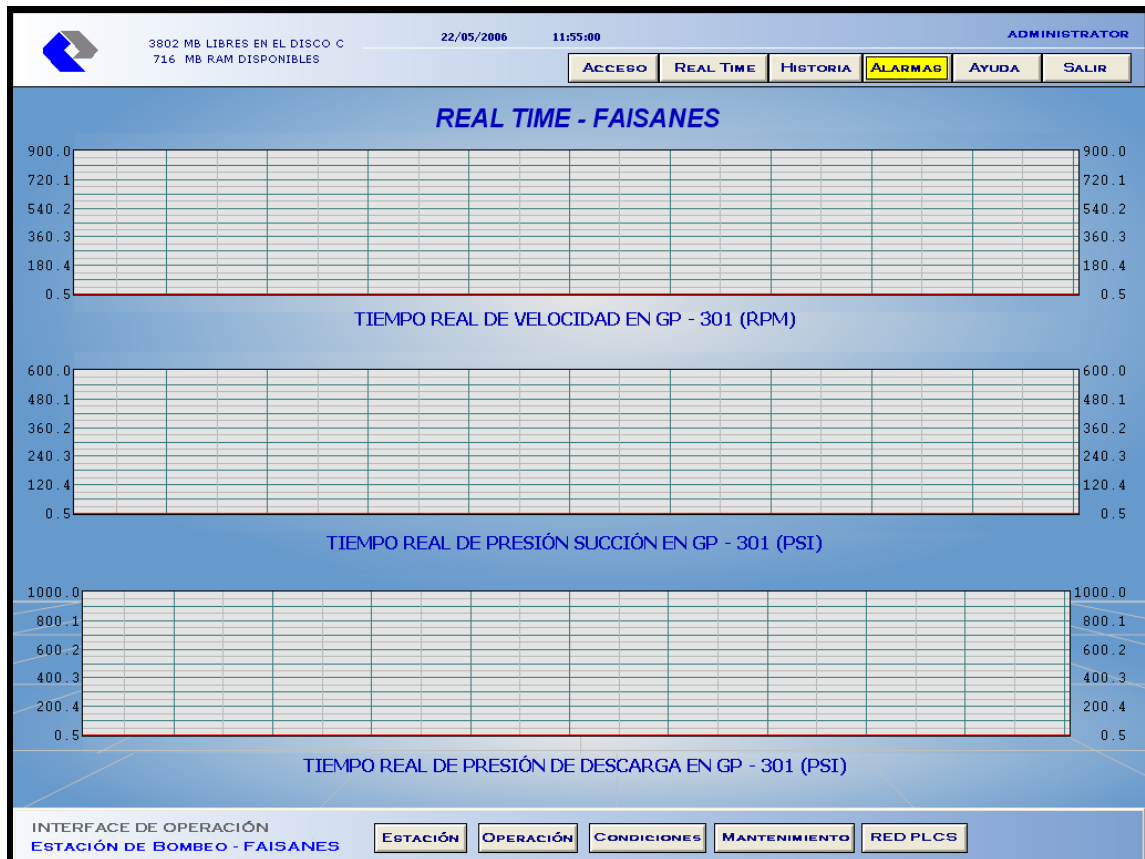


Figura 5.7. Pantalla Real Time de la aplicación HMI

5.1.4.3. Pantalla Historia

En esta pantalla se encuentra un **HISTORICAL TREND** (tendencia histórica) de las variables del sistema. Para facilidad de apreciación de estos valores se han dividido las variables en grupos afines, accesibles desde los botones de la parte inferior indicados en el ítem 1 de la figura 5.8.

Al ser un gráfico de tendencias históricas se puede navegar por las diferentes fechas para observar el comportamiento en cierto instante de tiempo deseado. Para ello se utilizan los controles de desplazamiento temporal mostrados en el numeral 2 de la figura 5.8.

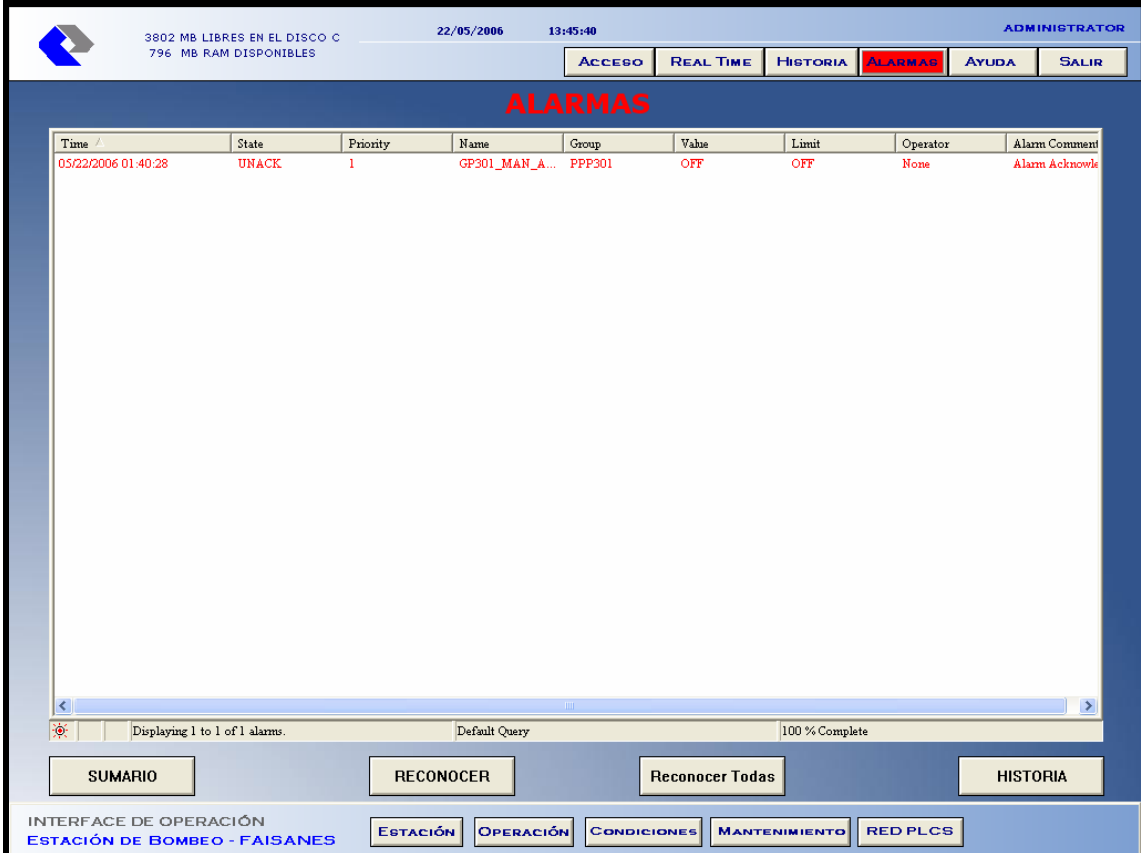


Figura 5.8. Pantalla Historia del HMI

5.1.4.4. Pantalla Alarmas

En esta pantalla (figura 5.9) se enlista en un sumario y un histórico sobre la activación de alarmas del proceso. Entre las descripciones de la alarma, tanto para el sumario como para el histórico, se cuenta con fecha y hora, estado de la alarma, prioridad, nombre de la variable, grupo de bombeo, valor actual, valor límite, operador del sistema y un comentario de la misma.

Esta pantalla cuenta con opciones para reconocer una alarma seleccionada o reconocer todas las alarmas. Una vez que se reconozcan las alarmas, estas no aparecerán en la lista de sumario, pero cualquier evento quedará registrado en la lista de histórico.



The screenshot displays the 'ALARMAS' (Alarms) screen in an HMI interface. At the top, there is a status bar with system information: '3802 MB LIBRES EN EL DISCO C' and '796 MB RAM DISPONIBLES' on the left, the date '22/05/2006' and time '13:45:40' in the center, and the user role 'ADMINISTRATOR' on the right. Below this is a navigation menu with buttons for 'ACCESO', 'REAL TIME', 'HISTORIA', 'ALARMAS' (highlighted in red), 'AYUDA', and 'SALIR'. The main area is titled 'ALARMAS' in red and contains a table with the following data:

Time	State	Priority	Name	Group	Value	Limit	Operator	Alarm Comment
05/22/2006 01:40:28	UNACK	1	GP301_MAN_A...	PPP301	OFF	OFF	None	Alarm Acknowle

Below the table, there is a status bar indicating 'Displaying 1 to 1 of 1 alarms.' and 'Default Query' with a '100 % Complete' indicator. At the bottom of the screen, there are several control buttons: 'SUMARIO', 'RECONOCER', 'Reconocer Todas', and 'HISTORIA'. The footer of the interface includes the text 'INTERFACE DE OPERACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO - FAISANES' and a row of buttons: 'ESTACIÓN', 'OPERACIÓN', 'CONDICIONES', 'MANTENIMIENTO', and 'RED PLCS'.

Figura 5.9. Pantalla Alarmas del HMI

5.1.4.5. Pantalla Estación

En esta pantalla se muestra el estado de los grupos que se encuentran trabajando en la estación. De momento únicamente se puede operar al grupo P – 301. En la pantalla existen distintos lugares donde, al dar clic con el ratón, aparecen distintos menús; estos sitios se encuentran resaltados en un recuadro numerado en la figura 5.10 y son:

1. Control del grupo P – 301.
2. Control del ventilador del radiador del grupo P – 301.
3. Control de la bomba de pre-lubricación de motor del grupo P – 301.
4. Control de la bomba de lubricación del multiplicador del grupo P – 301.
5. Control de la válvula de recirculación de combustible del grupo P – 301.
6. Control de la válvula de succión (MOV-311) del grupo P – 301.
7. Control de la válvula de descarga (MOV-312) del grupo P – 301.
8. Control de velocidad del grupo P – 301.

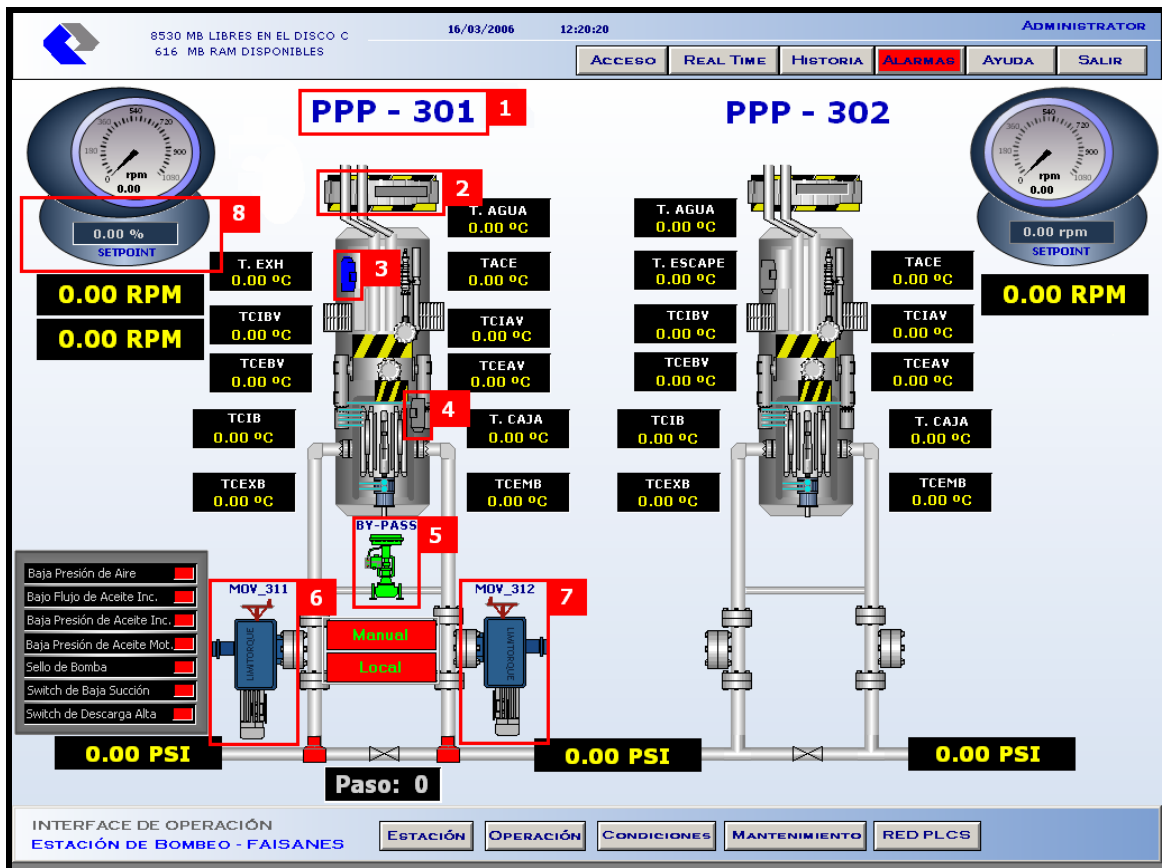


Figura 5.10. Pantalla Estación del HMI

Menú control del grupo P – 301 (figura 5.10 ítem 1)

Con el menú que indica la figura 5.11 se opera el grupo de bombeo. Entre las opciones de operaciones se tiene:

- **Arrancar.** Como su nombre indica, este botón permite arrancar el grupo P – 301.
- **Carga.** Con este botón se procede a introducir carga en el grupo P – 301.

- **Vacío.** En esta opción se quita carga del grupo P – 301.
- **Detener.** Permite detener el grupo P – 301.



Figura 5.11. Menú Control del grupo P – 301 de la aplicación HMI

Para cerrar esta ventana únicamente se debe dar clic en el botón inferior. De lo observado en la figura 5.11, algunos botones tienen un indicador. Este indicador al estar de color verde, indica si las condiciones para la opción del botón están dadas y se puede ejecutar la acción al presionarlo, caso contrario, por más que se lo presione no se dará ninguna acción.

Control del ventilador del radiador del grupo P – 301 (figura 5.10 ítem 2)

En este menú se tienen dos botones (figura 5.12). El primero, **START**, permite arrancar este motor auxiliar, el segundo, **STOP**, detenerlo. Para cerrar este menú auxiliar se coloca el puntero del ratón en el nombre **VENT – GP301** y se da un clic.



Figura 5.12. Menú control del ventilador del radiador del grupo P – 301

Este control únicamente funcionará cuando el grupo de bombeo se encuentre en operación manual – remoto.

Control de la bomba de pre-lubricación de motor (figura 5.10 ítem 3), de la bomba de lubricación del multiplicador (figura 5.10 ítem 4) y control de la válvula de recirculación de combustible del grupo P – 301 (figura 5.10 ítem 5).

En los diferentes menús se cuenta con un botón de **START**, el cual nos permite arrancar los diferentes motores (bombas o válvula de recirculación de combustible); y un botón de **STOP**, el cual nos permite detenerlos. Al dar un clic en los diferentes títulos de las ventanas (SV-301 como en la figura 5.13) se cerrará la misma.



Figura 5.13. Menú de control de la válvula de recirculación de combustible

Estos controles solo funcionarán cuando el grupo de bombeo se encuentre en operación manual – remoto.

Control de la válvula de succión (figura 5.10 ítem 6) y descarga (figura 5.10 ítem 7) del grupo P – 301.

En ambos menús (figura 5.14) se hallan tres botones:

- **Abrir.** Sirve para empezar el recorrido de apertura de la válvula.
- **Cerrar.** Con este botón se empieza el recorrido de cierre de la válvula.
- **Parar.** Este botón sirve para detener a la válvula en una posición de su recorrido tanto de apertura como de cierre.



Figura 5.14. Menú de control de la válvula de succión

Estos funcionarán cuando el grupo de bombeo se encuentre en operación manual – remoto.

Control de velocidad del grupo P – 301 (figura 5.10 ítem 8).

Con este menú, indicado en la figura 5.15, se puede variar la velocidad de operación del grupo P – 301. Los elementos ubicados en el ítem 1 de la figura 5.15 permiten modificar el porcentaje de velocidad al ingresar un valor mediante el teclado.

Con los botones del ítem 2 (figura 5.15) se modifica el porcentaje de velocidad en cantidades fijas. Los botones grandes modifican la velocidad en saltos muchos mayores que los botones pequeños. En el indicador encerrado en el ítem 4 (figura 5.15) se visualiza el valor actual de la velocidad del grupo de bombeo. Con el botón inferior (ítem 5 en la figura 5.15) se cierra esta ventana auxiliar.

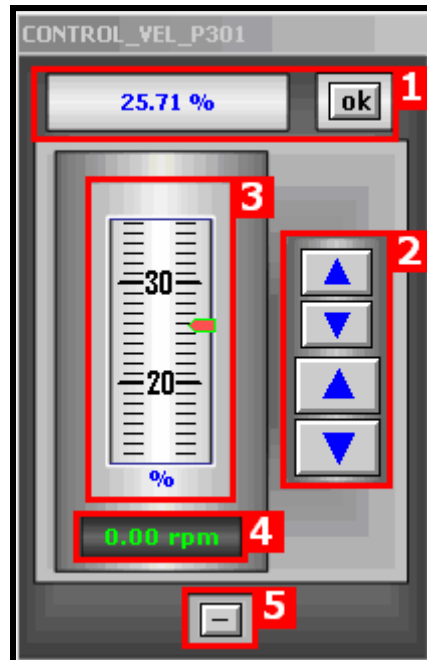


Figura 5.15. Menú de control de velocidad del grupo P – 301

5.1.4.6. Pantalla Operación

En la pantalla de operación se encuentran todos los parámetros monitoreados del grupo de bombeo P – 301. En la figura 5.16 se encuentran resaltados los puntos donde existen diferentes menús, estos puntos son:

1. Control del grupo P – 301.
2. Control del ventilador del radiador del grupo P – 301.
3. Control de la bomba de pre-lubricación de motor del grupo P – 301.
4. Control de la bomba de lubricación del multiplicador del grupo P – 301.
5. Control de velocidad del grupo P – 301.

La descripción de estos menús se encuentra en el apartado anterior (5.1.4.5. Pantalla Estación).

Los valores de las variables monitoreadas se encuentran en recuadros negros alrededor del diagrama representativo del grupo de bombeo. Al dar un clic con el ratón en cualquiera de estos el valor se mostrará en un recuadro de mayor tamaño (figura 5.16 ítem A). Para ocultar este valor, se da clic en el mismo recuadro.

EL ítem denominado **PASO** en la figura 5.16 indica el estado del programa **SFC** del controlador. Este paso a su vez mostraba el estado del proceso de bombeo con el grupo P – 301.

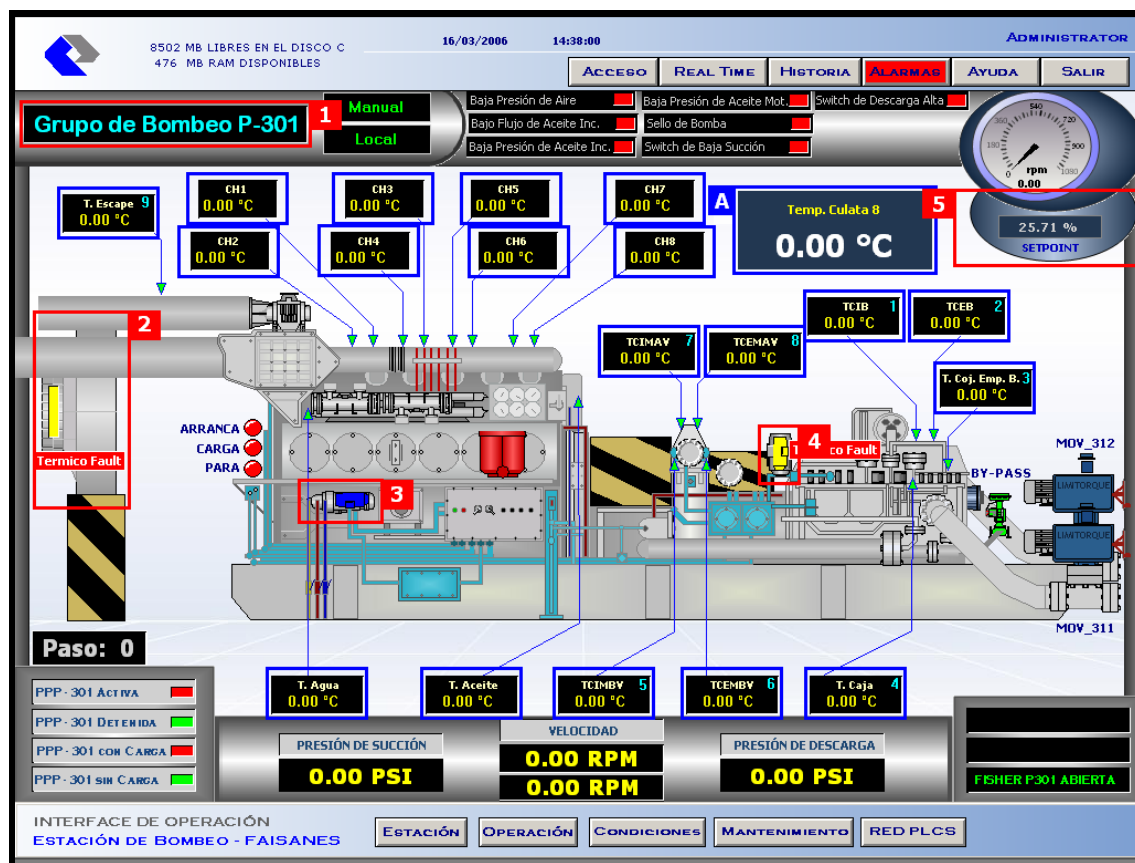


Figura 5.16. Pantalla de Operación de la aplicación HMI

5.2. HMI PARA LA INTERFAZ DE OPERADOR

El paquete de software utilizado para el desarrollo de la interfaz HMI en la interfaz de operador **MAGELIS** de **TELEMECANIQUE** es **VIJEO DESIGNER** de la compañía **SCHNEIDER-ELECTRIC**. Una de las principales características de esta interfaz de operador es su pantalla táctil, la cual permite desarrollar aplicaciones completamente interactivas para el operador.

5.2.1. Programación en Vijeo Designer

Una vez abierto Vijeo Designer se procede a crear un proyecto en el cual se especifica el nombre del mismo y el equipo para el cual va a ser programado, en este caso es una terminal **MAGELIS XBTG4330** (figura 5.17).

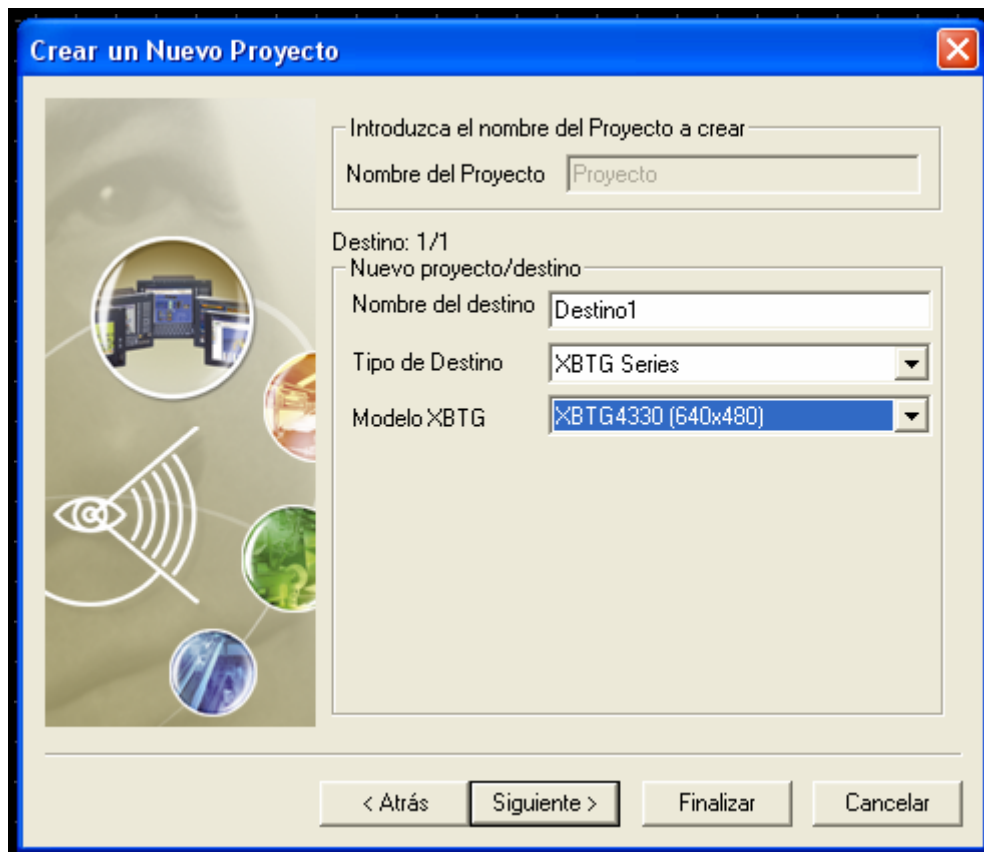


Figura 5.17. Ventana de creación de proyecto

Después de crear el proyecto se accederá a la pantalla trabajo del programa, la cual tiene cuatro partes importantes resaltadas en la figura 5.18 que son:

1. **Barra de herramientas.** esta contiene todos los elementos para crear la aplicación gráfica. Entre los elementos de esta barra se destacan:

herramientas para realizar un dibujo, agregar botones, agregar gráficos de tendencia, sumarios de alarmas, indicadores, etc.

- 2. Navegador.** Muestra la información sobre el proyecto seleccionado en una estructura en árbol. Esta herramienta se utiliza, principalmente, durante el desarrollo de un proyecto. Puede definir los valores para la máquina de destino, el equipo, la operación de descarga, las alarmas y las variables.

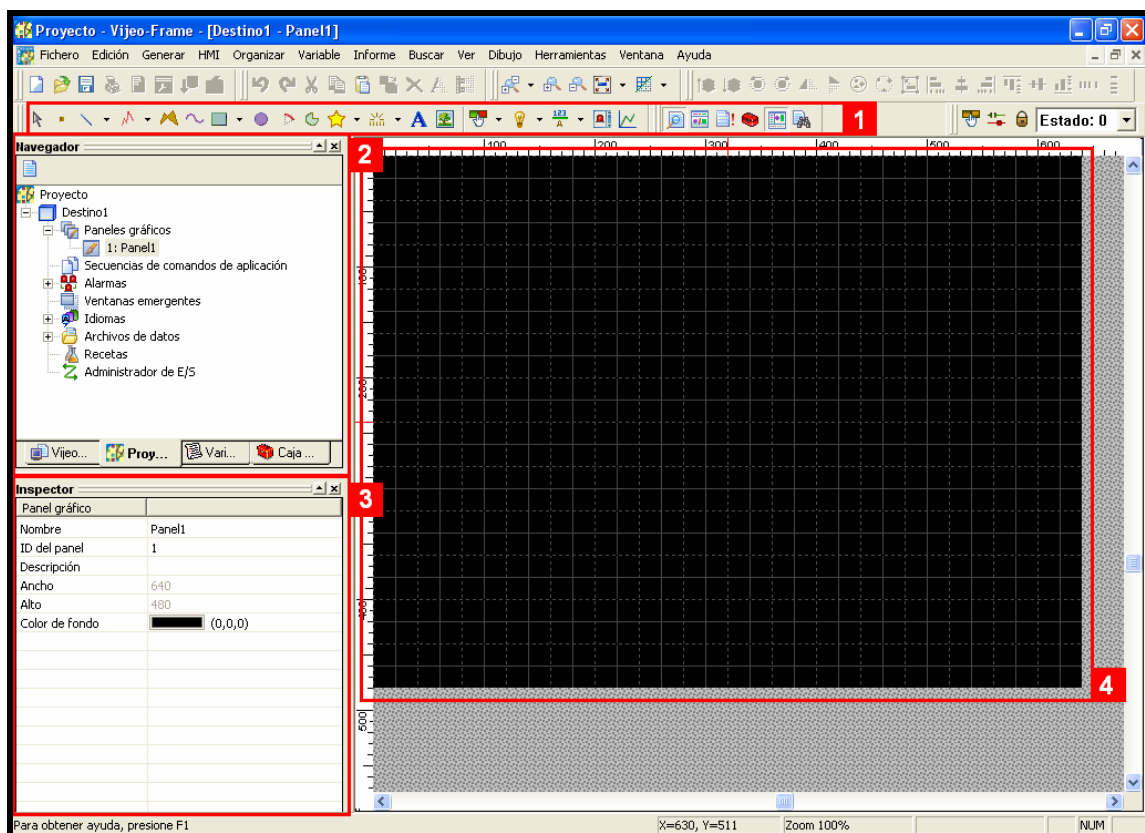


Figura 5.18. Entorno gráfico de la aplicación Vijeo Designer

- 3. Inspector.** Muestra las propiedades de un objeto seleccionado y permite editar dichas propiedades. Si se seleccionan varios objetos al mismo tiempo, la ventana de herramientas sólo muestra los valores comunes a todos los objetos seleccionados.

- 4. Visor de trabajo.** Es el espacio donde se crea una pantalla de aplicación. El tamaño de esta área varía de acuerdo al equipo seleccionado y su correspondiente resolución.

Una vez finalizada la aplicación se procede a descargar la misma a la interfaz de operador a través de su interfaz ethernet.

5.2.2. Programación del HMI

5.2.2.1. Convenios de visualización.

Colores fijos

- El color rojo se usa para indicar:
 - Switch de válvula cerrada activado.
 - Nivel OFF.
 - Solenoide de válvula desenergizado.

- El color verde se utiliza para indicar:
 - Switch de válvula abierta activado.

- Nivel ON.
- Solenoide de válvula energizado.

Valores Numéricos

Las variables del proceso contarán hasta con dos decimales y además se indicarán las unidades de ingeniería de las mismas.

5.2.2.2. Ambiente de la aplicación.

El HMI desarrollado para la interfaz de operador cuenta con dos ambientes de trabajo que son área de trabajo y menú (figura 5.19).



Figura 5.19. Ambiente de la aplicación HMI de la interfaz de operador

Área de trabajo

El área de trabajo es el espacio donde aparecen las distintas pantallas a las cuales se accede mediante los botones que se encuentran en el menú.

Menú

Este menú permite acceder a las diferentes pantallas de la aplicación. Entre las opciones de este menú se tiene:

- **General.** En esta pantalla se monitorea el estado de las válvulas y de los switches **LOCAL-REMOTO** y **MANUAL-AUTOMATICO**, del grupo de bombeo P – 301. Cuando el sistema se haya implementado en toda la estación se visualizará el estado de todas las válvulas y switches de la misma.
- **Operación.** Con esta pantalla se seleccionarán los grupos con los que se desea trabajar y, así mismo, operar independientemente los grupos seleccionados. De momento únicamente se puede operar el grupo P – 301.
- **P-301.** Esta pantalla contiene todos los datos y elementos de operación del grupo de bombeo P – 301.
- **P-302.** Esta pantalla contendrá todos los datos del grupo P – 302. Esta pantalla no se encuentra disponible en este momento.

- **P-303.** Esta pantalla contendrá todos los datos del grupo P – 303. Esta pantalla no se encuentra disponible en este momento.
- **Control de Velocidad.** Se muestra la pantalla en donde se realiza el control de velocidad del grupo P – 301. Esta pantalla también contiene los datos de presión de succión y descarga de dicho grupo.
- **Set Point.** Con esta pantalla puede modificar los datos de set point de las diferentes variables del proceso. Esta pantalla se encuentra protegida con un usuario y password para evitar que cualquier usuario manipule estos datos.
- **Tendencias y Alarmas.** Al pulsar en este botón aparecerá un menú en el cual se mostraran las diferentes tendencias así como las alarmas. Para cerrar este menú se da un pulso en el botón inferior.

5.2.3. Descripción de las pantallas

La primera pantalla que se muestra una vez arrancado el sistema es la presentación del proyecto, como se indica en la figura 5.20. En esta se tiene el menú inferior para poder acceder a cualquier pantalla.

5.2.3.1. Pantalla Operación.

Esta pantalla consta de dos partes, como indica la figura 5.21. La primera es la denominada **SELECCIÓN DE GRUPOS** y es donde el operador decide que grupos entrarán a trabajar. En este momento la única opción disponible es **P-301 / P-302**.



Figura 5.20. Pantalla de presentación del HMI interfaz de operador

La segunda parte es la operación de los grupos seleccionados. Para esta parte se tienen las siguientes opciones:

- **Arrancar.** Como su nombre lo indica, permite arrancar el grupo P – 301.
- **Detener.** Permite detener el grupo P – 301.
- **Carga.** Con este botón se procede a introducir carga en el grupo P – 301. Para introducir carga se debe esperar que las condiciones para ello

se den. El indicador de que las condiciones se dieron es cuando el botón de Carga cambie a color verde.

- **Mar. Vacío.** En esta opción se quita carga al grupo P – 301.

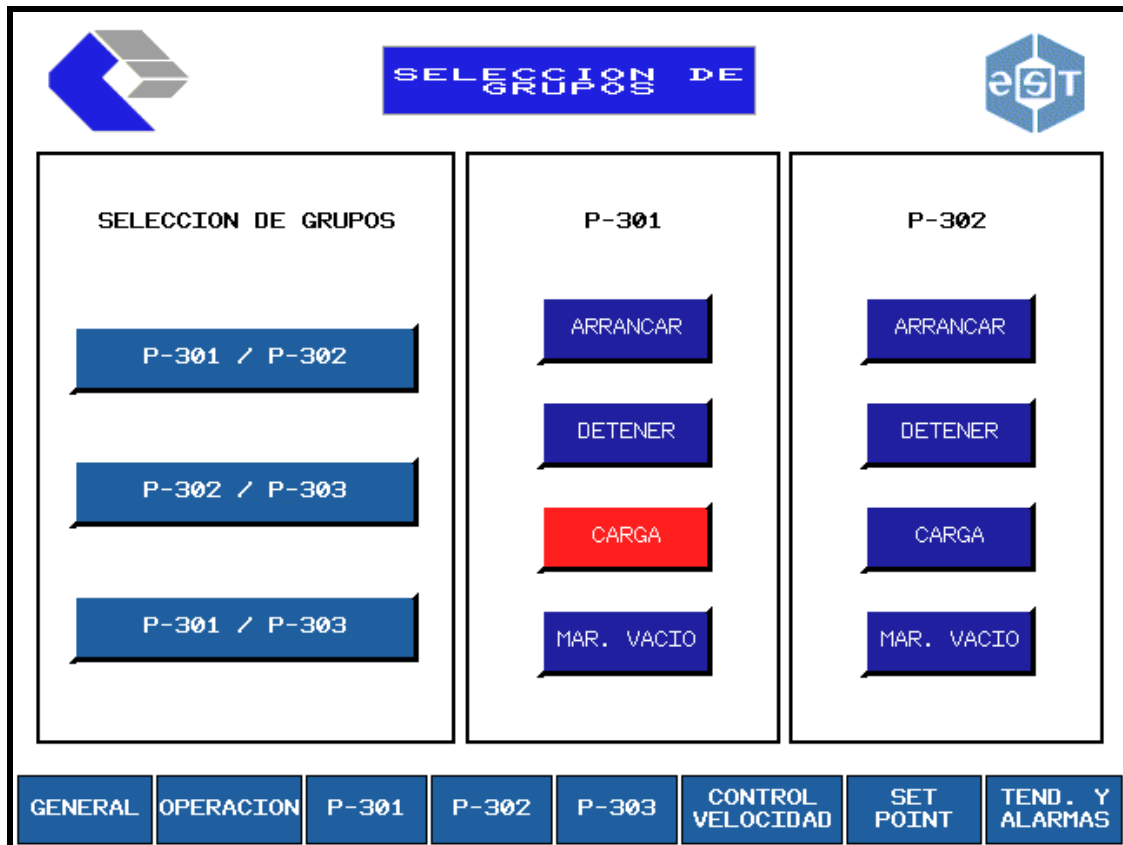


Figura 5.21. Pantalla Operación del HMI interfaz de operador

5.2.3.2. Pantalla P-301.

Esta pantalla contiene todos los elementos necesarios para el monitoreo y control del grupo P – 301. Los datos de monitoreo se encuentran distribuidos alrededor de la ilustración del grupo de bombeo, como se muestra en la figura 5.22. Al pulsar en cualquiera de estos se abrirá el recuadro grande del lado

izquierdo (ítem 2 figura 5.22) donde se visualiza el valor numérico en un tamaño mayor. Para cerrar este recuadro únicamente se debe pulsar al mismo.

El valor numérico del recuadro indicado en el ítem 1 (figura 5.22) es el paso en el que se encuentra el proceso de bombeo de acuerdo a la programación SFC del controlador GP-301.

En esta pantalla, al pulsar el ítem denominado SP (ítem 3 figura 5.22) se abrirá una ventana indicando los valores de set points para las diferentes variables del grupo P – 301.

Cuando se pulsa en el título de la pantalla P-301 (ítem 4 figura 5.22) aparece una ventana con la que se puede controlar el grupo. Esta ventana se indica en la figura 5.23, y contiene botones que realizan las mismas funciones que los detallados en el apartado anterior (5.2.3.1. Pantalla Operación).



Figura 5.23. Ventana de control del grupo P – 301

En esta pantalla también se cuenta con indicadores del estado del grupo, de la válvula de recirculación de combustible (V. Fisher) y de las válvulas de succión (MOV 311) y de descarga (MOV 312).

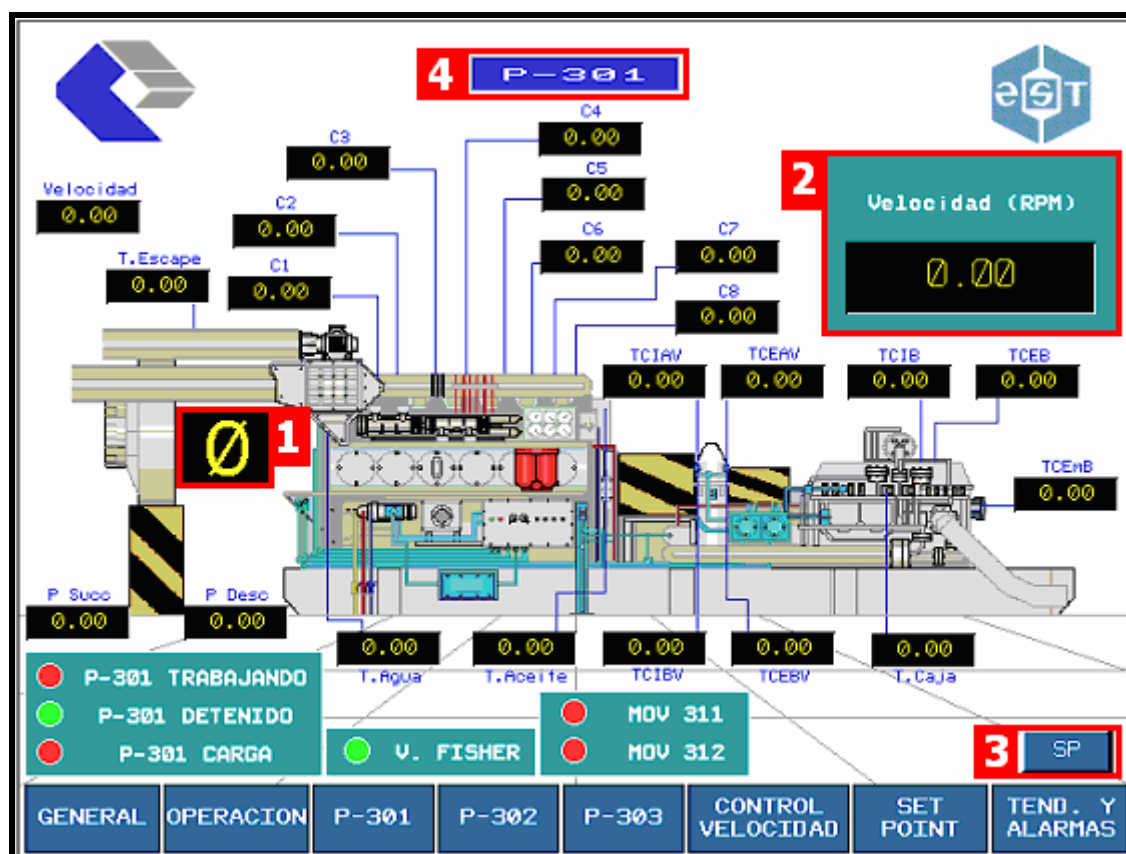


Figura 5.22. Pantalla P-301 de HMI de la interfaz de operador

5.2.3.3. Pantalla Control de Velocidad.

Esta pantalla contiene el control de velocidad del grupo P – 301. Los botones con flechas sirven para variar la velocidad en porcentajes predeterminados. Los botones con flechas de los extremos (flechas blancas en fondo azul como indica la figura 5.24) modifican la velocidad en un porcentaje de 10%, mientras que las flechas internas (flechas azules en fondo blanco como se muestra en la figura 5.24) modifican en un porcentaje de 1% la velocidad del grupo de bombeo.

En esta pantalla, al pulsar en el recuadro indicado con el ítem 1 (figura 5.24) aparecerá la ventana mostrada en la figura 5.23 cuyos botones fueron explicados en el apartado 5.2.3.1 (Pantalla Operación).

Esta pantalla también cuenta con indicadores de velocidad actual del grupo (ítem 3 figura 5.24), del paso en que se encuentra el proceso (ítem 2 figura 5.24) y de las presiones del grupo de bombeo P – 301.

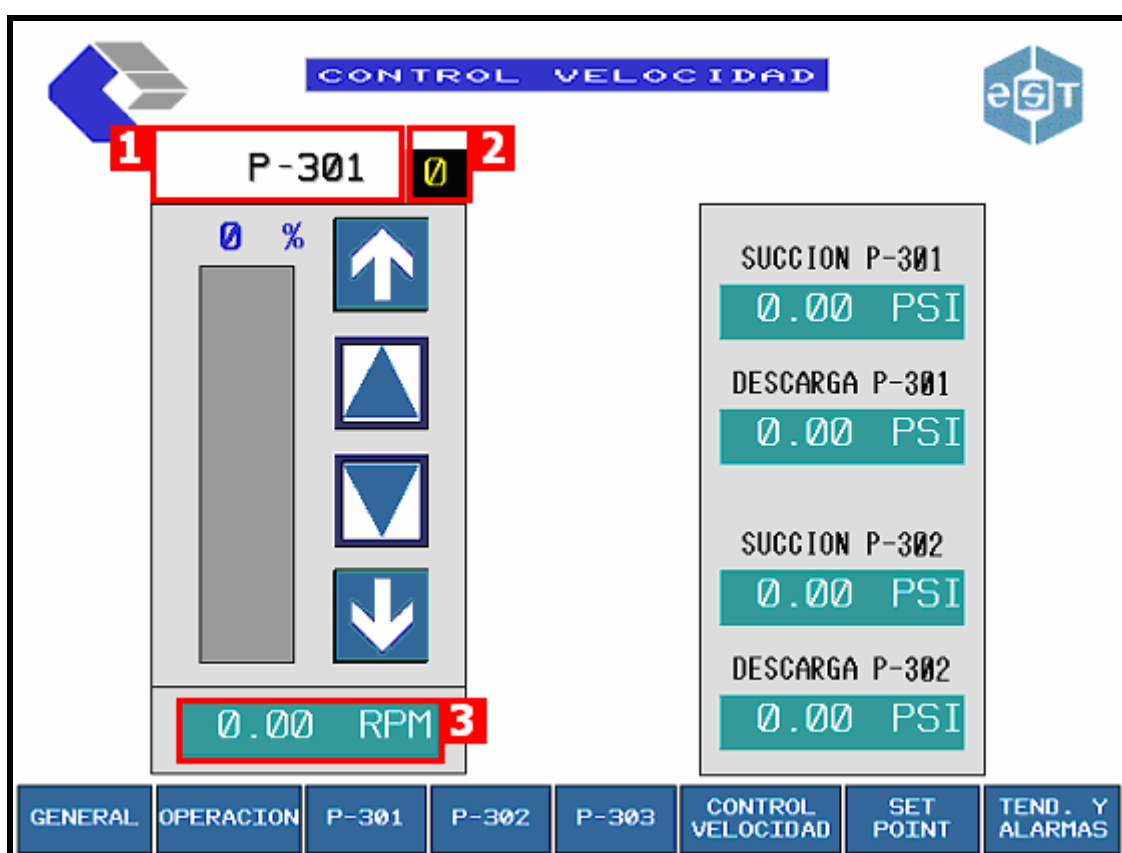


Figura 5.24. Pantalla control de velocidad de HMI de la interfaz de operador

5.2.3.4. Pantalla de Tendencias.

La pantalla de tendencias muestra el comportamiento de las diferentes variables del proceso. Estas variables, a causa de la escasa memoria de la

interfaz de operador, serán guardadas únicamente un día. En el recuadro 1 de la figura 5.25 se muestran los nombres de las variables que se encuentran en esta tendencia. Los botones ubicados en el recuadro 2 de la figura 5.25 sirven para navegar a través del histórico de la tendencia. Existen dos páginas de tendencias las cuales agrupan a diferentes variables.

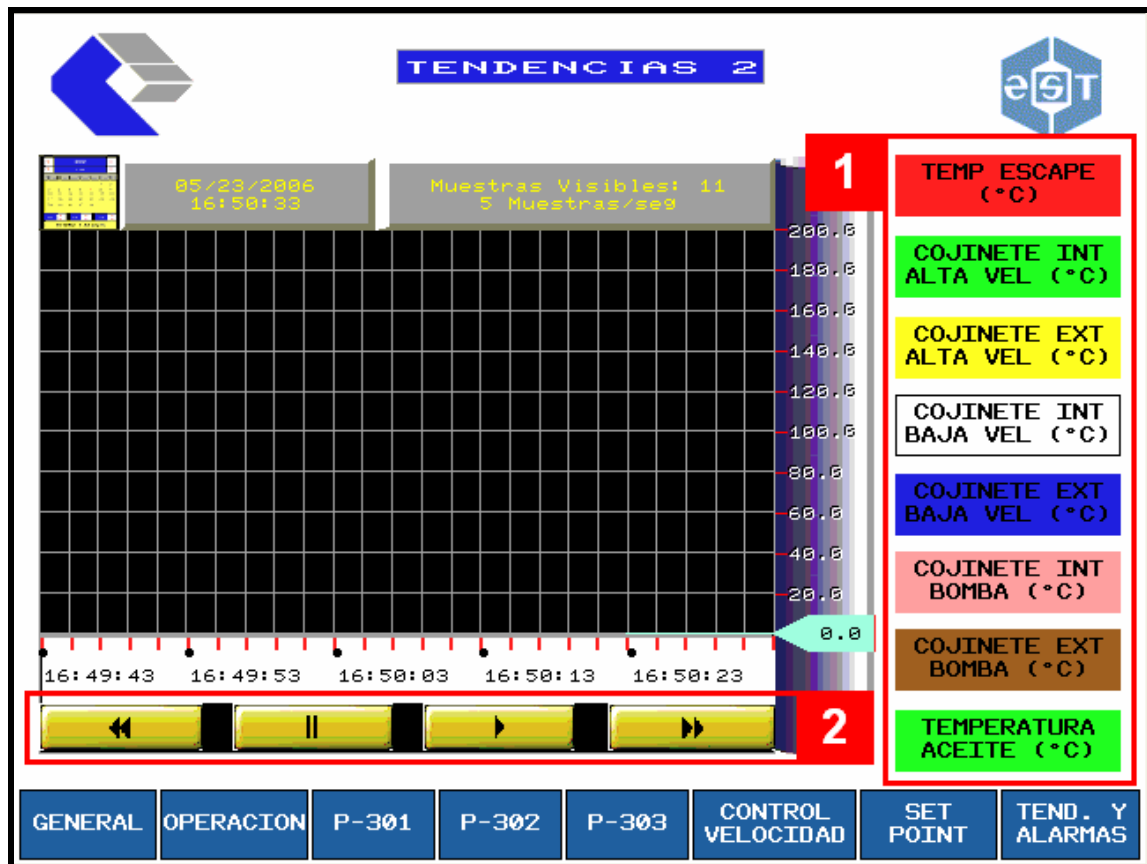


Figura 5.25. Pantalla de Tendencias de HMI de la interfaz de operador

5.3. SIMULACIÓN

5.3.1. Simulación software HMI del sistema SCADA

Para la simulación del HMI se utiliza la aplicación WindowViewer junto con el simulador del controlador lógico programable Simulador 32 bits del software

Concept. El objetivo de esta simulación es probar el comportamiento de los elementos gráficos del HMI.

5.3.2. Simulación software HMI de la interfaz de operador

El software de desarrollo Vijeo Designer tiene una herramienta llamada **SIMULADOR DE DISPOSITIVO**, mostrada en la figura 5.26, la cual permite asignar un valor a las variables tanto discretas como análogas y así comprobar el funcionamiento de los elementos gráficos de este HMI.

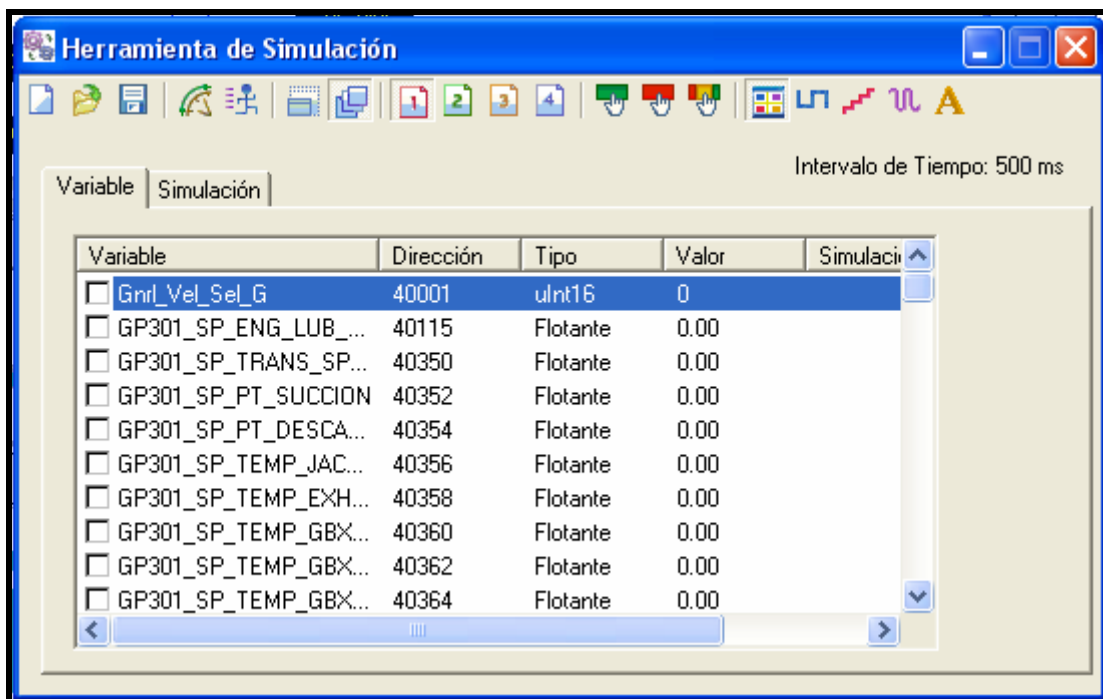


Figura 5.26. Ventana Simulador de dispositivo de la aplicación Vijeo Designer

CAPITULO 6

IMPLEMENTACION

6.1. GENERALIDADES

El cableado en la estación Faisanes tiene un diseño basado en su esquema de control **ON/OFF**, donde, la utilización de relés es imprescindible. Como se mencionó en capítulos anteriores, el sistema de control actual utiliza muchos relés, los cuales se encuentran en el tablero de control. La mayoría de estos son activados por las señales discretas, de cada grupo de bombeo, que están conectadas directamente al los mismos, como indica la figura 6.1.

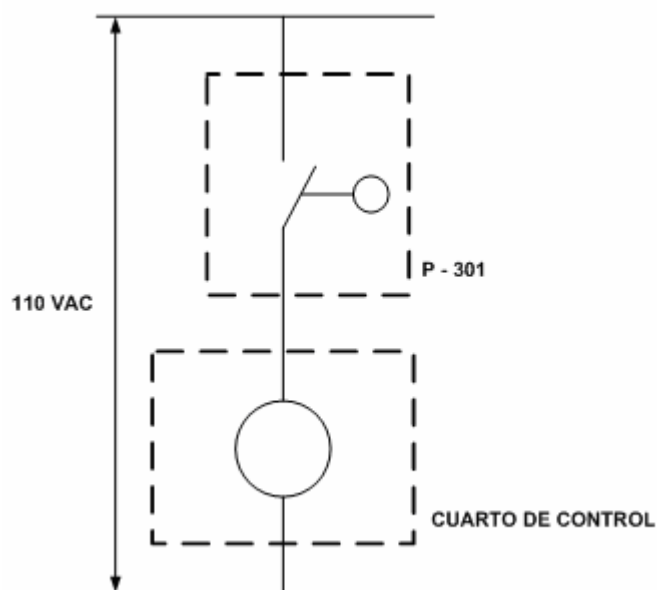


Figura 6.1. Representación de conexión de señales discretas del sistema de control actual

Las señales análogas de igual manera están conectadas directamente a módulos, como se aprecia en la figura 6.2; estos módulos son los encargados de mostrar, en el tablero de control, el valor de las señales en unidades de ingeniería (figura 6.2).

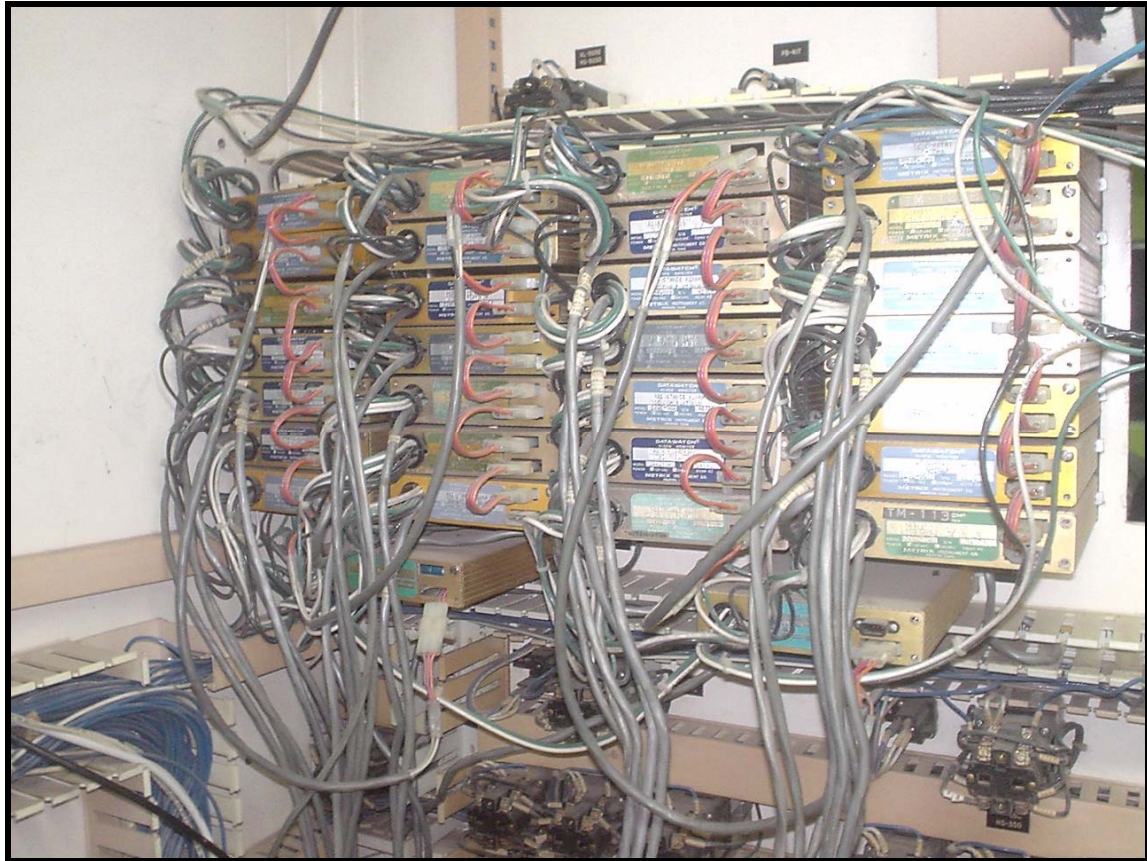


Figura 6.2. Módulos de recepción y visualización de valores de las señales análogas

Este tipo de conexiones provoca que exista una excesiva cantidad de cables entre el tablero de control y los grupos de bombeo, como se puede apreciar en la figura 6.3. Esta cantidad de cables a su vez provoca que el sistema sea propenso a inconvenientes y su solución demore debido a la dificultad de encontrar la causa y realizar el cambio.

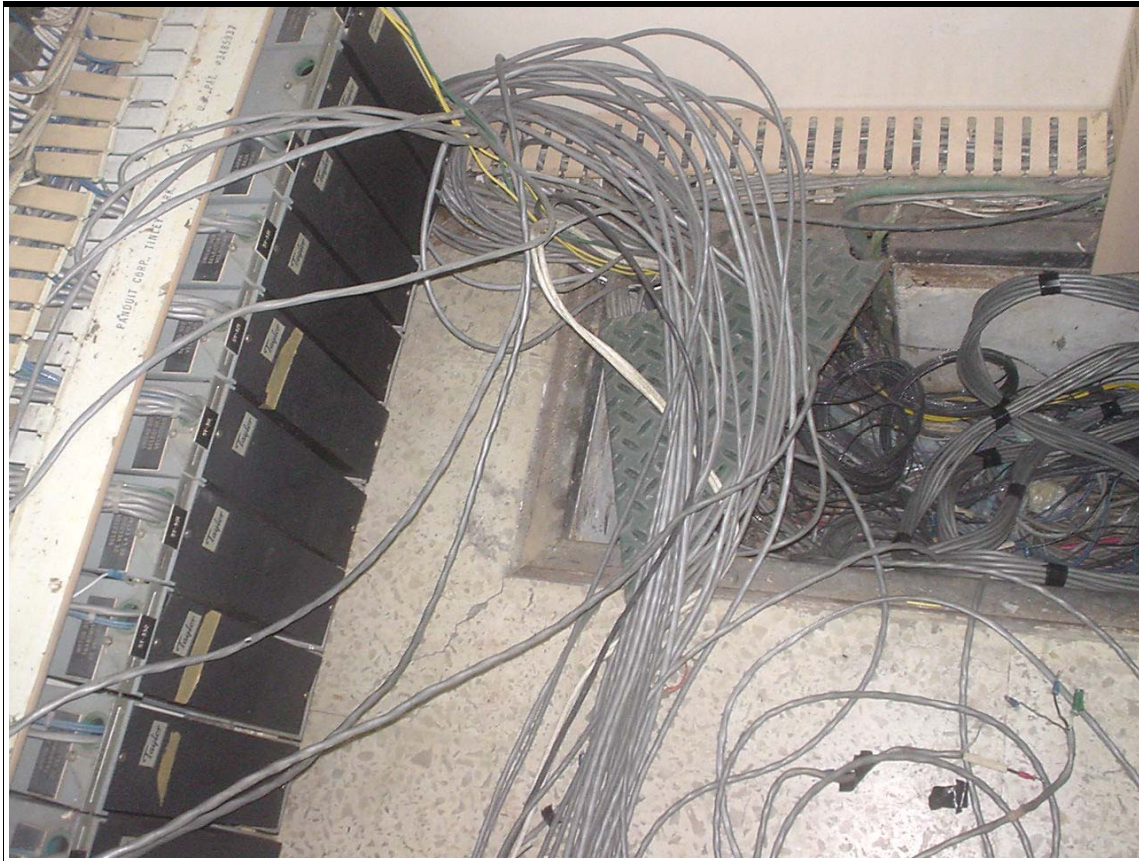


Figura 6.3. Abundante número de cables en el sistema de control actual

El nuevo sistema de control para el grupo de bombeo está diseñado para evitar una excesiva suma de cables entre el cuarto de control y el grupo P – 301. Para evitar todos estos inconvenientes, las señales discretas están conectadas al PLC que se encuentra en el tablero de control ubicado en el grupo de bombeo, como indica la figura 6.4. Al igual que las señales discretas, las señales analógicas están conectadas directamente al controlador del grupo P – 301 (figura 6.5).

Para la interconexión entre los controladores de cuarto de control y del grupo de bombeo se utiliza un solo cable (par trenzado apantallado), como se muestra en la figura 6.5. Con la utilización de este cable se soluciona el problema de cableado entre ambos sitios.

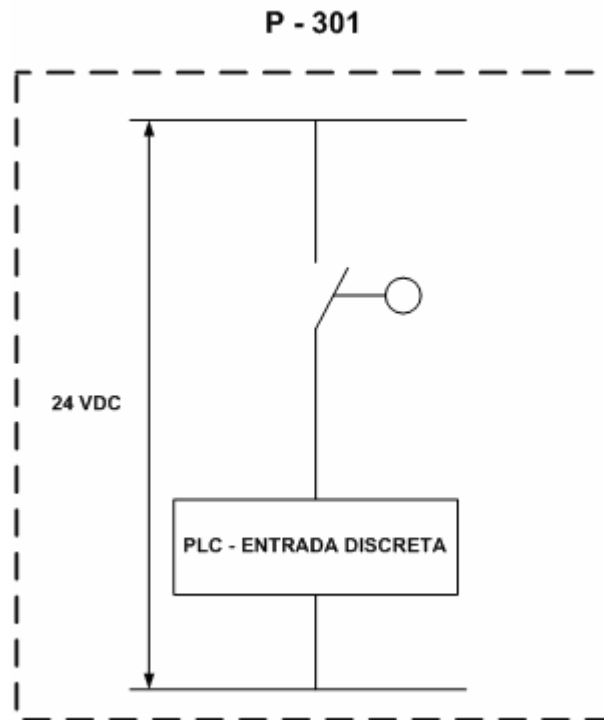


Figura 6.4. Representación de conexión de señales discretas en el nuevo sistema de control

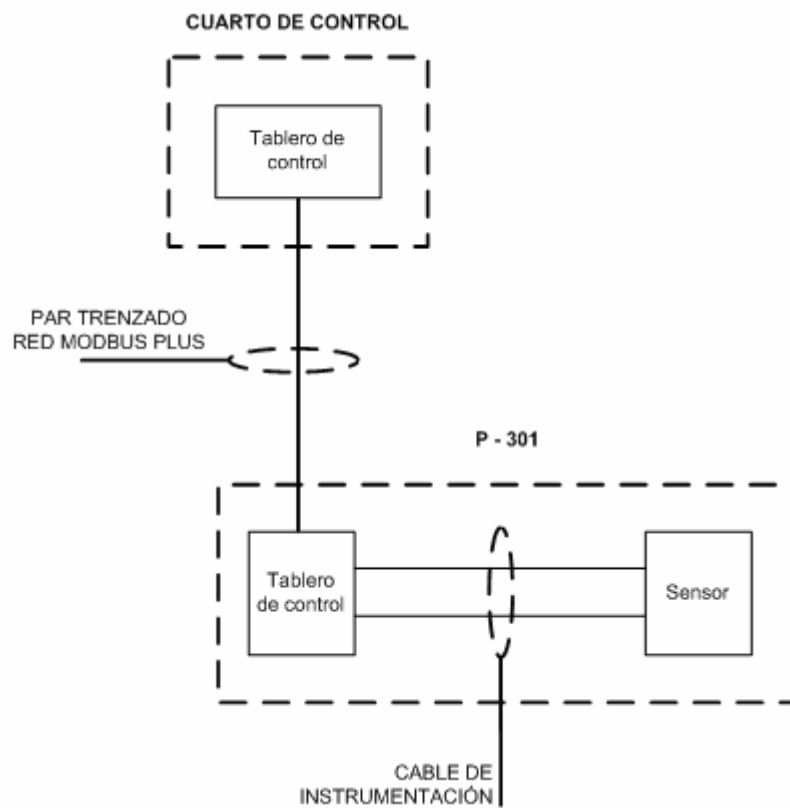


Figura 6.5. Representación de conexión de señales análogas y conexión entre PLCs

6.1.1. Módulos telefast

Para facilitar la conexión de señales discretas, tanto de salida como de entrada, se utiliza un sistema de cables pre – armados con conectores llamados módulos TELEFAST. Los diferentes tipos de módulos se exponen en la figura 6.6.

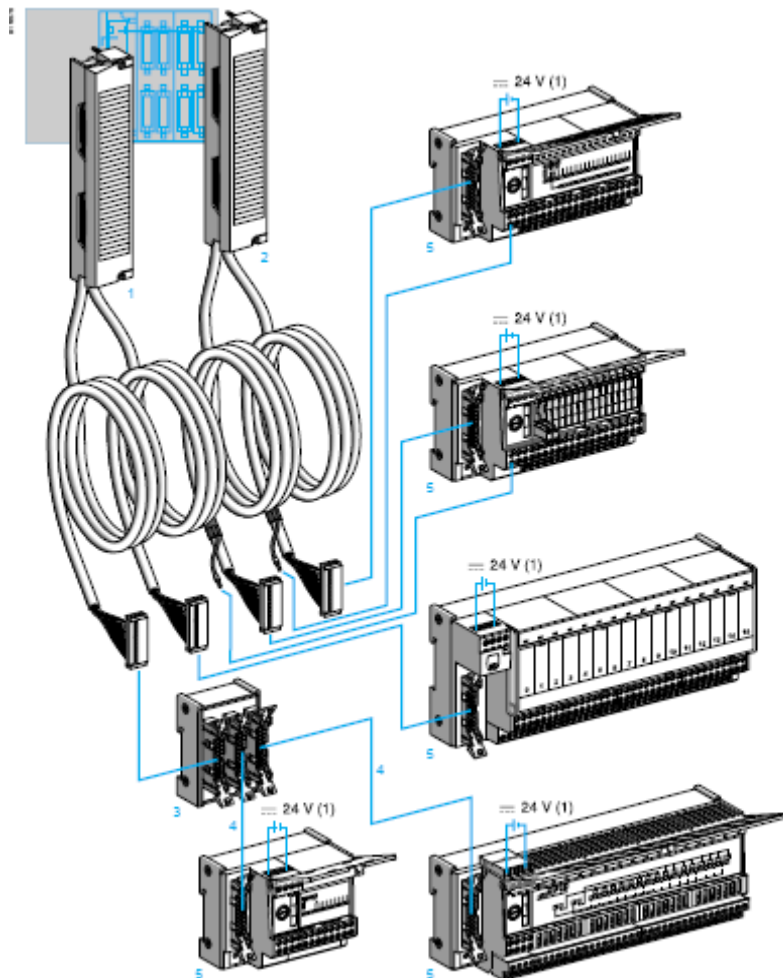


Figura 6.6. Módulos Telefast¹

El sistema telefast es un conjunto de productos que permiten conectar rápidamente los módulos de entradas y salidas discretas a 24 VDC del PLC con

¹ TELEMÉCANIQUE, *Telefast System*, 2005.

varios componentes del sistema de control. Estos componentes son los substitutos de los terminales de bornes con tornillo que se ocupan generalmente en los módulos de un controlador Quantum. Entre los beneficios que se desprenden de la utilización de estos módulos se tienen:

- Pueden ser ubicados remotamente para conectar señales de campo alejadas.
- Se disminuyen los riesgos de errores.
- Reducción considerable de los tiempos de cableado.
- Permite la adaptación de señales de campo y el reemplazo de los bornes para las conexiones de campo lo que implica una reducción del costo del tablero.

Entre las funciones con las que cuentan los módulos telefast se tienen:

- Fusible del circuito de alimentación a 24 VDC
- Fijación en riel DIN
- LED de visualización de presencia de 24 VDC

- Bornera de alimentación de 24 VDC
- Tapa porta etiquetas para referencias
- Etiqueta del esquema eléctrico (figura 6.7).

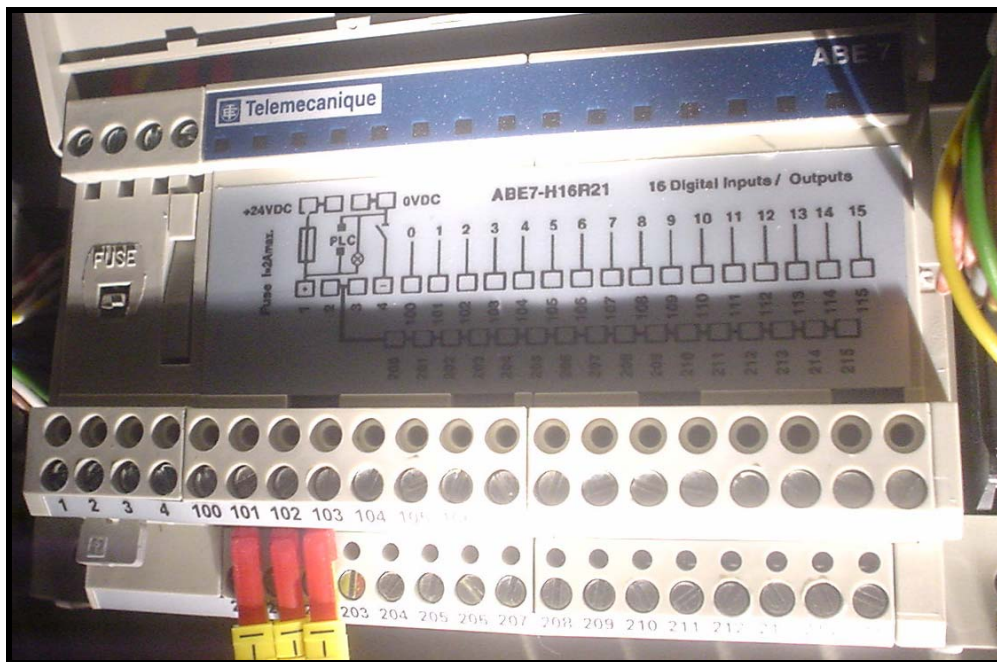


Figura 6.7. Etiqueta del esquema eléctrico en módulo Telefast implementado

6.2. IMPLEMENTACION DE LOS EQUIPOS EN EL GRUPO DE BOMBEO

6.2.1. Antecedentes

Antes de iniciar con la implementación de los equipos se debe tomar en cuenta que la estación trabaja con combustible, razón por la cual el ambiente de trabajo en la estación es peligroso debido al alto riesgo de explosiones; consecuentemente, para evitar inconvenientes se deben tomarse las precauciones necesarias. Como norma de las estaciones de Petrocomercial,

todos los elementos deben ser ubicados en cajas selladas de protección (explosion-proof) mientras que los cables deben ir dentro de tubería con el fin de aislarlos completamente del entorno. En la figura 6.8 se tiene un ejemplo de como se encuentran los elementos en el grupo de bombeo.



Figura 6.8. Caja explosion-proof del grupo de bombeo P – 301

Para satisfacer las normas de Petrocomercial, los elementos se ubican dentro de las cajas de protección, las cuales, se encuentran distribuidas alrededor del grupo de bombeo P – 301, como indica la figura 6.9.

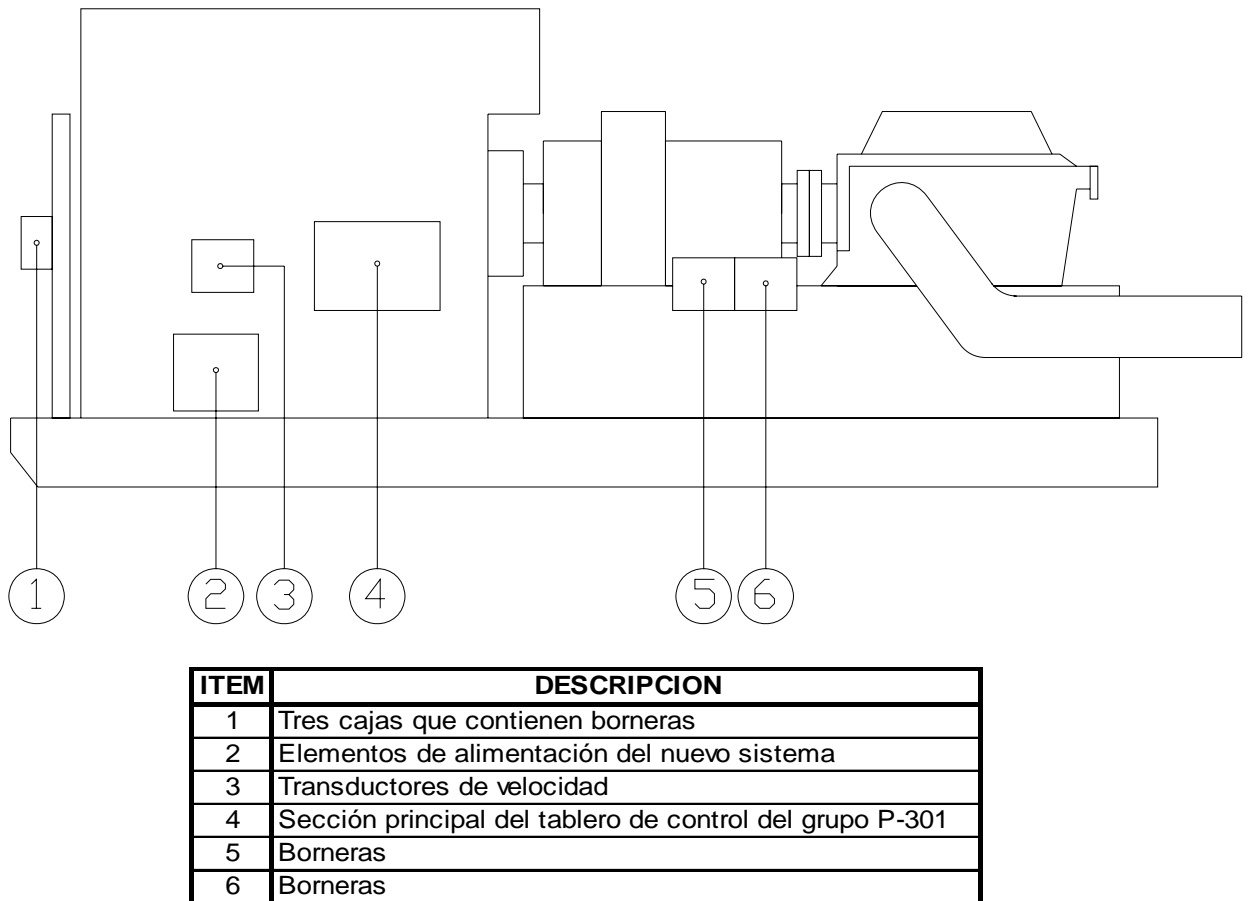


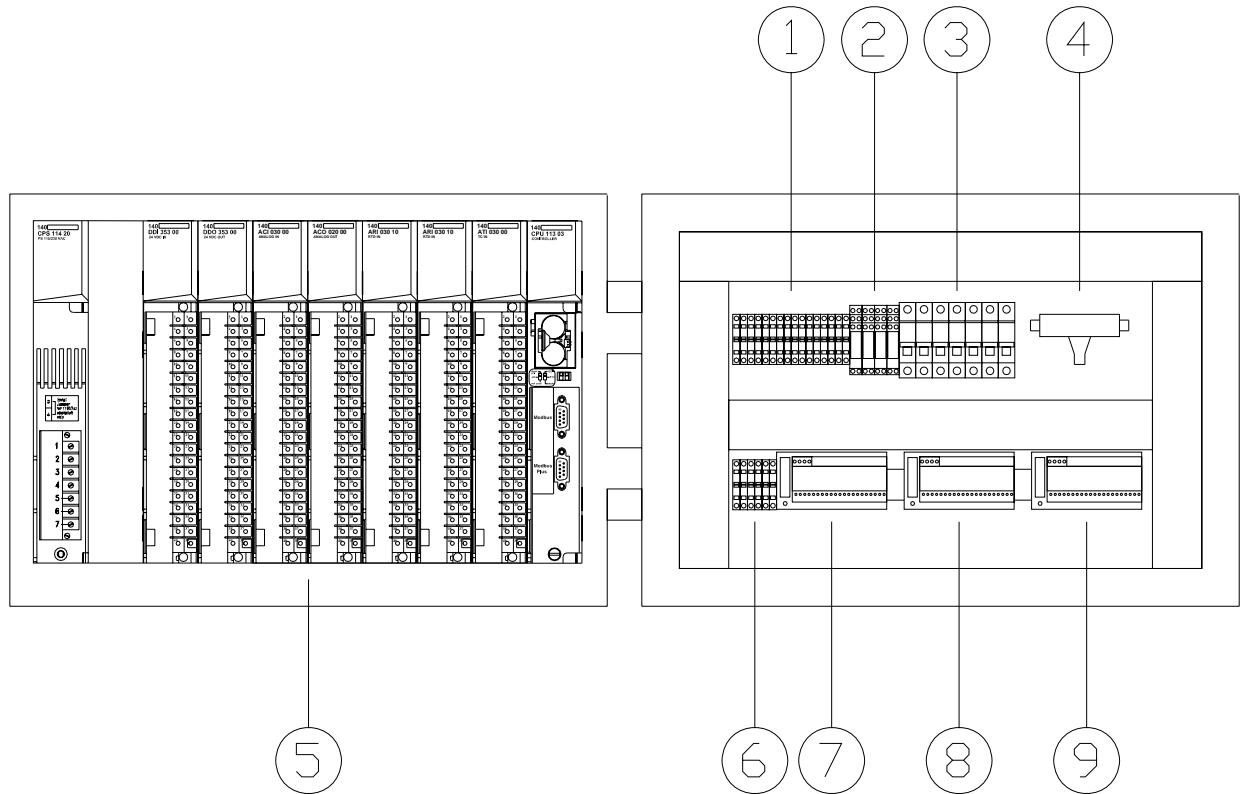
Figura 6.9. Diagrama de distribución de cajas explosion-proof en el grupo P – 301

6.2.2. Tablero de control

El tablero de control será distribuido en las cajas explosion-proof alrededor del grupo de bombeo. En la caja de protección número 4 de la figura 6.9 se colocará la sección principal del tablero de control que incluye al PLC. En una caja pequeña (ítem 2 de la figura 6.9) se pondrán los elementos de alimentación mientras que el resto de cajas alrededor del grupo de bombeo serán destinadas a elementos auxiliares.

La ubicación de los elementos dentro de la sección principal del tablero de control del grupo de bombeo P – 301 se encuentra descrita en la figura 6.10. Para

optimizar el espacio dentro de la caja explosion-proof, el PLC se halla colocado en la parte interna de la puerta de acceso a la misma.

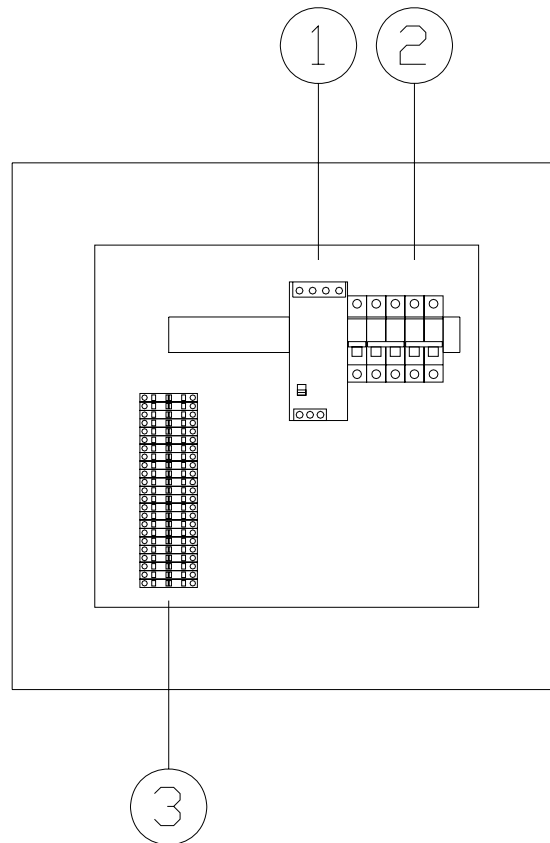


ITEM	DESCRIPCION
1	Borneras de alimentaci3n
2	Rel3s
3	Disyuntores
4	Terminador de la red ModBus Plus
5	PLC GP-301
6	Borneras auxiliares
7	M3dulo TELEFAST para salidas discretas
8	M3dulo TELEFAST para entradas discretas
9	M3dulo TELEFAST para entradas discretas

Figura 6.10. Ubicaci3n de los elementos en caja explosion-proof principal

Los elementos situados en la caja de alimentaci3n del nuevo sistema de control y su ubicaci3n se representan en la figura 6.11. Dentro de esta caja explosion-proof se encuentran las borneras de alimentaci3n principal, los cuales contienen

el flujo eléctrico proveniente del cuarto de control, y la fuente de voltaje, encargada de entregar 24 VDC a los elementos del grupo de bombeo.



ITEM	DESCRIPCION
1	Fuente de 24 VDC
2	Disyuntores
3	Borneras de alimentación principal

FIGURA 6.11. Ubicación de elementos de alimentación del nuevo sistema de control en caja explosion-proof

6.2.3. Implementación

Para implementar los elementos en las cajas explosion-proof se deben retirar los elementos del sistema de control actual ubicados en estas. La figura 6.12, figura 6.13, figura 6.14 y figura 6.15 muestran el estado previo de las cajas

explosion-proof del grupo de bombeo P – 301. En las figura 6.12 y figura 6.13 se puede apreciar el estado de obsolescencia de los elementos allí expuestos.

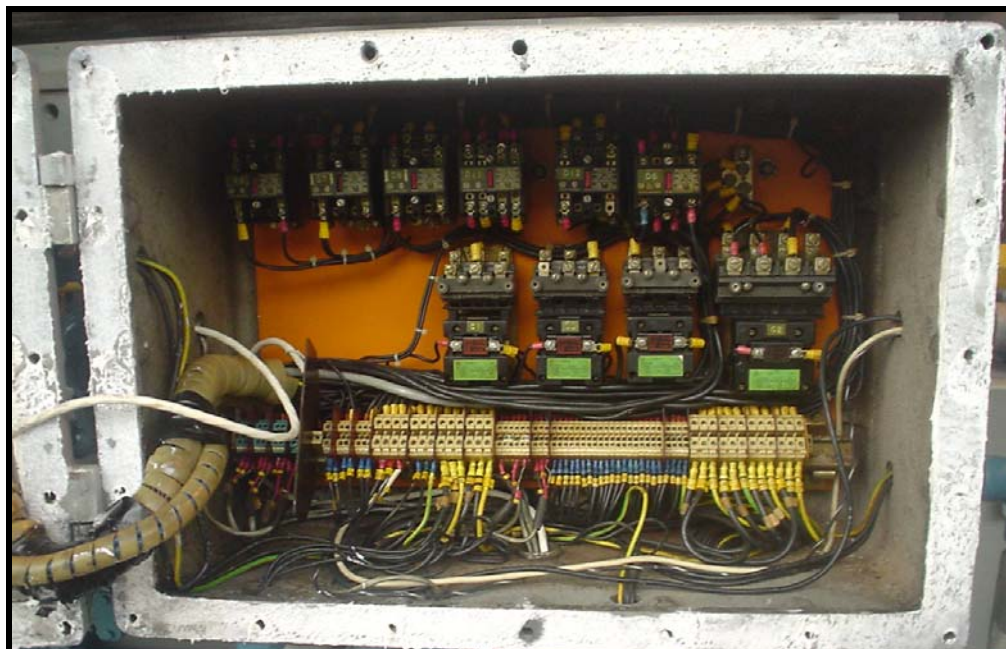


Figura 6.12. Interior de caja explosion-proof del sistema de control actual

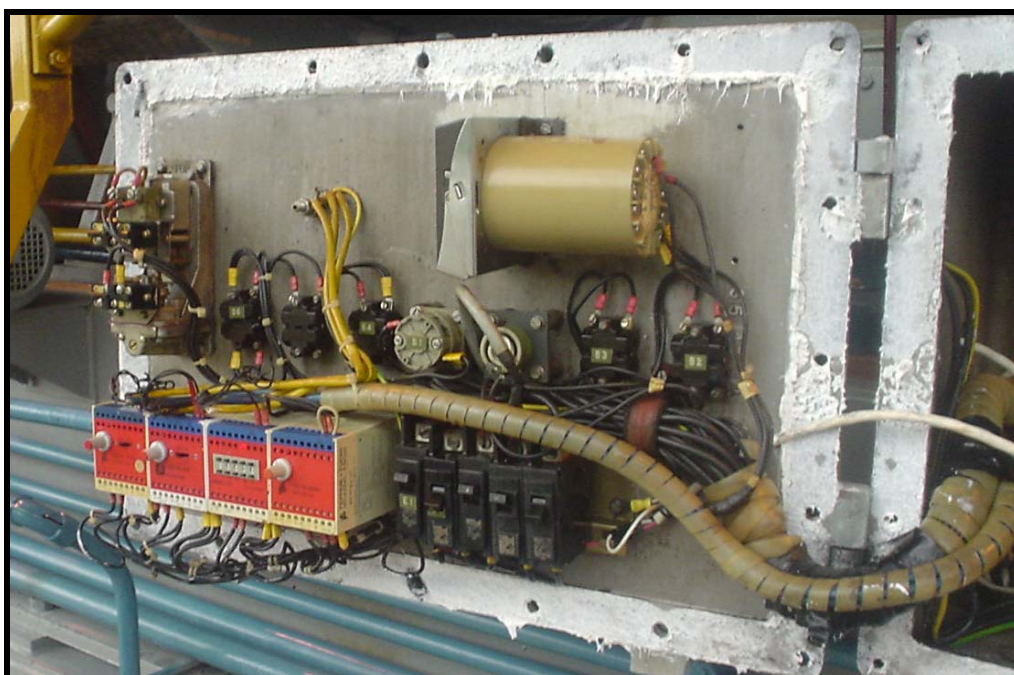


Figura 6.13. Elementos del sistema de control actual

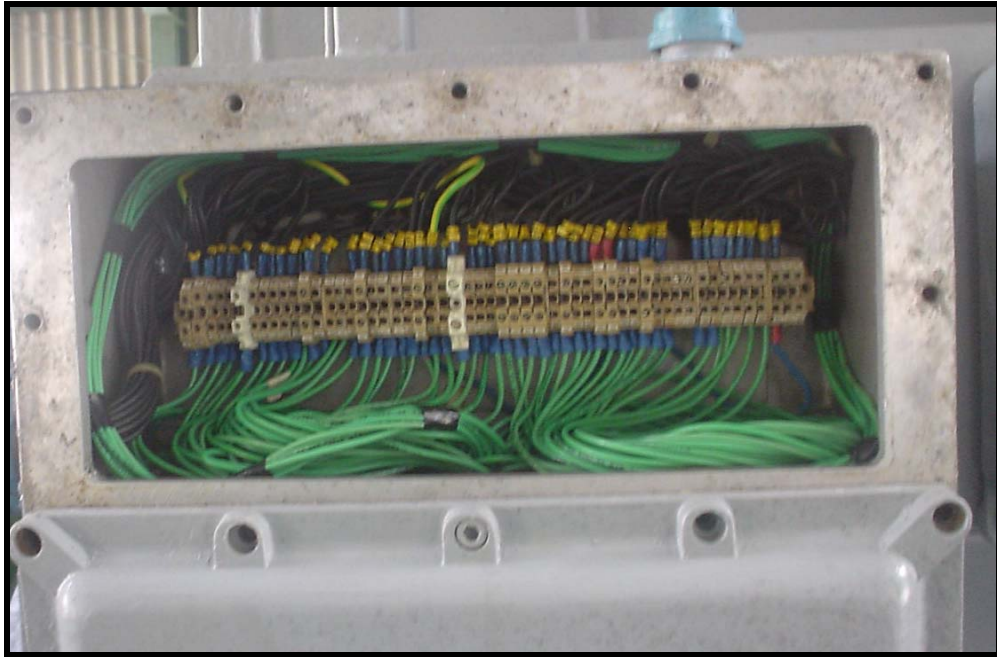


Figura 6.14. Bornera del grupo de bombeo P – 301 en el sistema de control actual

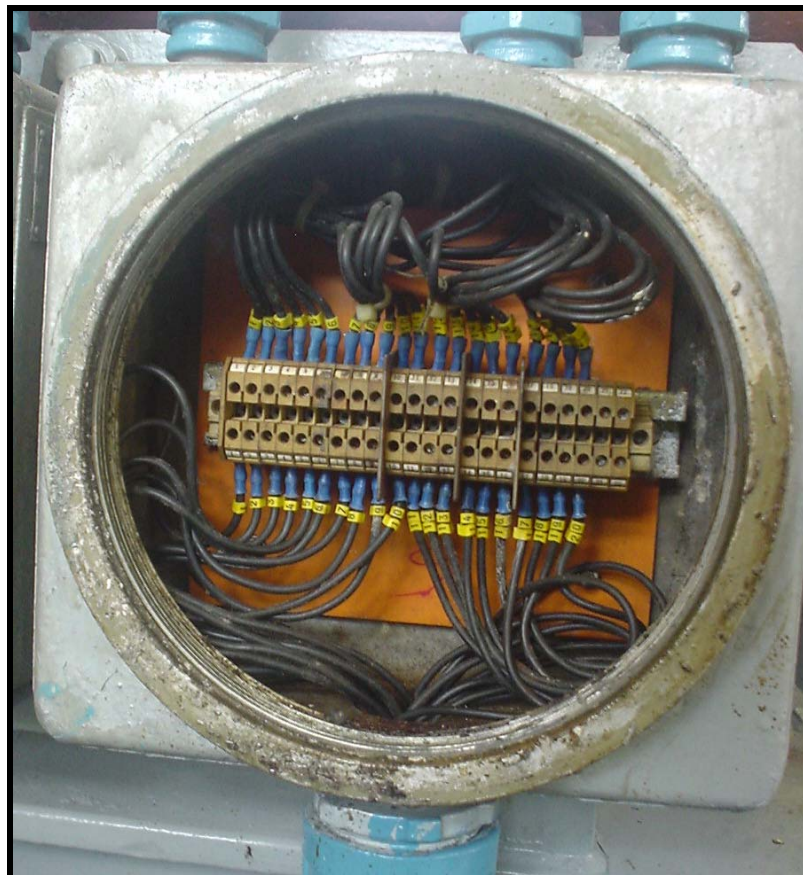


Figura 6.15. Bornera del grupo de bombeo en el sistema de control actual

En la figura 6.16 y figura 6.17 se puede apreciar a las cajas explosion-proof una vez realizado el retiro de los elementos del antiguo sistema de control, de los cuales, únicamente las borneras, los instrumentos de medición y ciertos tramos de cable fueron reutilizados.

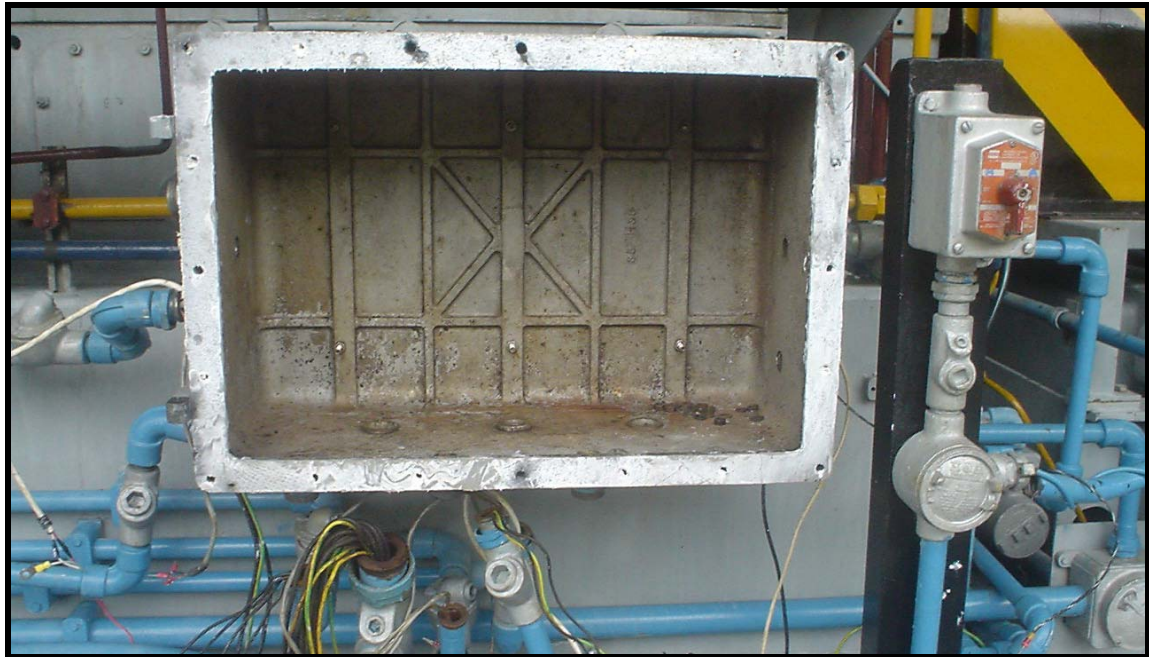


Figura 6.16. Caja explosion-proof principal vacía

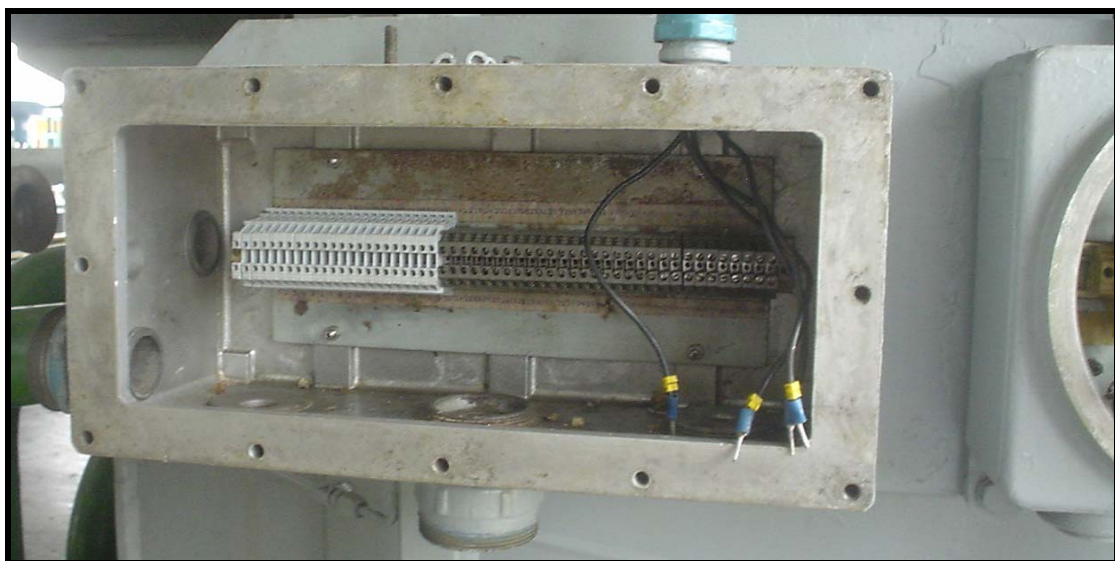


Figura 6.17. Caja de borneras una vez retirado el cableado

El nuevo sistema de control no utiliza las cantidades exorbitantes de cable del anterior, de allí que muchos de ellos fueron retirados de grupo de bombeo, como exhibe la figura 6.18. Al reducir el cableado existente también se reduce el número de tubos que se necesitan. Por esta razón, y como muestra la figura 6.19, mucha tubería debió ser retirada.



Figura 6.18. Exceso de cable retirado del grupo de bombeo P – 301



Figura 6.19. Tubería que contenía cables de conexión en el grupo de bombeo P – 301

Una vez retirados los elementos antiguos, se procede a colocar los nuevos dentro de las cajas y a realizar el cableado correspondiente. Los planos que contienen las conexiones eléctricas se encuentran en el **ANEXO III** de este documento.

La figura 6.20, figura 6.21, figura 6.22, figura 6.23 y figura 6.24 exponen diferentes momentos de proceso de implementación y cableado de los elementos del grupo de bombeo. La figura 6.25, figura 6.26 y figura 6.27 exhiben el estado final de este proceso.

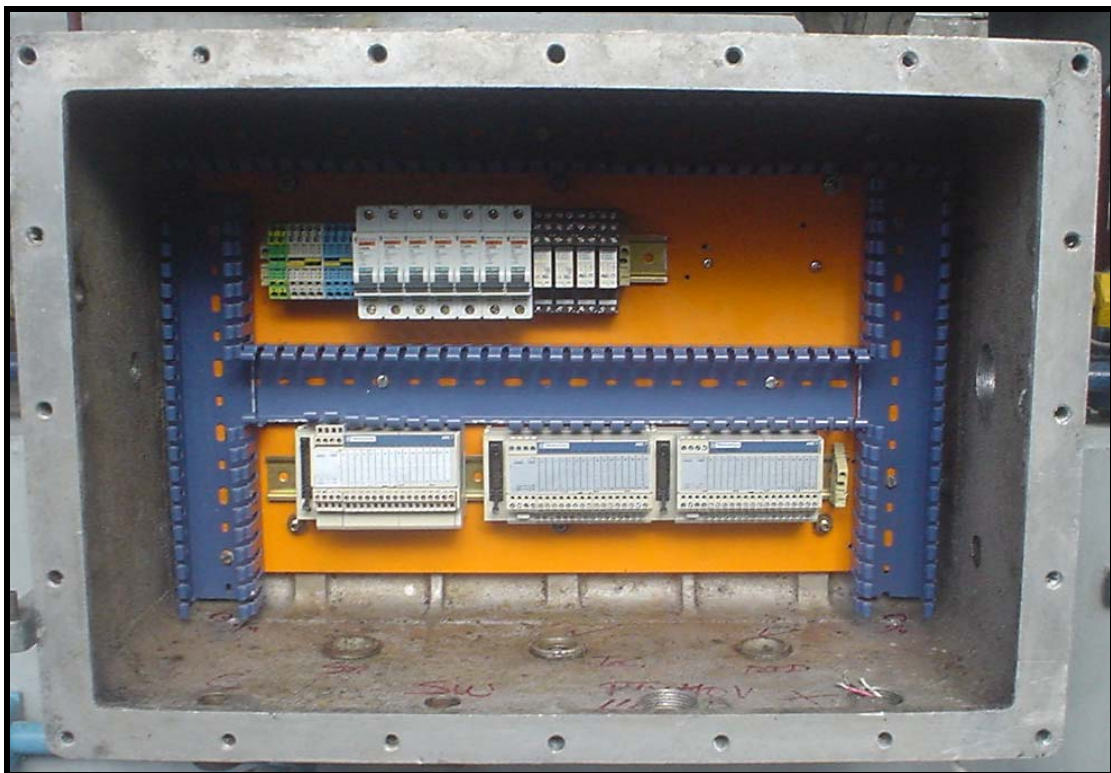


Figura 6.20. Colocación del nuevo tablero de control en la caja explosion-proof

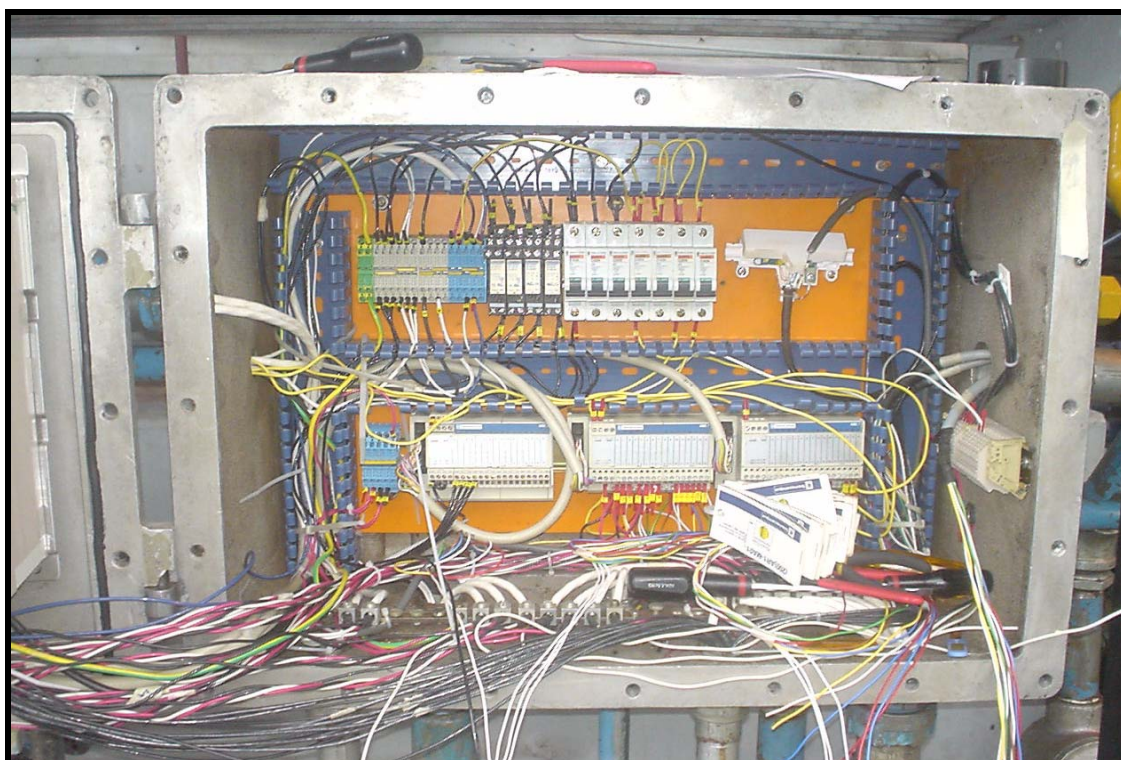


Figura 6.21. Proceso de cableado en la caja explosion-proof del grupo P – 301



Figura 6.22. PLC del grupo de bombeo P – 301

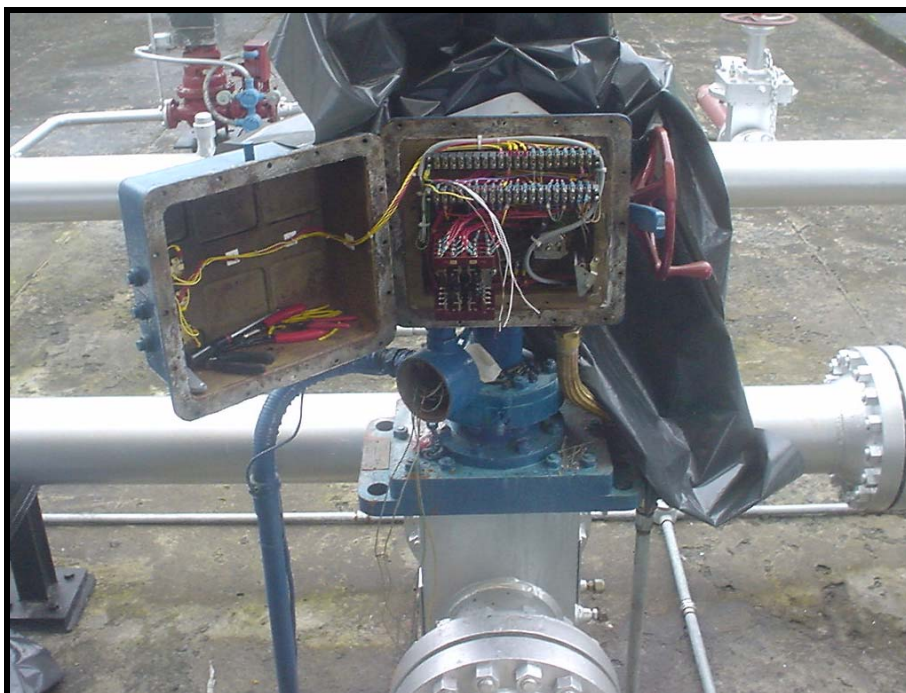


Figura 6.23. Proceso de cableado de la válvula de succión del grupo de bombeo



Figura 6.24. Transductores de velocidad ubicados en una caja explosion-proof

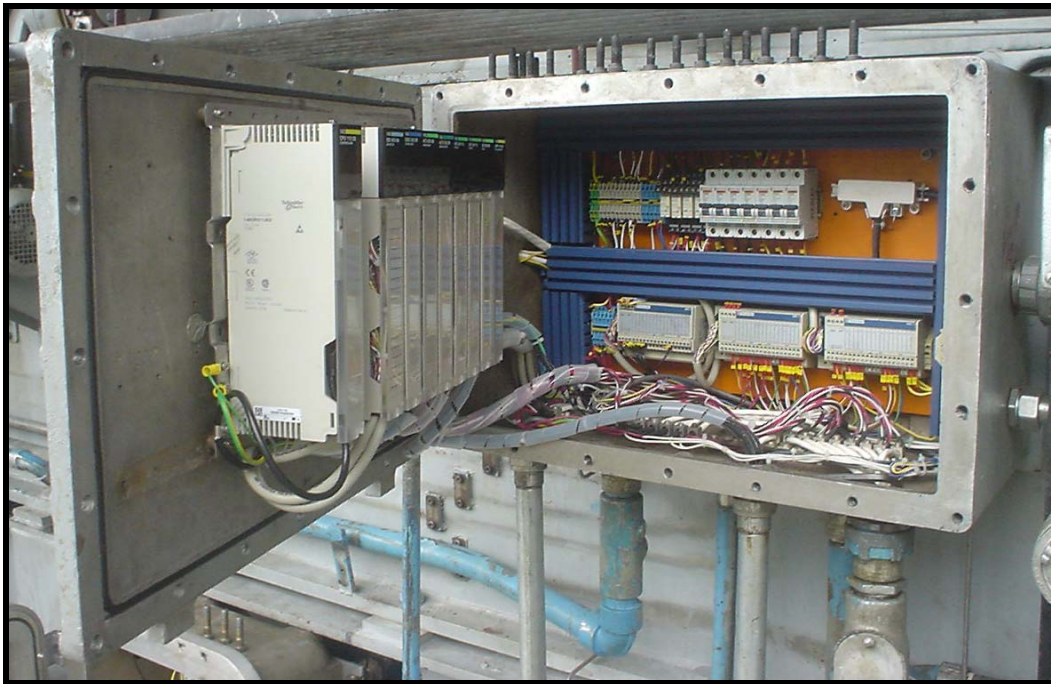


Figura 6.25. Finalización del proceso de cableado del grupo de bombeo

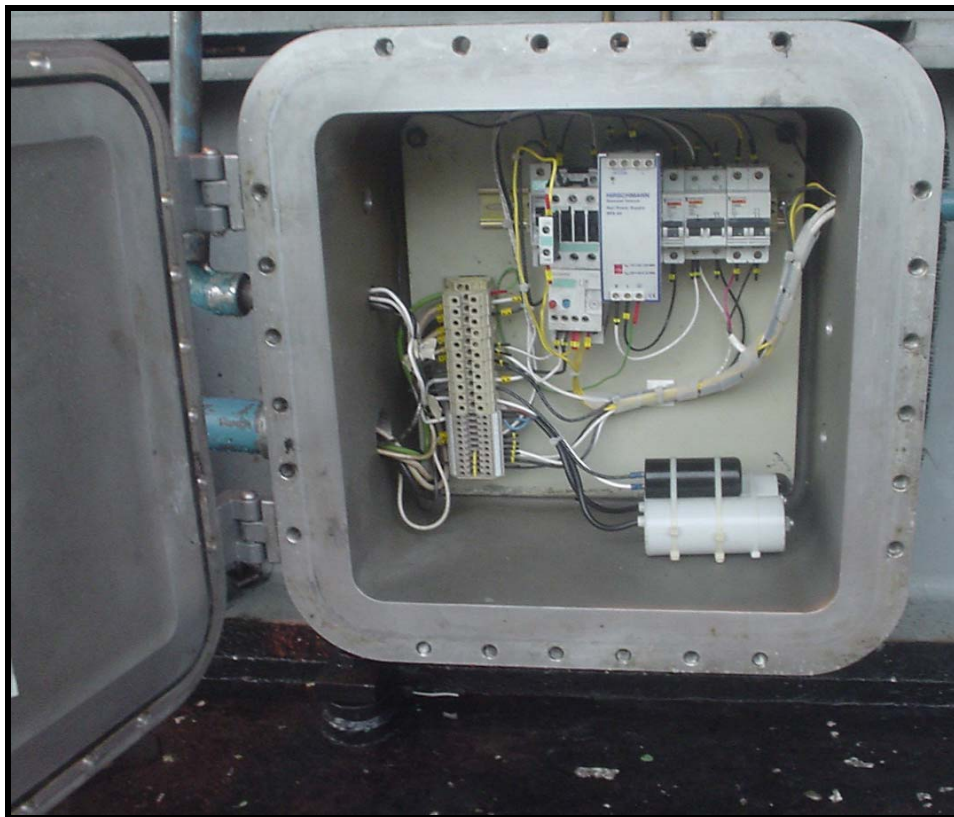


Figura 6.26. Cableado finalizado en la caja de alimentación del nuevo sistema de control

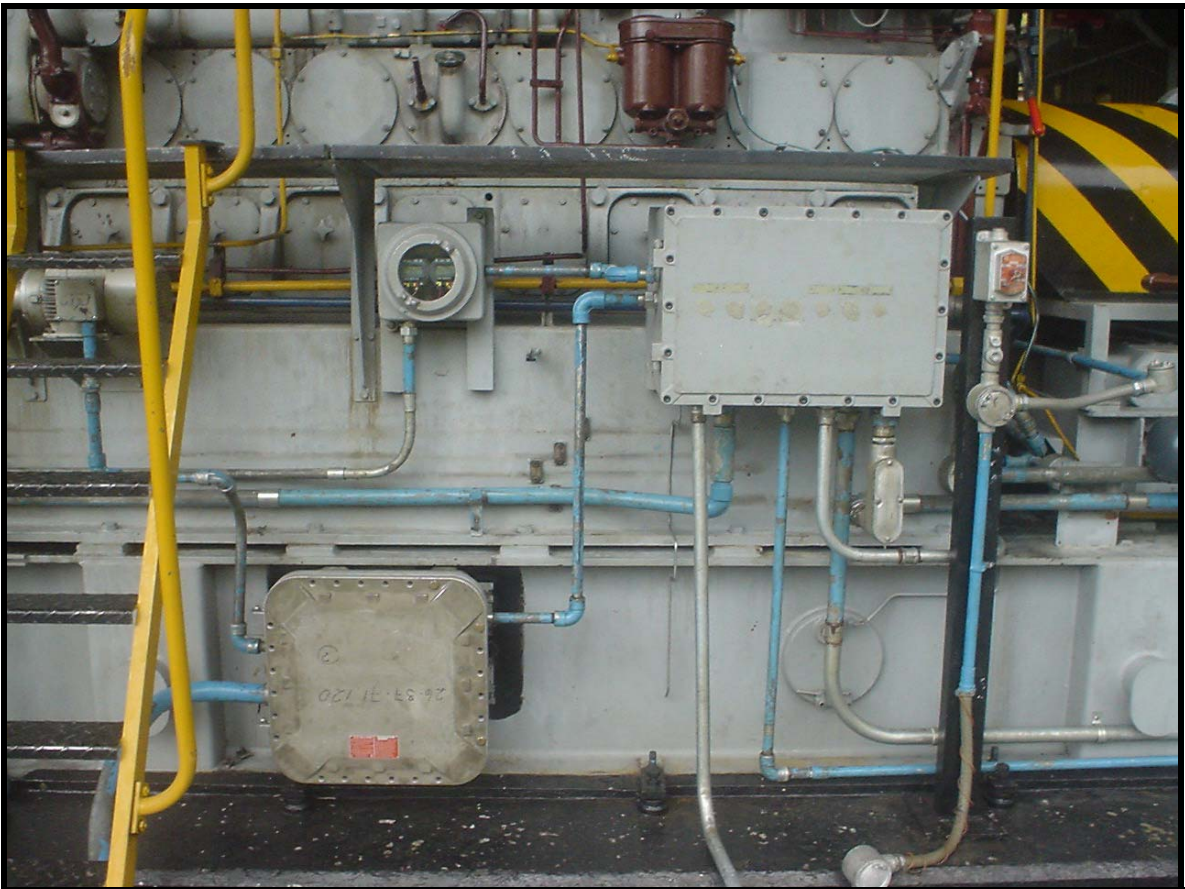
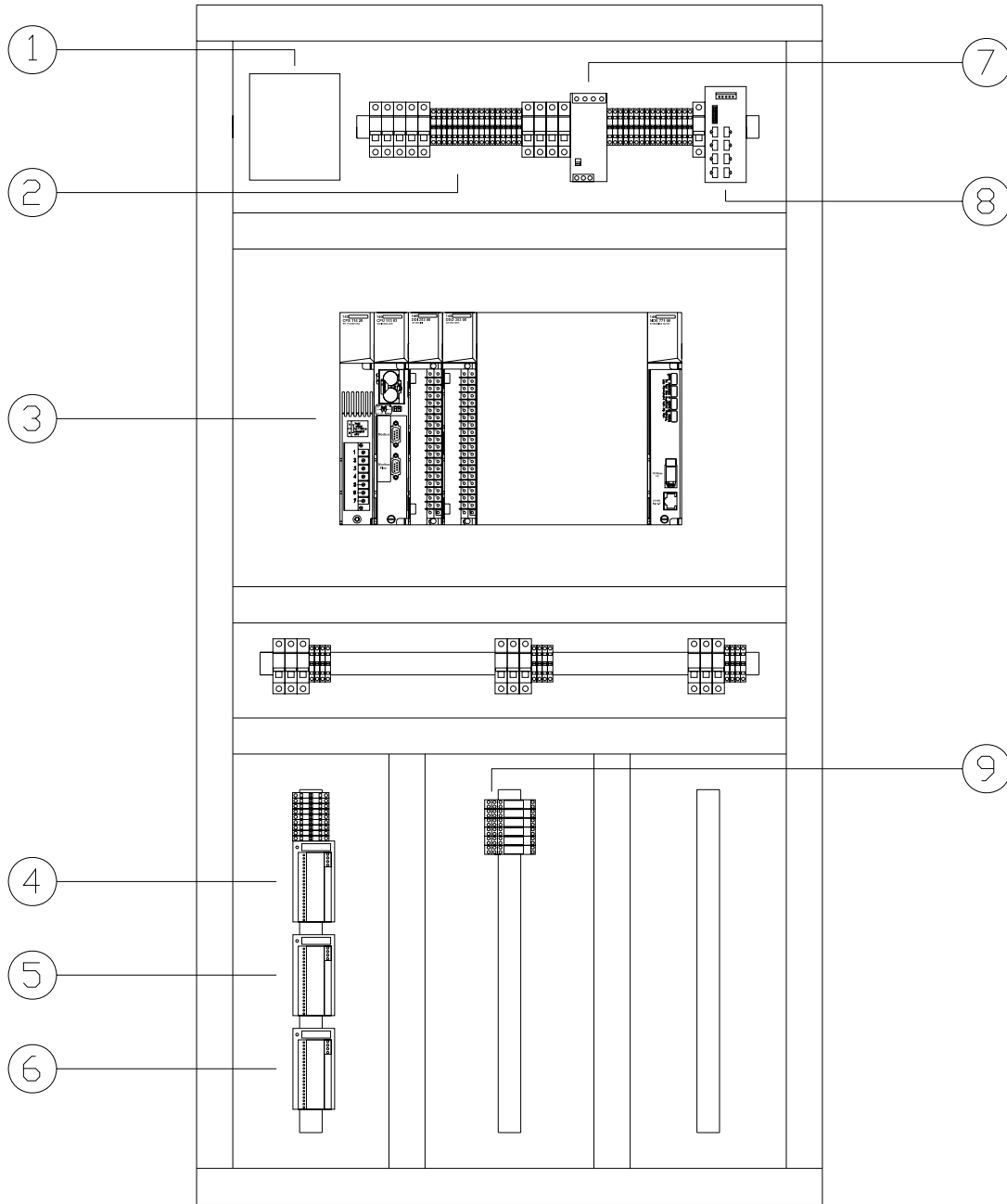


Figura 6.27. Estado final del grupo de bombeo P – 301

6.3. IMPLEMENTACION DE LOS EQUIPOS EN EL TABLERO DE CONTROL GENERAL

El proceso de implementación de elementos en el tablero del cuarto de control es totalmente diferente del proceso de implementación de elementos en el grupo de bombeo debido a que, en el cuarto de control, se tiene únicamente un tablero en el cual se ubicarán los elementos del nuevo sistema de control del grupo P – 301. La figura 6.28 indica la ubicación de los elementos en este tablero.



ITEM	DESCRIPCION
1	Transformador 480 - 240 V / 240 - 120 V
2	Borneras de alimentación
3	PLC PRINCIPAL
4	Módulo TELEFAST para salidas discretas
5	Módulo TELEFAST para entradas discretas
6	Módulo TELEFAST para entradas discretas
7	Fuente de 24 VDC
8	Swtich Industrial
9	Relés

Figura 6.28. Ubicación de los elementos en el tablero de cuarto de control

El proceso comienza con el cableado de los controladores de motores auxiliares del grupo P – 301 hacia el nuevo tablero, como se puede apreciar en la figura 6.29 y la figura 6.30. Los planos que detallan las conexiones eléctricas se encuentran en el **ANEXO III** de este documento.

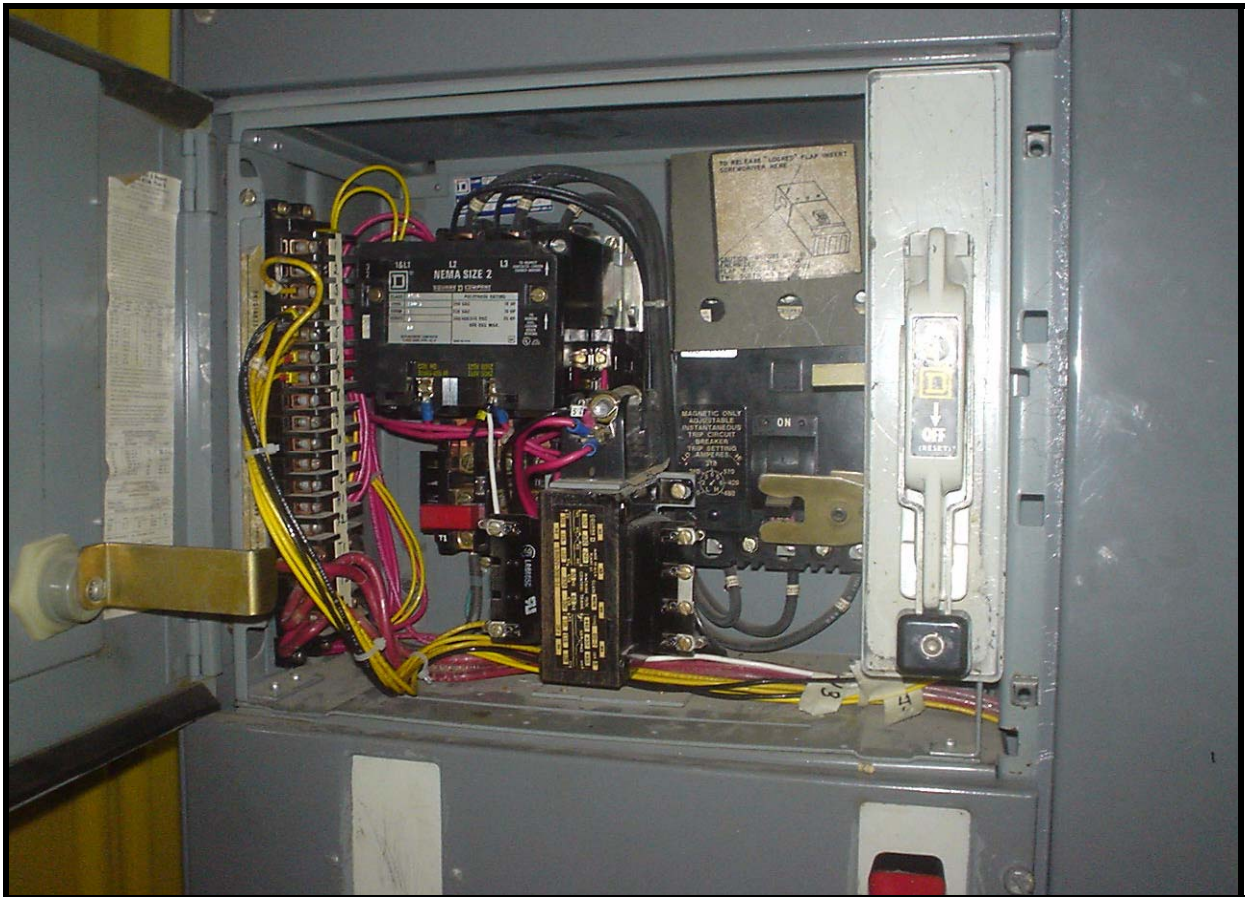


Figura 6.29. Proceso de cableado de los controladores de motores auxiliares

La figura 6.31 muestra el bloque de alimentación de los motores y sistemas auxiliares de toda la estación Faisanes. De este bloque se extrae el voltaje de entrada para el transformador, el cual alimenta con 120 VAC al nuevo sistema de control.

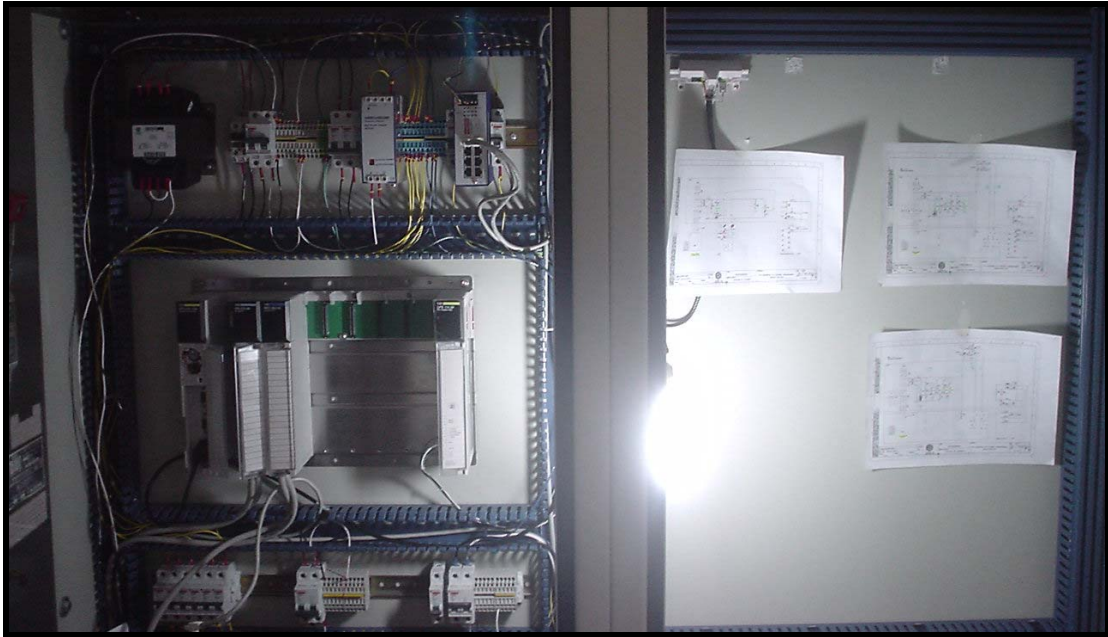


Figura 6.30. Proceso de cableado del tablero de control

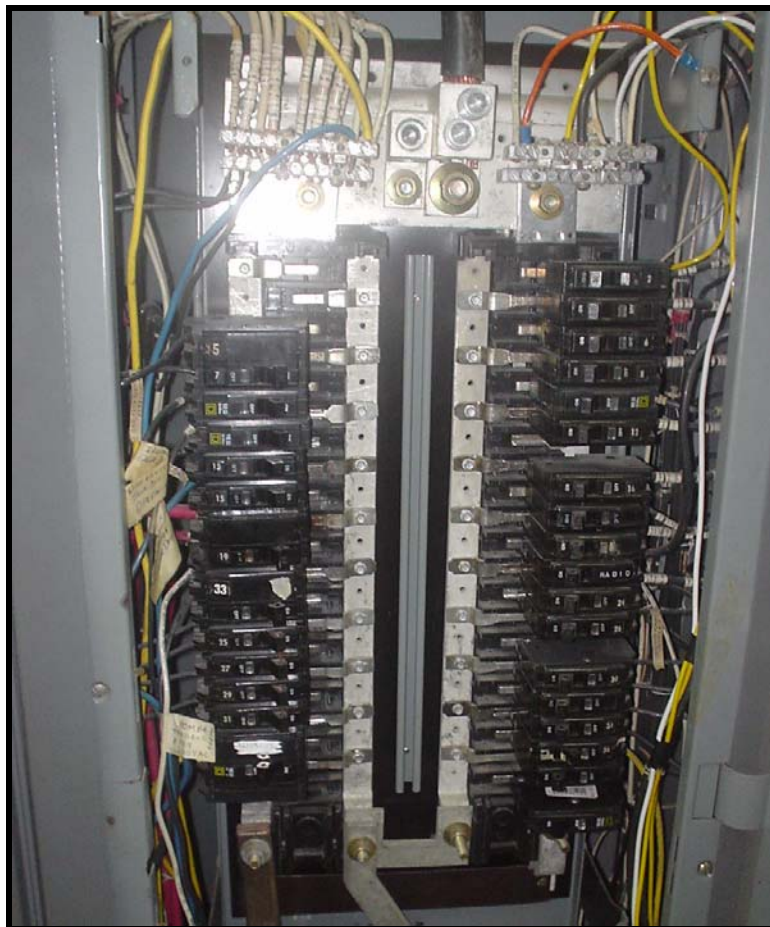


Figura 6.31. Bloque de alimentación de los elementos de la estación de bombeo

Una vez realizado el proceso de cableado de todos los elementos se procede a ubicar el computador con el sistema SCADA y la interfaz de operador en un lugar de fácil acceso y próximo al antiguo tablero de control, ya que en este se encuentran los elementos de operación de los otros grupos de bombeo.

La interfaz de operador fue colocada en el antiguo tablero de control, como se puede apreciar en la figura 6.32. Esta se ubica junto a los elementos que controlan los grupos P – 302 y P – 303 con el fin de facilitar la operación de la estación.



Figura 6.32. Interfaz de operador en el tablero de control antiguo

CAPITULO 7

PRUEBAS Y RESULTADOS

7.1. PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS

El procedimiento de pruebas aplicado al nuevo sistema de control se resume en los siguientes puntos:

1. Operación de equipos del nuevo sistema de control previo el montaje.
2. Funcionamiento del software para los controladores lógicos.
3. Operación de equipos montados en el grupo de bombeo.
4. Funcionamiento de la red Modbus Plus.
5. Verificación del cableado de elementos del grupo de bombeo.
6. Operación de equipos montados en el tablero de control principal.

7. Funcionamiento red ethernet industrial.
8. Verificación del cableado de elementos del tablero de control principal.
9. Funcionamiento del HMI del sistema SCADA y de la interfaz de operador.
10. Verificación de la lógica de control del grupo P – 301.
11. Operación del grupo de bombeo.

Operación de equipos del nuevo sistema de control previo el montaje. Se realizó a nivel de laboratorio con el fin de evitar contratiempos con el funcionamiento de los equipos. Estas pruebas sirvieron para familiarizarse con la configuración y operación de los equipos a ser instalados.

Funcionamiento del software para los controladores lógicos. Esta prueba se realizó con la herramienta Simulador 32 bits, como se explica en el capítulo 4 de este documento, y con los controladores lógicos programables a nivel de laboratorio. Se efectuaron para cerciorarse que la configuración de los diversos elementos al igual que la lógica de control implementada en los mismos sea correcta, y ello permita la realización de las pruebas posteriores.

Operación de equipos montados en el grupo de bombeo. Una vez concluida la implementación de los equipos, al igual que el cableado de estos, se revisó la operación de los elementos allí instalados. Esta prueba sirve para

descartar un fallo de funcionamiento de algún elemento en caso de un inconveniente.

Funcionamiento de la red Modbus Plus. Para la comprobación del funcionamiento de la red Modbus Plus se accedió al PLC GP-301 desde un computador, con el programa CONCEPT, ubicado en el cuarto de control.

Verificación del cableado de elementos del grupo de bombeo. Esta prueba se efectuó basándose en la anterior, ya que, mediante el programa CONCEPT se obtuvieron valores de las señales del grupo de bombeo. Un valor erróneo de una señal indica una falla en el cableado o en el instrumento de medición. Con esta prueba se verificó el cableado de los elementos hacia el PLC, la configuración de los módulos de entradas y salidas del mismo y la red Modbus Plus.

Operación de equipos montados en el tablero de control principal. Una vez realizadas las pruebas a los elementos ubicados en el grupo de bombeo se procede a realizarlas para los elementos ubicados en el cuarto de control.

Para comenzar se tiene la verificación de operación de los equipos montados en el tablero de control. De la misma forma que la prueba en el grupo de bombeo, esta sirve para descartar el fallo de funcionamiento de algún elemento en caso de un problema.

Funcionamiento red ethernet industrial. Esta prueba sirve para demostrar la correcta implementación de la red ethernet industrial así como la correcta distribución de direcciones para la misma.

Verificación del cableado de elementos del tablero de control principal. Al igual que su contraparte del grupo de bombeo, en esta verificación se utilizó el PLC PRINCIPAL conectado a un computador con el software CONCEPT a través de la red ethernet industrial.

Para las posteriores pruebas se procedió a aislar el grupo P – 301 de la línea principal bombeo. Este aislamiento se realiza mediante el desacople mecánico del motor con la bomba de grupo de bombeo y permite realizar una simulación de operación sin afectar al proceso de bombeo de la estación.

Funcionamiento del HMI del sistema SCADA y de la interfaz de operador. Para comprobar el funcionamiento de ambas se operó el grupo de bombeo desacoplado desde el HMI y la interfaz de operador con el fin de comprobar su correcto desenvolvimiento.

Verificación de la lógica de control del grupo P – 301. Esta verificación permite ajustar pequeños detalles del funcionamiento del grupo de bombeo previo al inicio del proceso de bombeo con el grupo P – 301.

Operación del grupo de bombeo. Una vez realizadas las pruebas con el grupo aislado, se vuelve a acoplar el motor con la bomba y a realizar pruebas con diferentes escenarios de operación del grupo de P – 301 en el proceso de bombeo de combustible.

7.2. RESULTADOS

Una vez efectuado todo el procedimiento de pruebas se obtuvieron los siguientes resultados:

Operación de equipos del nuevo sistema de control previo el montaje. Se tuvo un correcto funcionamiento de los equipos en laboratorio.

Funcionamiento del software para los controladores lógicos. La prueba de la configuración de los elementos con los controladores lógicos se realizó con resultados exitosos, mientras que la prueba de la lógica de control no se completó, ya que, a nivel de laboratorio no se precisó de una red modbus plus para comprobar la sección de comunicación, la cual, permite el intercambio de datos entre ambos controladores.

Operación de equipos montados en el grupo de bombeo. Se tuvieron ciertos inconvenientes por las fallas del sistema de alimentación de la estación. Una vez salvados los mismos, no se registró ningún problema en el funcionamiento de los equipos.

Funcionamiento de la red Modbus Plus. La red modbus plus trabajó correctamente.

Verificación del cableado de elementos del grupo de bombeo. Se registraron algunas compilaciones debido al cableado inexacto de ciertos elementos y, principalmente, al pésimo estado de muchos instrumentos de medición, los cuales fueron cambiados para evitar problemas. Superadas estas complicaciones se obtuvieron resultados exitosos.

Operación de equipos montados en el tablero de control principal. De igual forma que en su contraparte del grupo de bombeo, se tuvieron ciertos inconvenientes por los problemas del sistema de alimentación de la estación, los

cuales, al ser corregidos, condujeron a un correcto funcionamiento de los equipos montados en el tablero de control.

Funcionamiento red ethernet industrial. No se experimento ningún inconveniente en el funcionamiento de la red ethernet industrial.

Verificación del cableado de elementos del tablero de control principal. Resultado positivo aún cuando se registraron compilaciones debido al cableado errado de ciertos elementos.

Funcionamiento del HMI del sistema SCADA y de la interfaz de operador. Este fue un proceso complejo ya que las modificaciones van a la par con la verificación de la lógica de control del grupo P-301. Tanto el HMI del sistema SCADA como el de la interfaz de operador funcionaron correctamente.

Verificación de la lógica de control del grupo P – 301. De igual forma que la prueba anterior, es un proceso lento y complicado que exige ciertas verificaciones y pequeñas correcciones para concluir en un funcionamiento satisfactorio. Se ocupó una gran cantidad de tiempo en esta y la anterior prueba.

Operación del grupo de bombeo. Fue una prueba compleja ya que la misma sirve para certificar el correcto funcionamiento del grupo de bombeo. Esta prueba, al igual que las anteriores, arrojaron resultados positivos, lo que originó que el grupo de bombeo P – 301 inicie su operación normal.

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- El conocimiento en detalle del funcionamiento de la estación y específicamente de los grupos de bombeo deriva en un correcto diseño del sistema de control automático.
- El sistema de control original de la estación es eficiente en su concepción lógica, pero tiene muchos problemas en sus elementos y en la implementación de éstos en el sistema.
- La correcta selección de todos los componentes permitió minimizar problemas de funcionamiento o de incompatibilidad entre los elementos.
- La elección de un controlador lógico de altas prestaciones en el cuarto de control se realizó pensando en una futura inclusión de los sistemas de control para los otros grupos de bombeo.

- La utilización de CONCEPT con los lenguajes de programación FBD (Function block diagram - Diagrama de bloques funcionales) y SFC (Sequential function chart - Gráfico Funcional Secuencial) permiten una flexibilidad en el proceso de diseño de programas y en una concepción clara del mismo. De igual forma, la creación de varias secciones permite una organización eficiente de las diferentes partes del programa.
- El proceso de simulación del software diseñado previo a la implementación proporciona una ayuda ya que permite advertir el comportamiento de los HMI frente a los procesos de la lógica de control de los PLCs. De igual manera la simulación de la lógica de programación de los controladores permite probar el desempeño de ésta asegurando así menos errores.
- El desempeño de la red Ethernet industrial fue óptimo, ya que esta fue capaz de manejar el tráfico desde el PLC tanto a la interfaz de operador como al sistema SCADA.
- La implementación de la interfaz de operador en el tablero de control del sistema anterior facilita la operación del grupo P – 301 en conjunto con los otros grupos, pues en el tablero se encuentran los elementos de control de estos.

8.2. RECOMENDACIONES

- Se debe tener especial énfasis en el cuidado y mantenimiento de los equipos para evitar daños a corto plazo.

-
- Se deben tomar las precauciones necesarias cuando se trabaja en ambientes de alto riesgo para evitar daños personales o a terceros.
 - Los equipos instalados deben ser actualizados con la última versión de firmware para así evitar problemas con el funcionamiento de los mismos.
 - Se debe documentar todo el proceso para así, cuando se necesite implementar el mismo sistema de control para otros grupos de bombeo similares, el procedimiento sea sencillo.
 - Se debe tener cuidado con la programación de los controlares lógicos con conexión ethernet, ya que, muchas veces el programador sobrescribe la dirección IP del mismo sin darse cuenta lo que produce un error de acceso.
 - Una vez realiza la implementación del sistema de control se debe dar un curso de utilización del mismo al personal de la estación para evitar daños por errores en la operación.
 - El proceso de implementación y cableado de los instrumentos del grupo de bombeo debe ser realizado conjuntamente con personal de la estación con el fin de que ellos estén al tanto de la ubicación de los equipos y así ellos estén en la capacidad de identificar y corregir posibles daños.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- NISE, Norman, *Sistemas de control para ingeniería*, Tercera edición, Editorial C.E.C.S.A., 2002.
- CORPORACION ESTATAL PRETOLERA ECUATORIANA, *Manual de operación Poliducto Esmeraldas a Quito*, 1980.
- MC NAUGHTON, Kenneth, *Bombas: Selección, uso y mantenimiento*, Editorial Mc Graw – Hill, 1990.
- SCHNERIDER ELECTRIC, Catálogo Plataforma de automatización Quantum, 2000.
- TELEMECANIQUE, *Magelis XBT G: designed for the networked factory*, 2003.
- TELEMECANIQUE, *Telefast System*, 2005.
- www.wikipedia.org, *Pump*.
- www.wikipedia.org, *Bombas*.

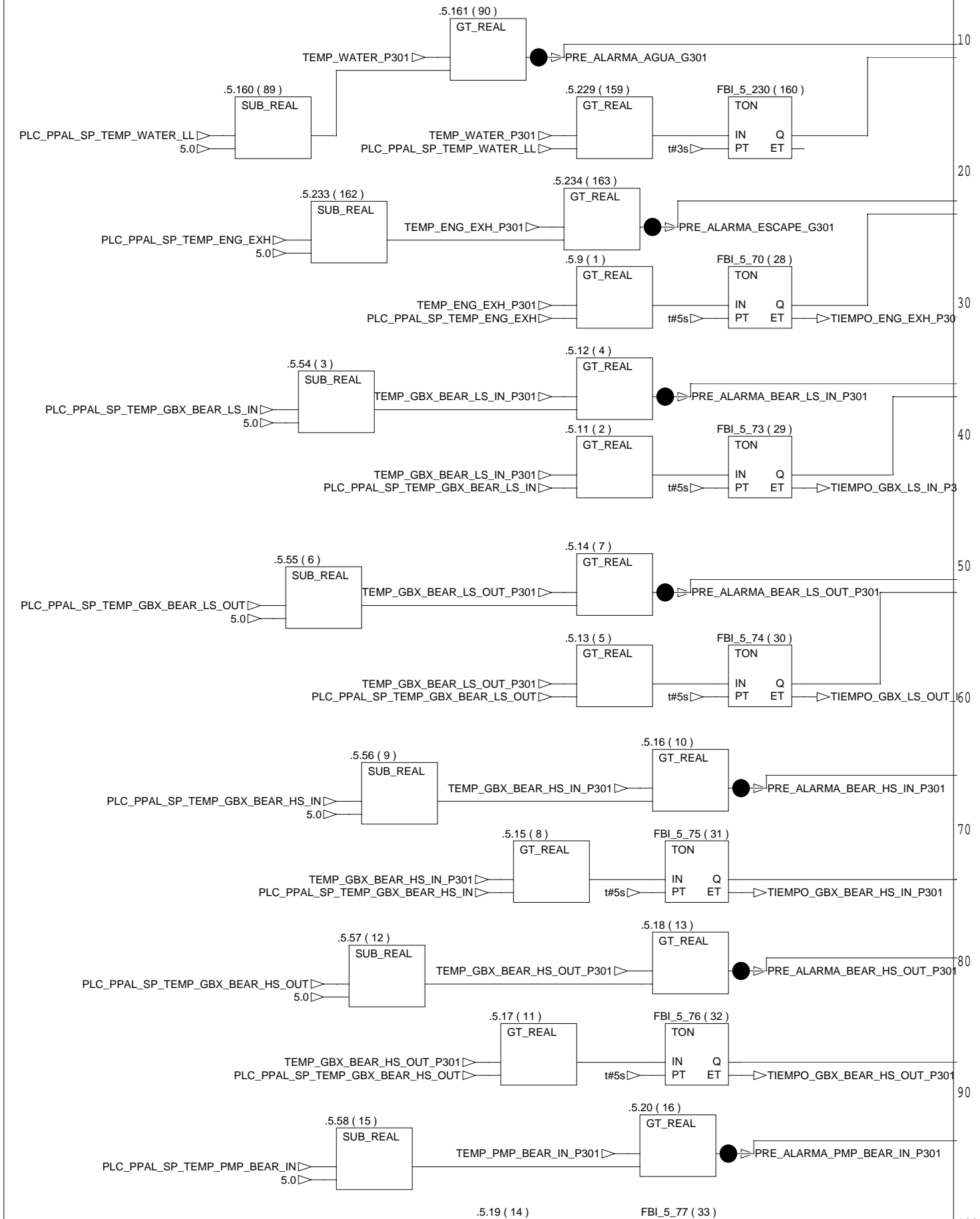
- www.wikipedia.org, *Electrónica de control*.
- www.wikipedia.org, *SCADA*.
- www.wikipedia.org, *User interface*.
- www.automatas.org, *SCADA*.

ANEXO I

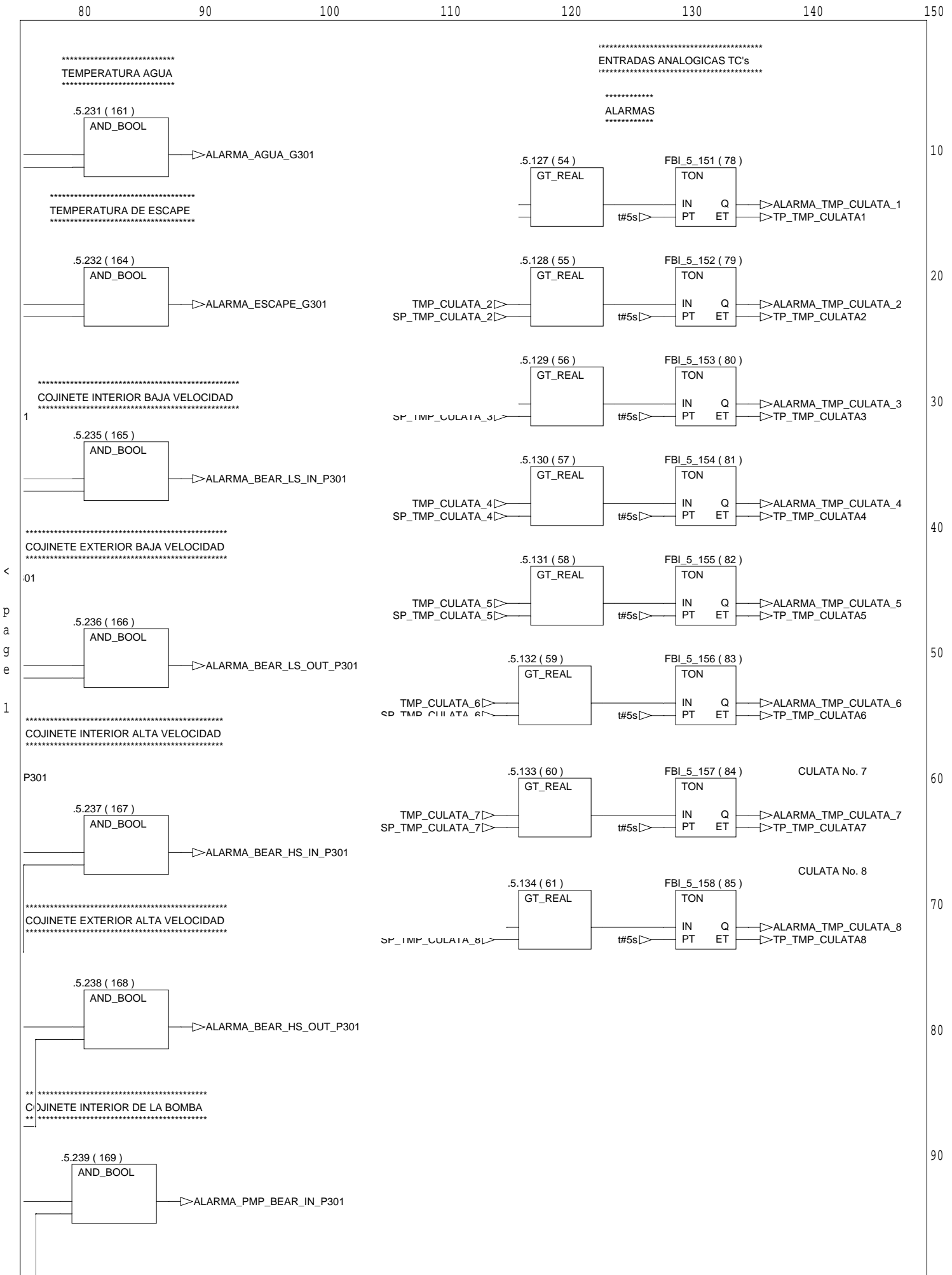
PLC GP-301

**PROGRAMA
PLC GP-301**

 ALARMAS MODULO DE ENTRADAS ANALOGICAS RTD's

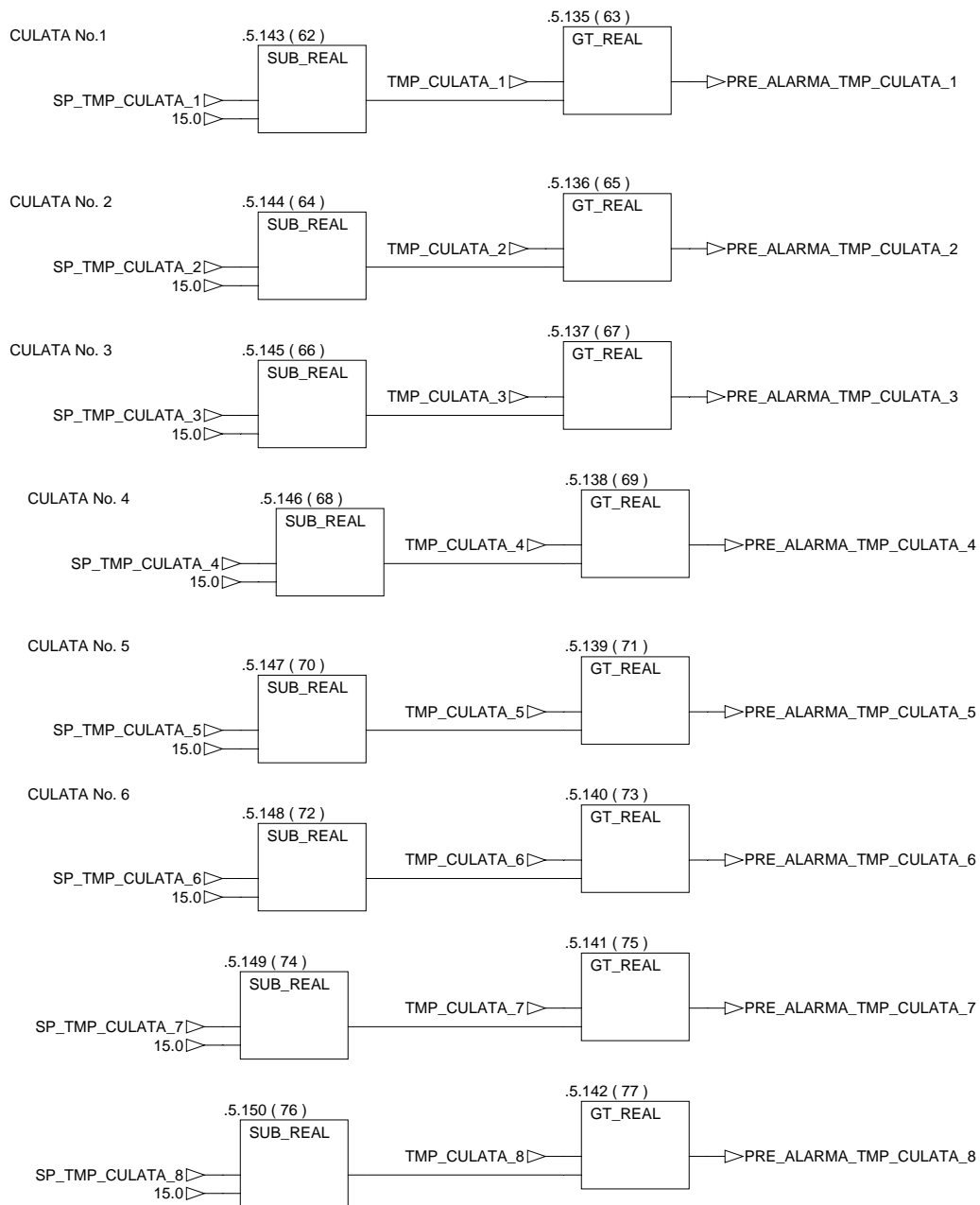


Graph of section Alarmas

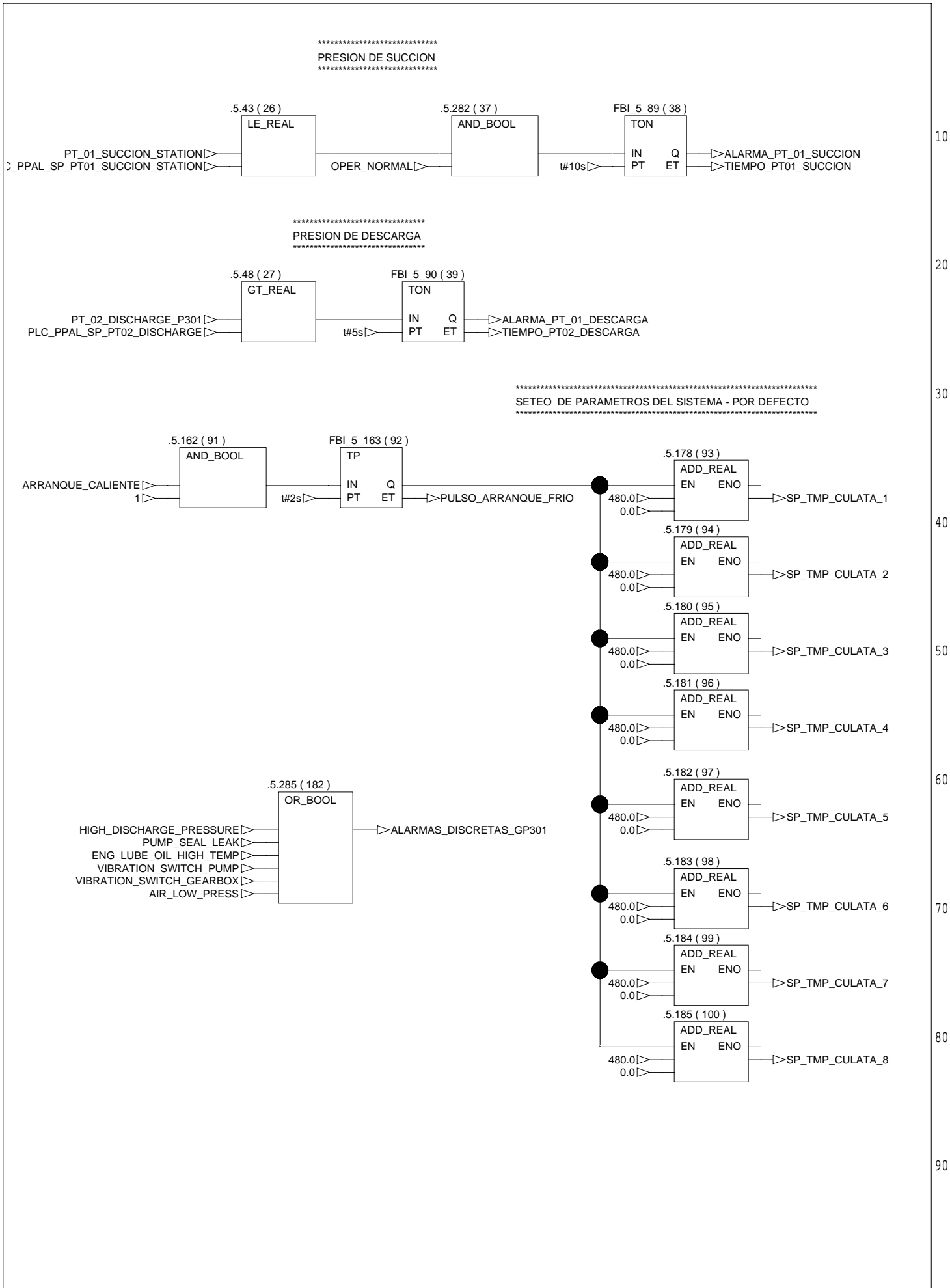


ILO DE ENTRADAS ANALOGICAS TC's

PREALARMAS



ALARMAS DISCRETAS GRUPO

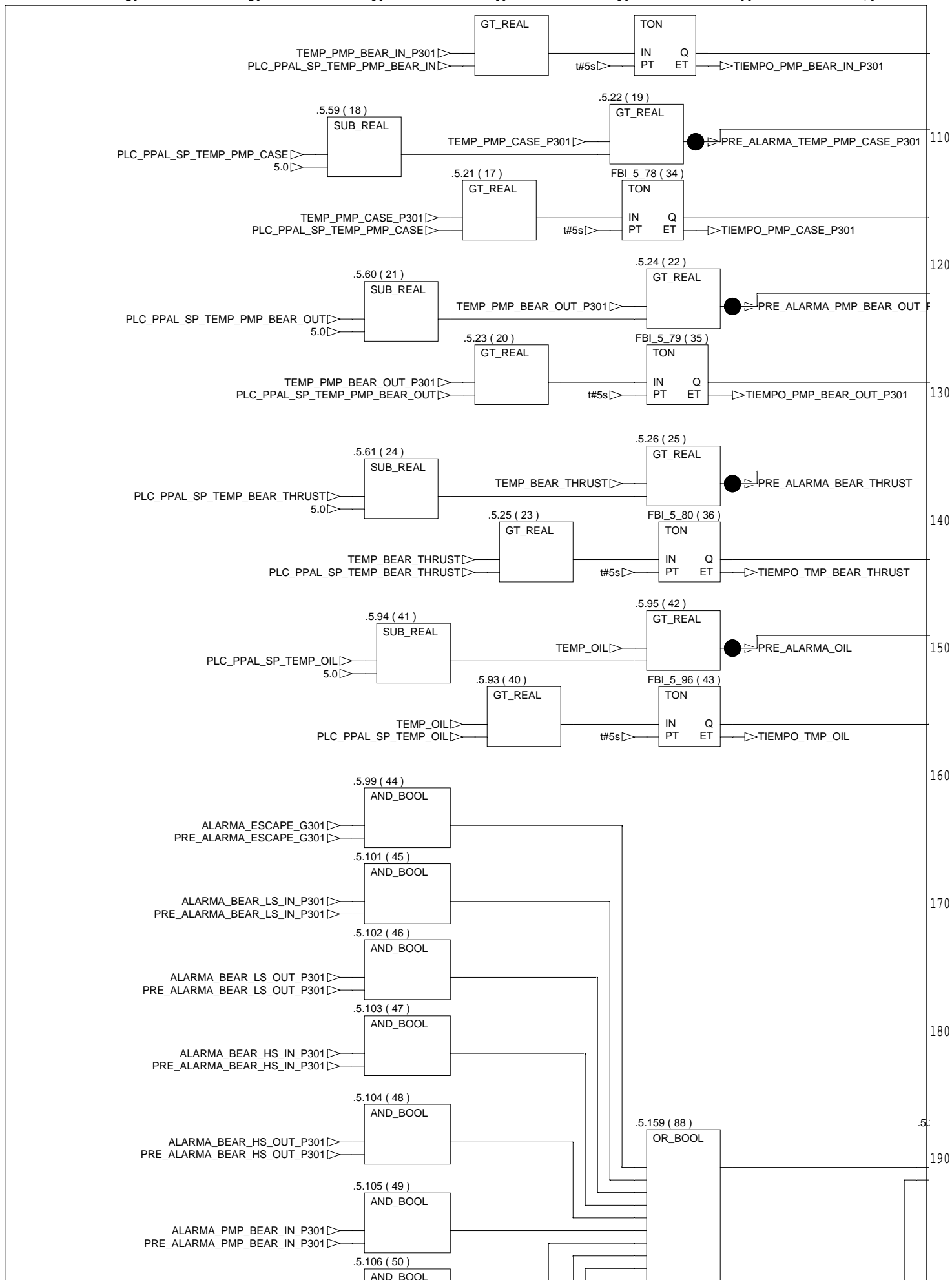


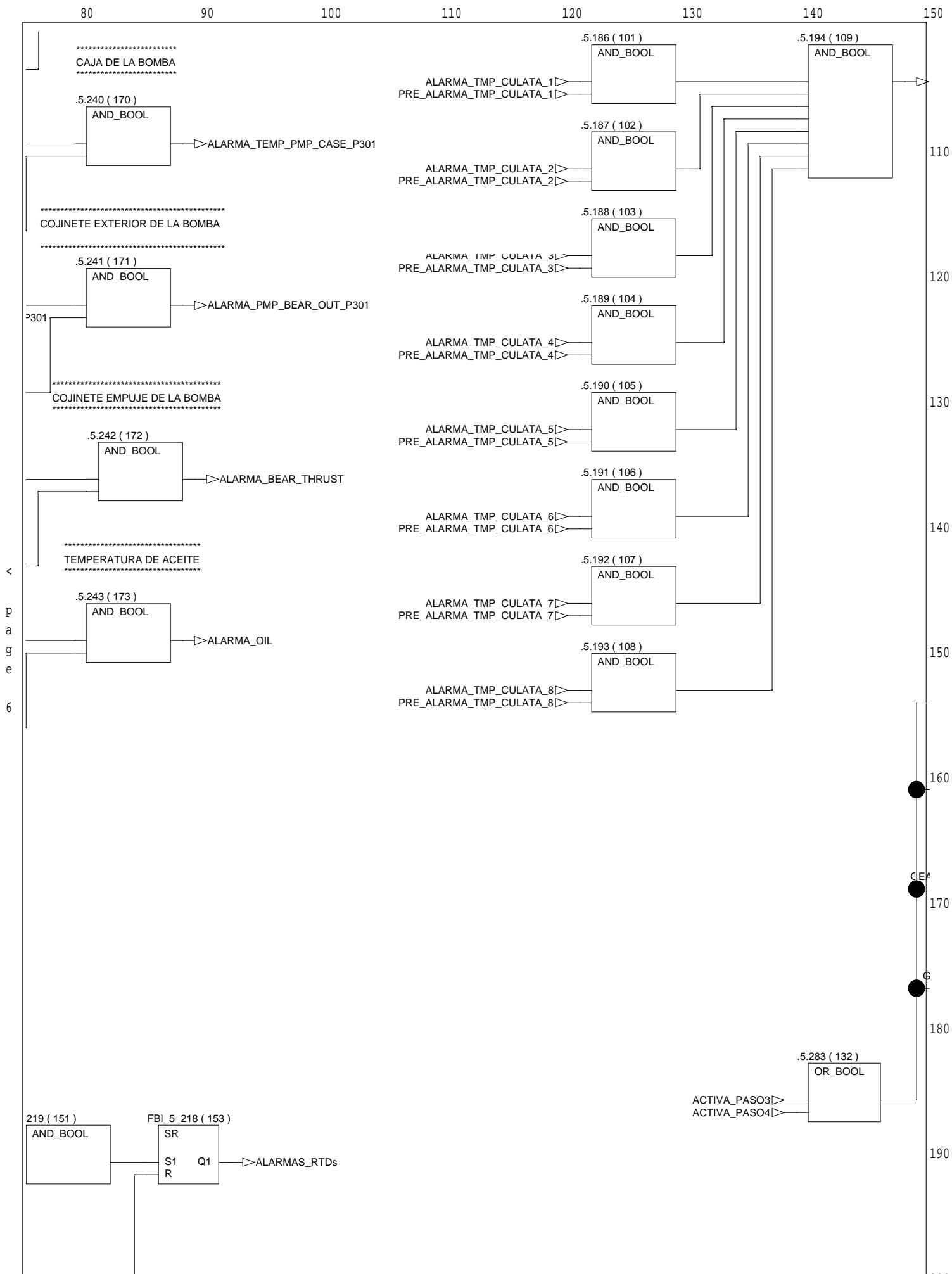
<
p
a
g
e
4

10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

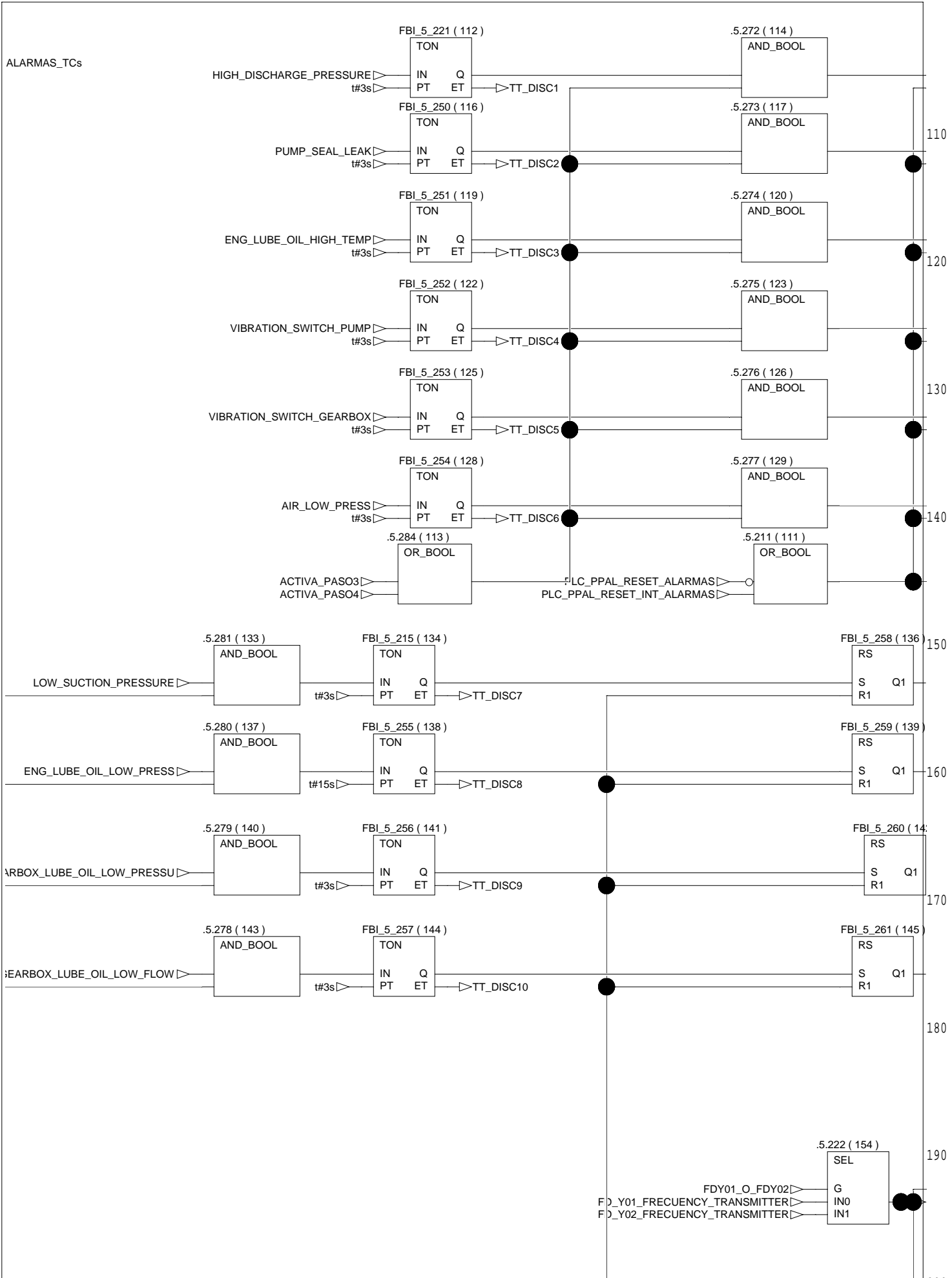
> page 10

10 20 30 40 50 60 70

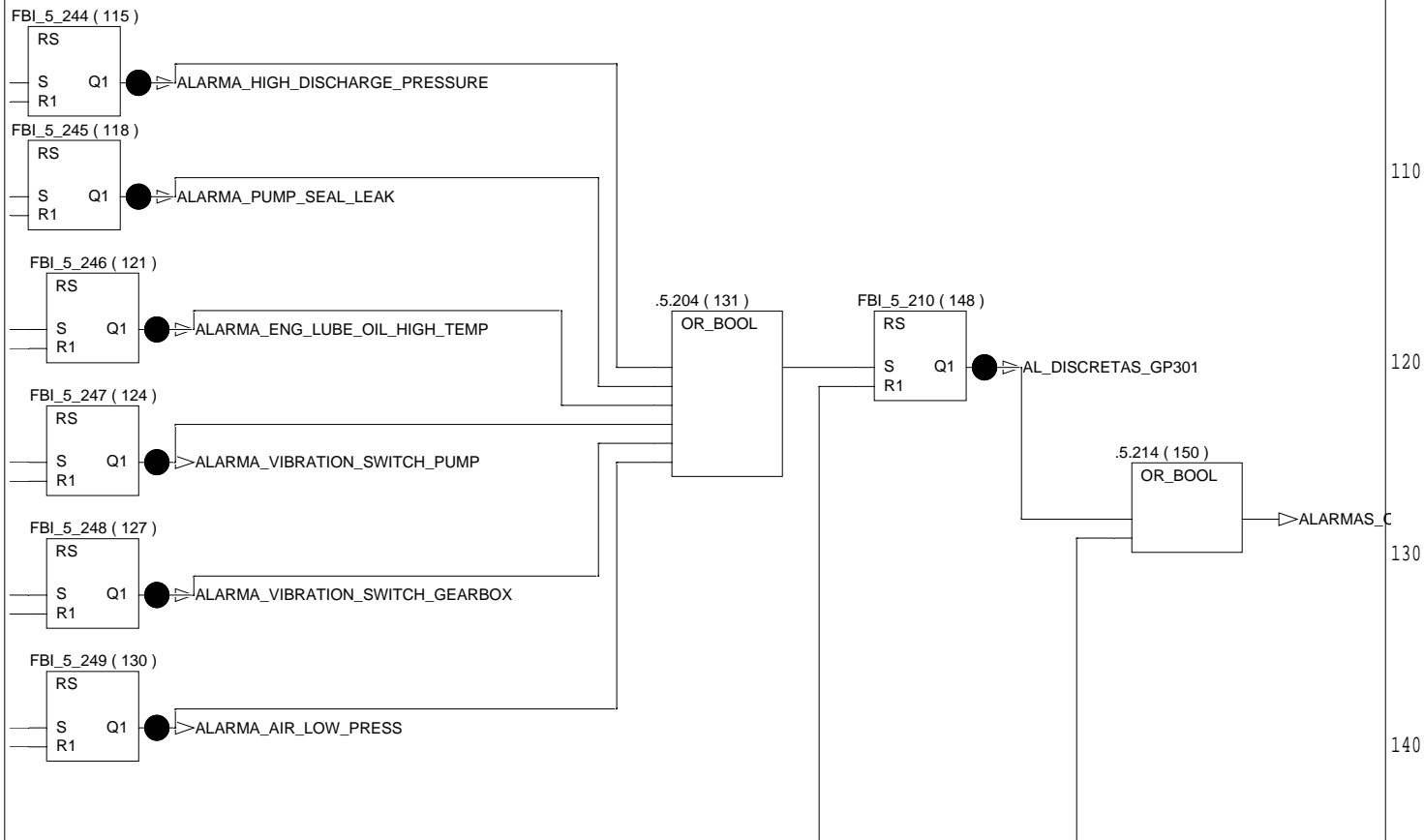




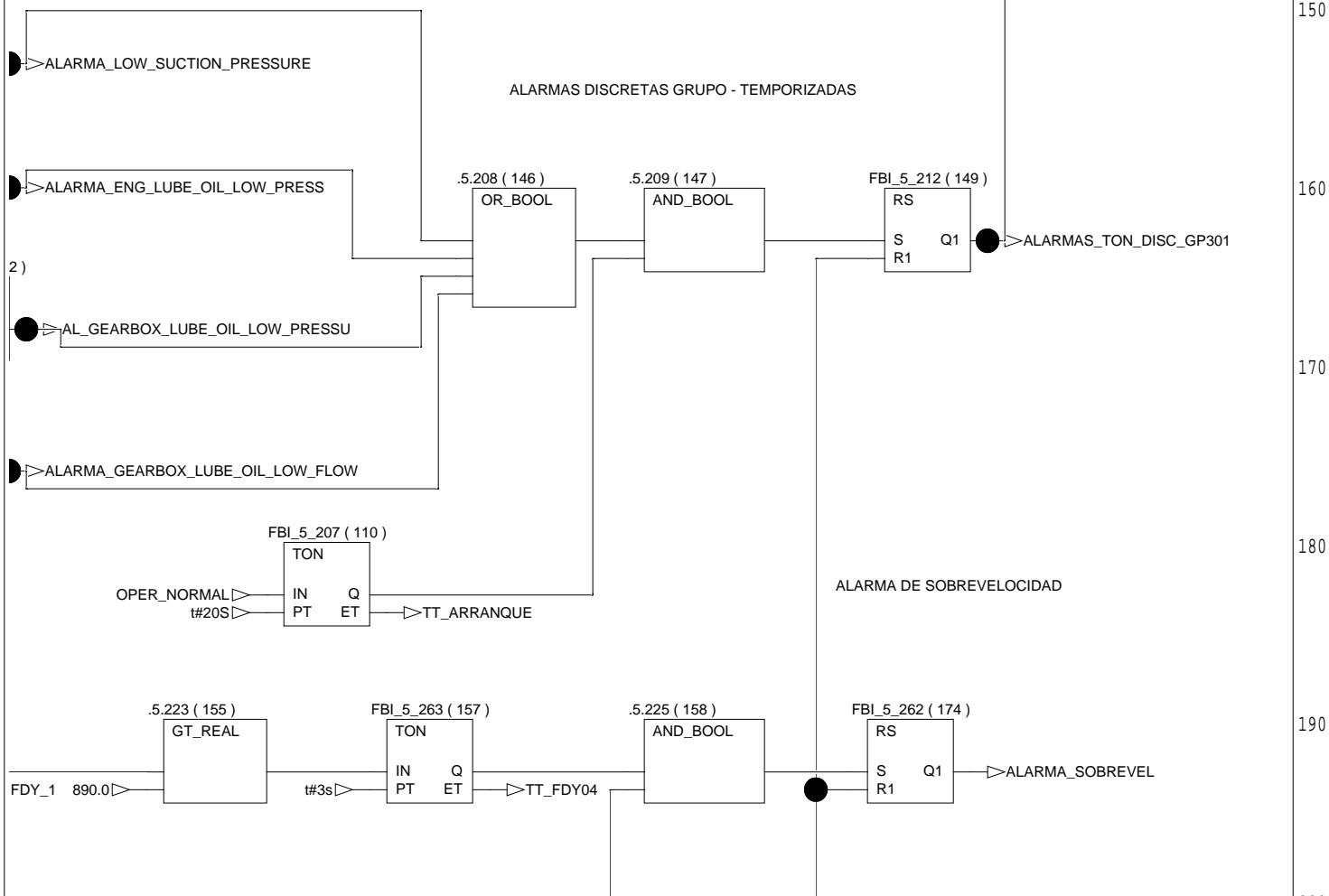
160 170 180 190 200 210 220

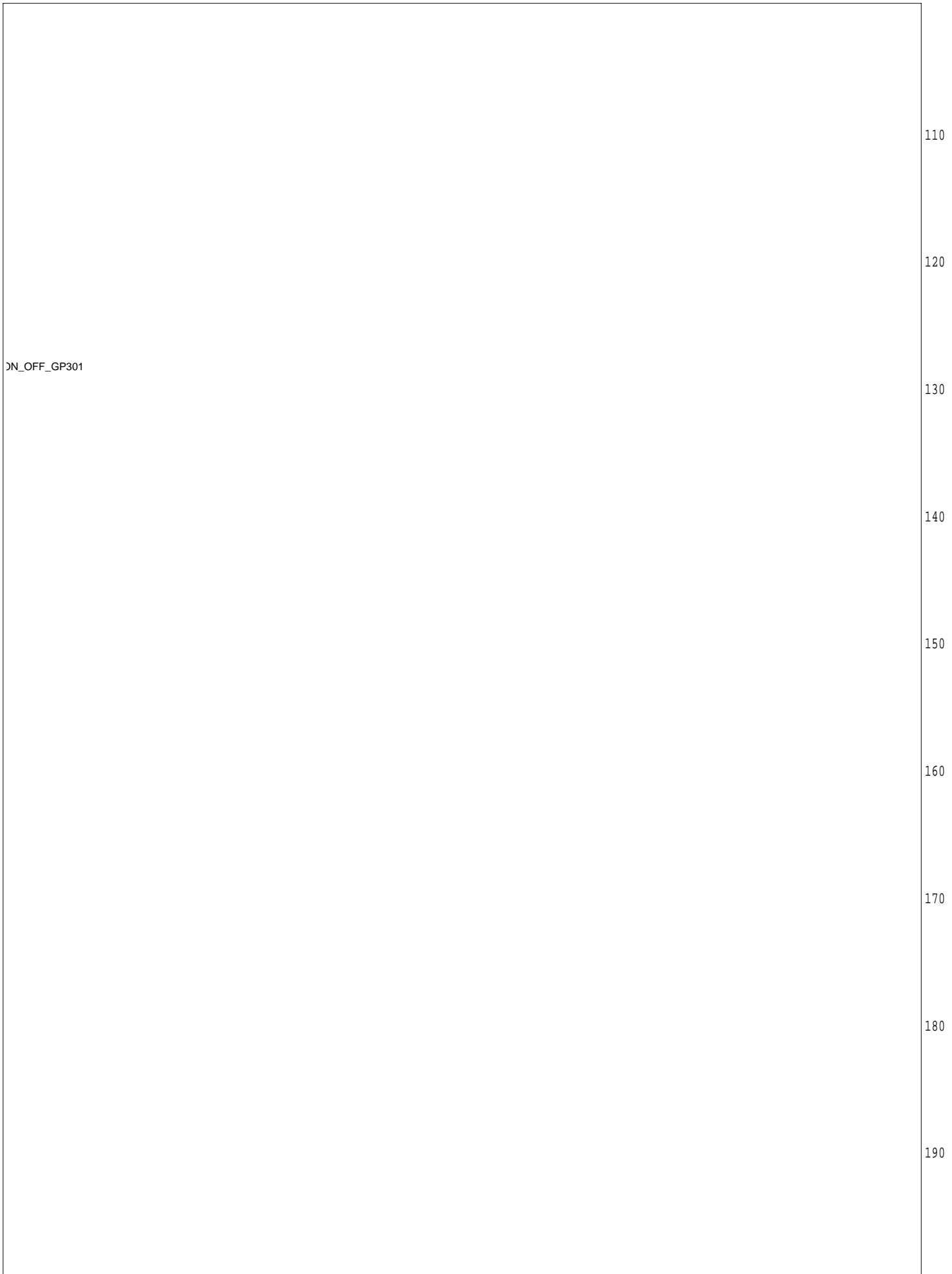


230 240 250 260 270 280 290 300



< p a g e 8





DN_OFF_GP301

<
p
a
g
e
9

110

120

130

140

150

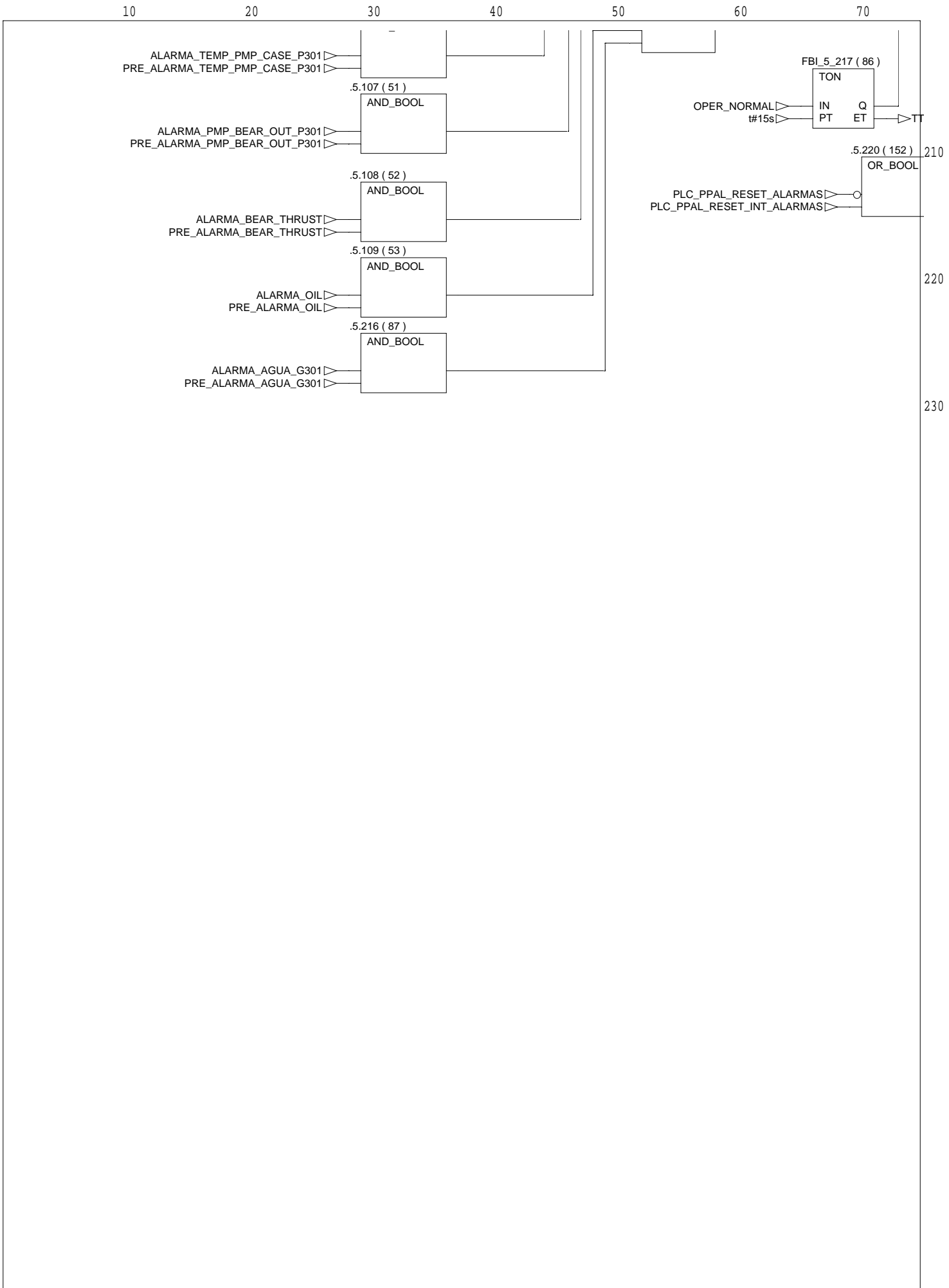
160

170

180

190

200



80

90

100

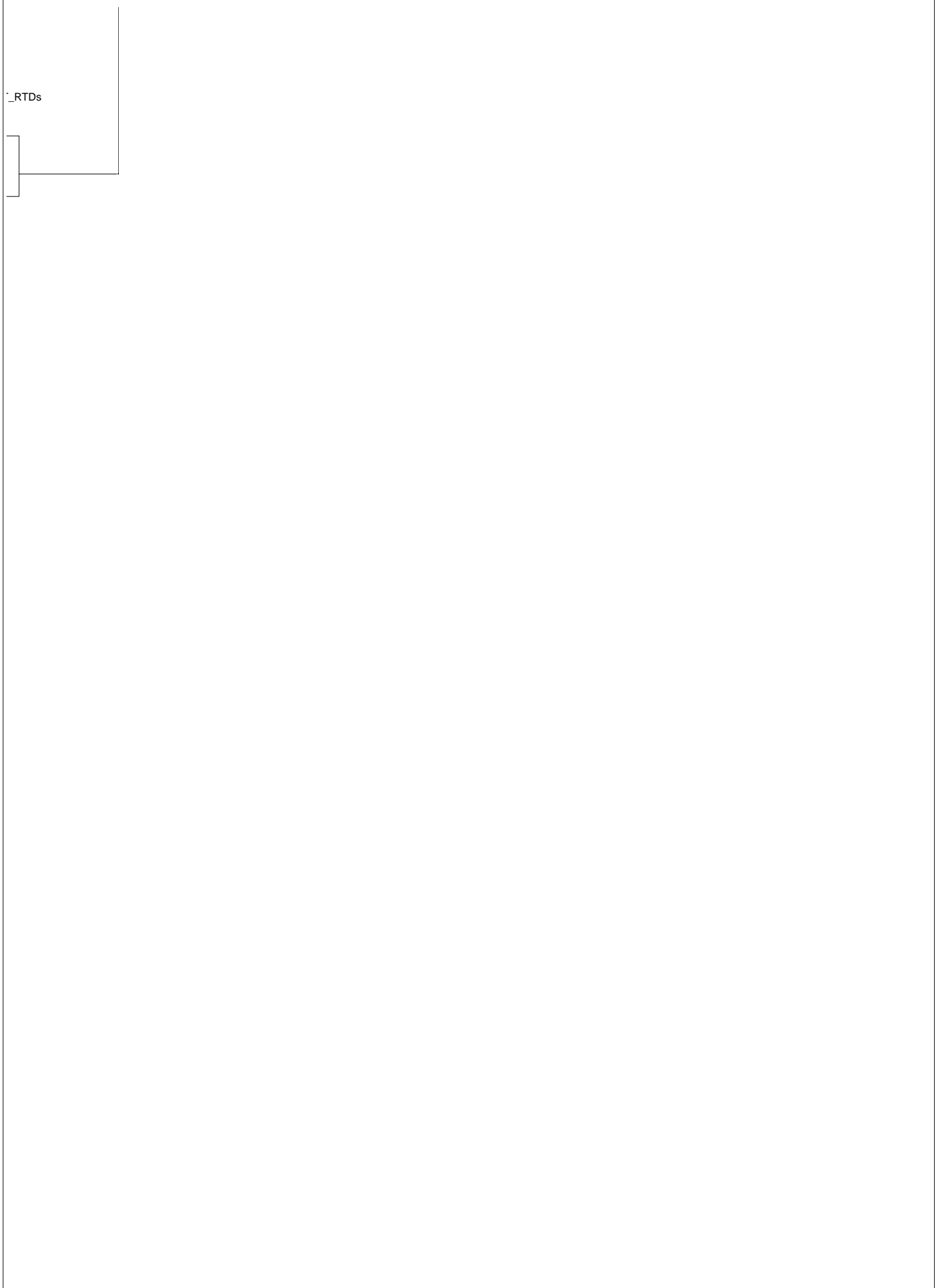
110

120

130

140

150



_RTDs

210

220

230

<

p
a
g
e

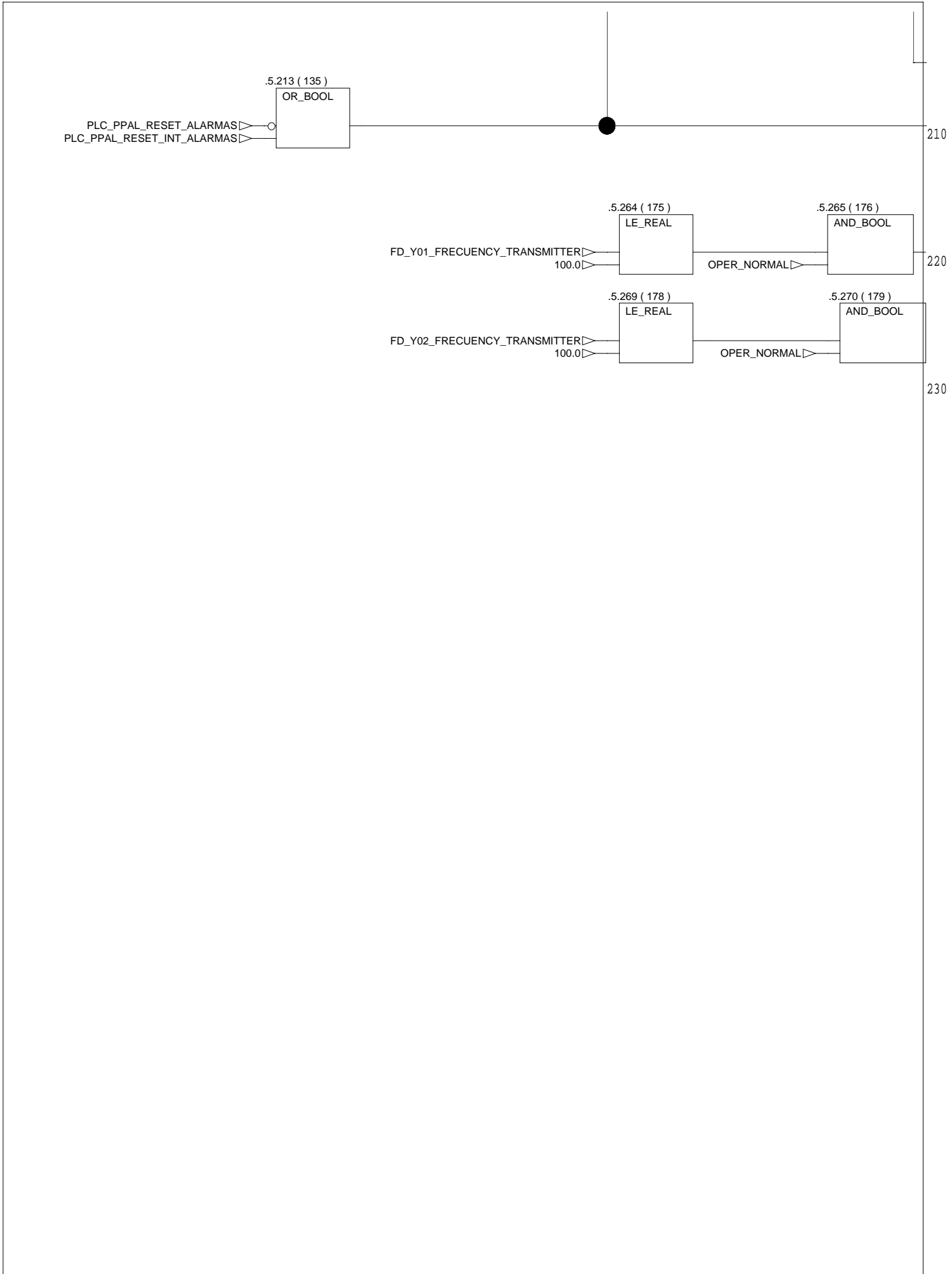
1
1

>

p
a
g
e

1
3

160 170 180 190 200 210 220



<
p
a
g
e
1
2

>
p
a
g
e
1
4

230

240

250

260

270

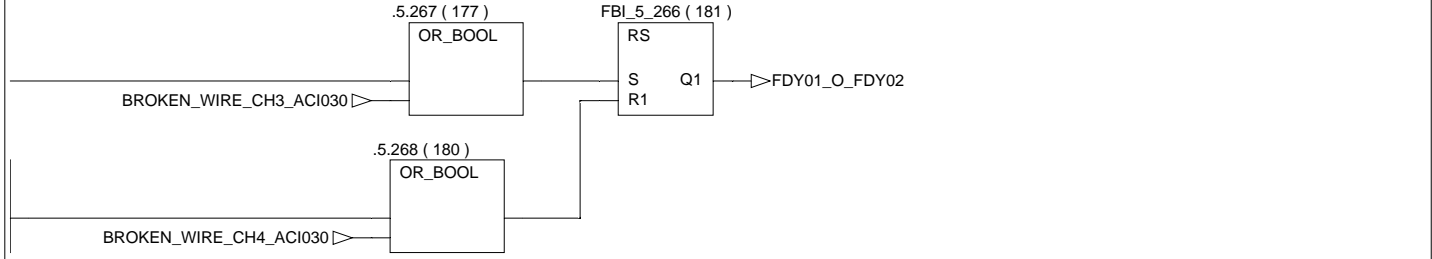
280

290

300



CAMBIO SENSOR DE VELOCIDAD



<
p
a
g
e
1
3

>
p
a
g
e
1
5

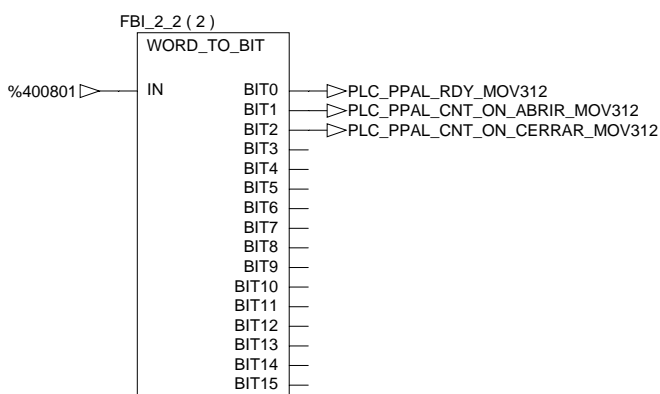
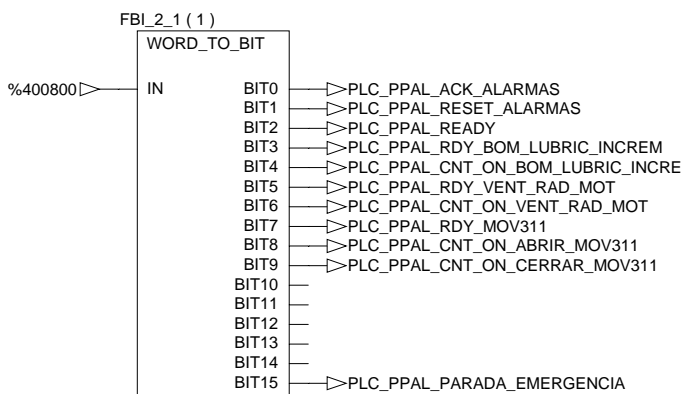
210

220

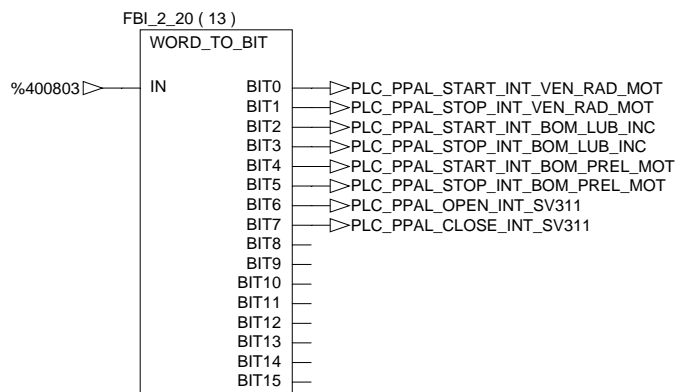
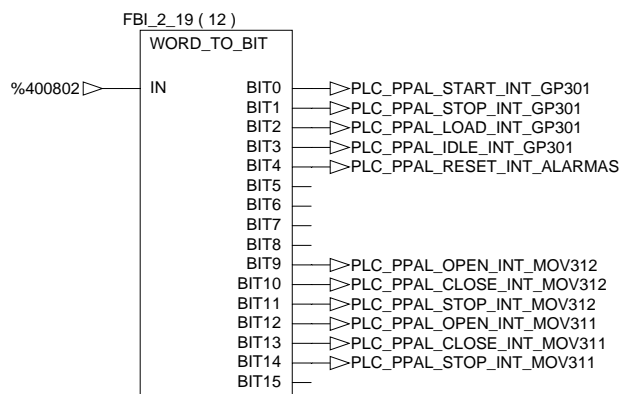
230

<
p
a
g
e
1
4

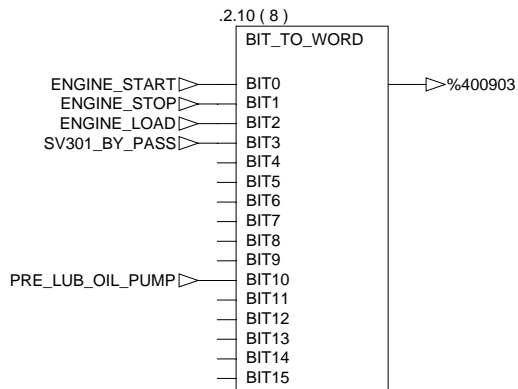
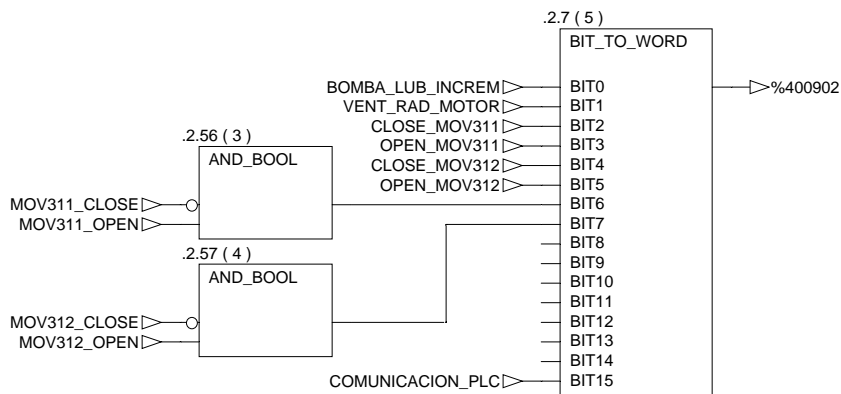
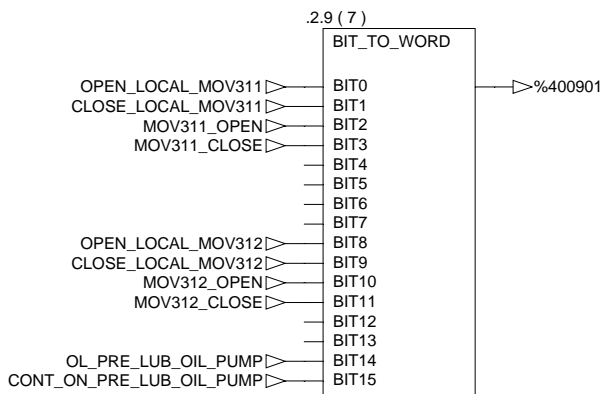
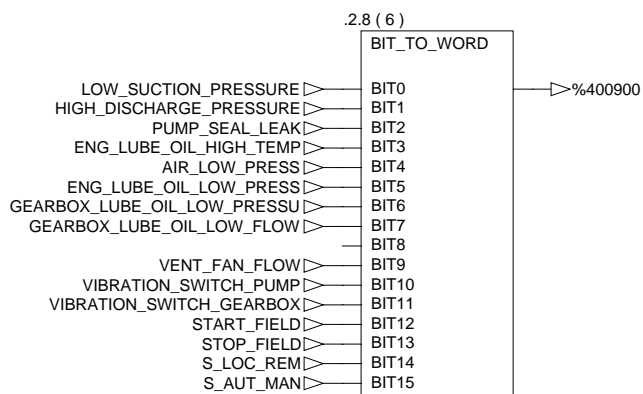
 PLC_PPAL_MB+ = 1 ---> PLC_GP301_MB+ = 2



BITS QUE VIENEN DEL PLC_PPAL--->PLC_GP301

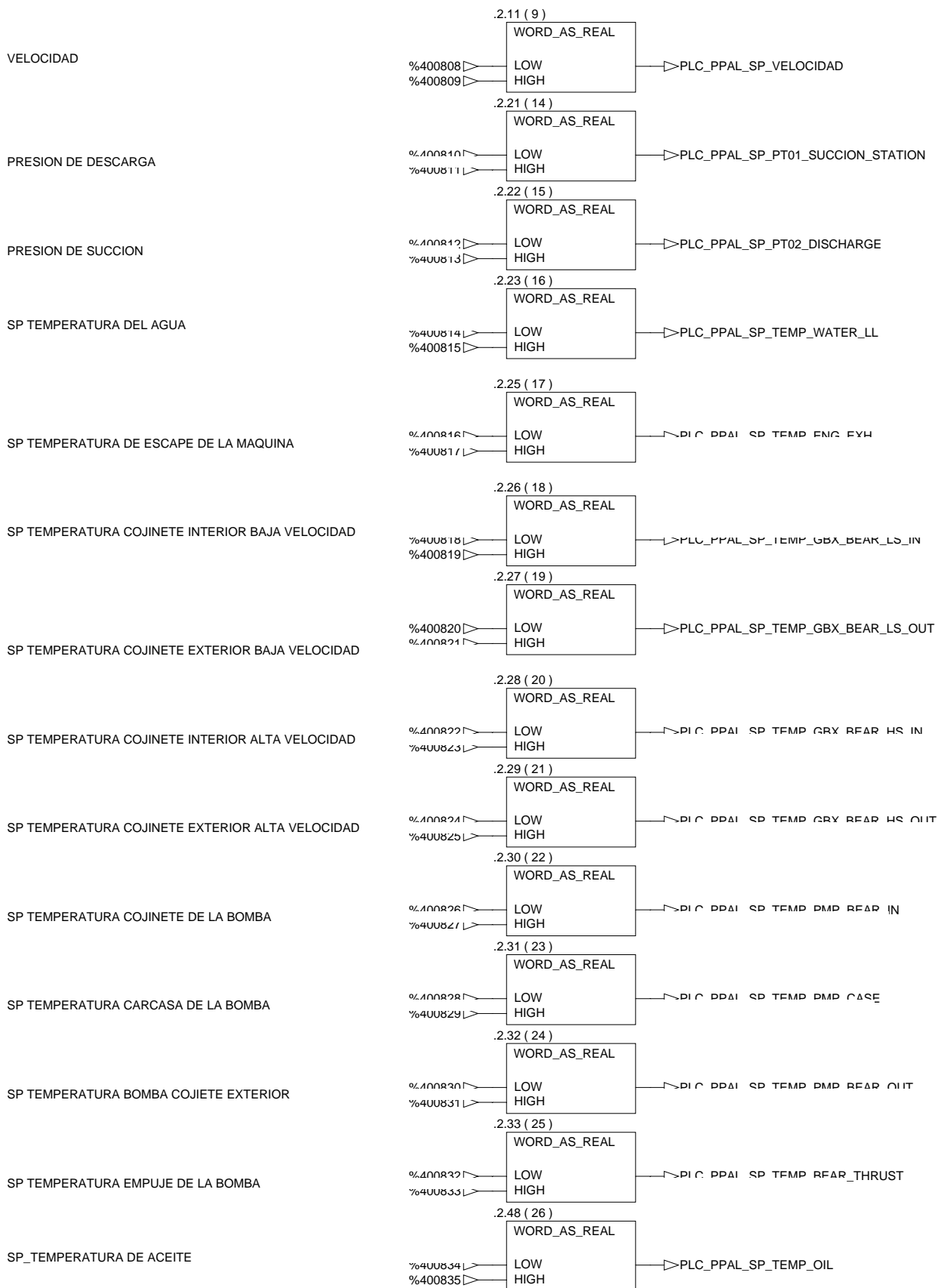


 PLC_GP301_MB+ = 2 ----> PLC_PPAL_MB+ = 1



.2.14 (10)

 VALOR DE SET POINT VELOCIDAD DESDE PLC_PPAL



10

20

30

40

50

60

70



110

120

130

140

150

160

170

180

190

200

>

p

a

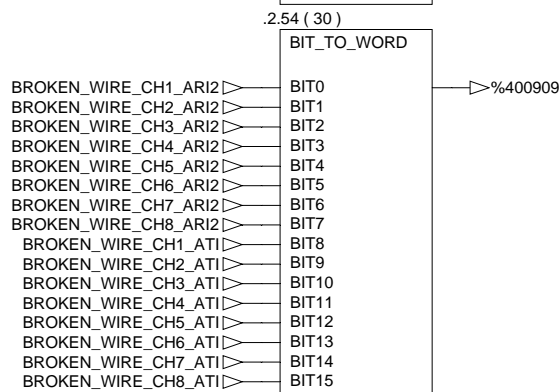
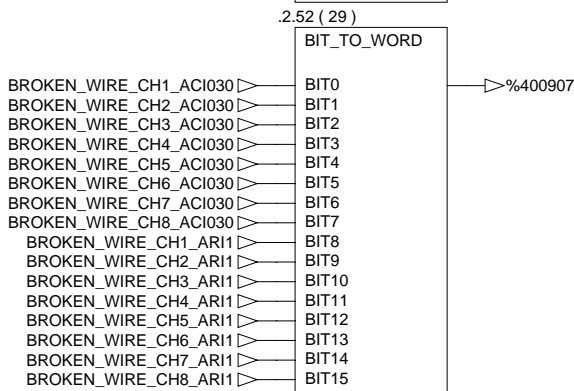
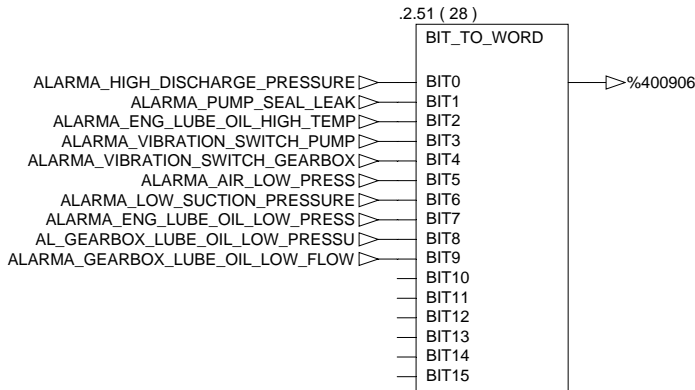
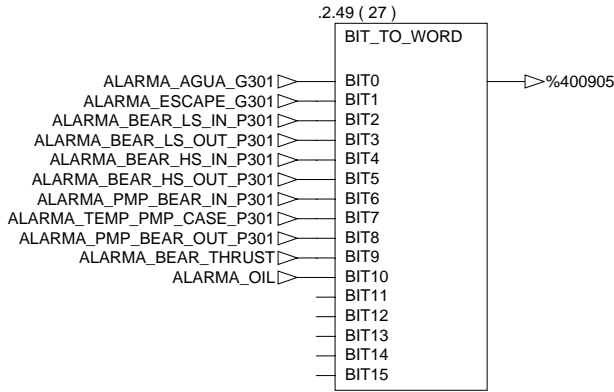
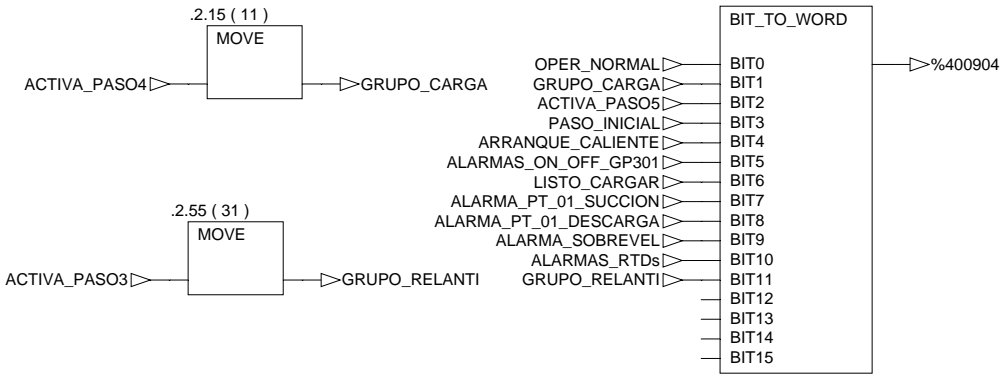
g

e

2

0

80 90 100 110 120 130 140 150



< p a g e 1 9

110 120 130 140 150 160 170 180 190 200

160

170

180

190

200

210

220

110

120

130

140

150

160

170

180

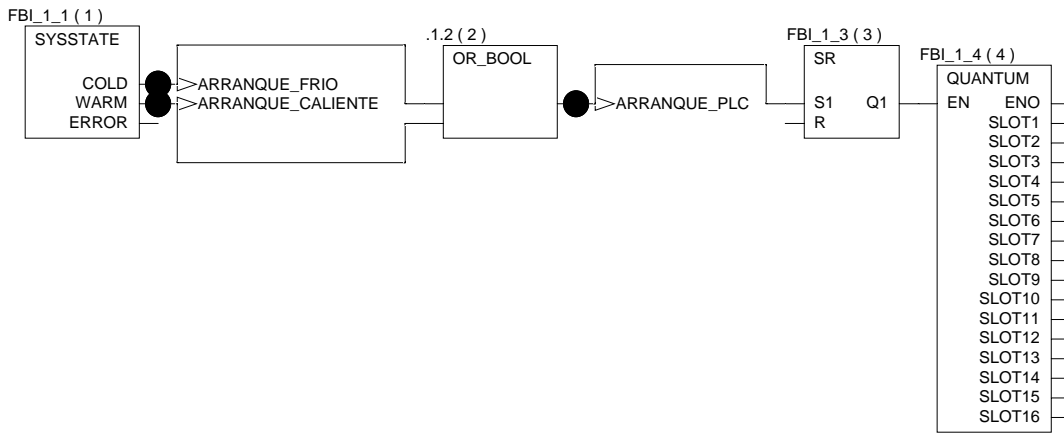
190

200

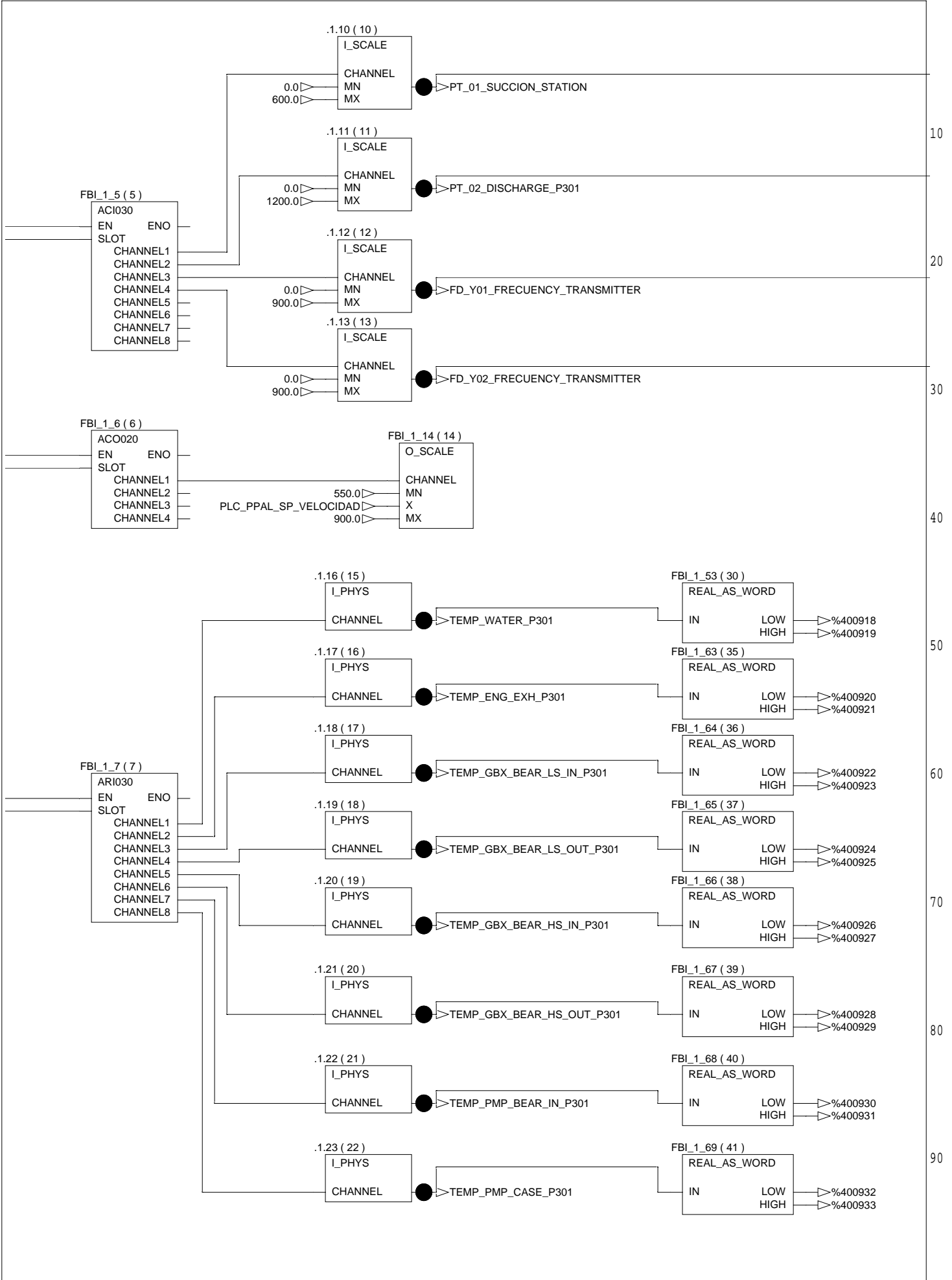
<
p
a
g
e
2
0

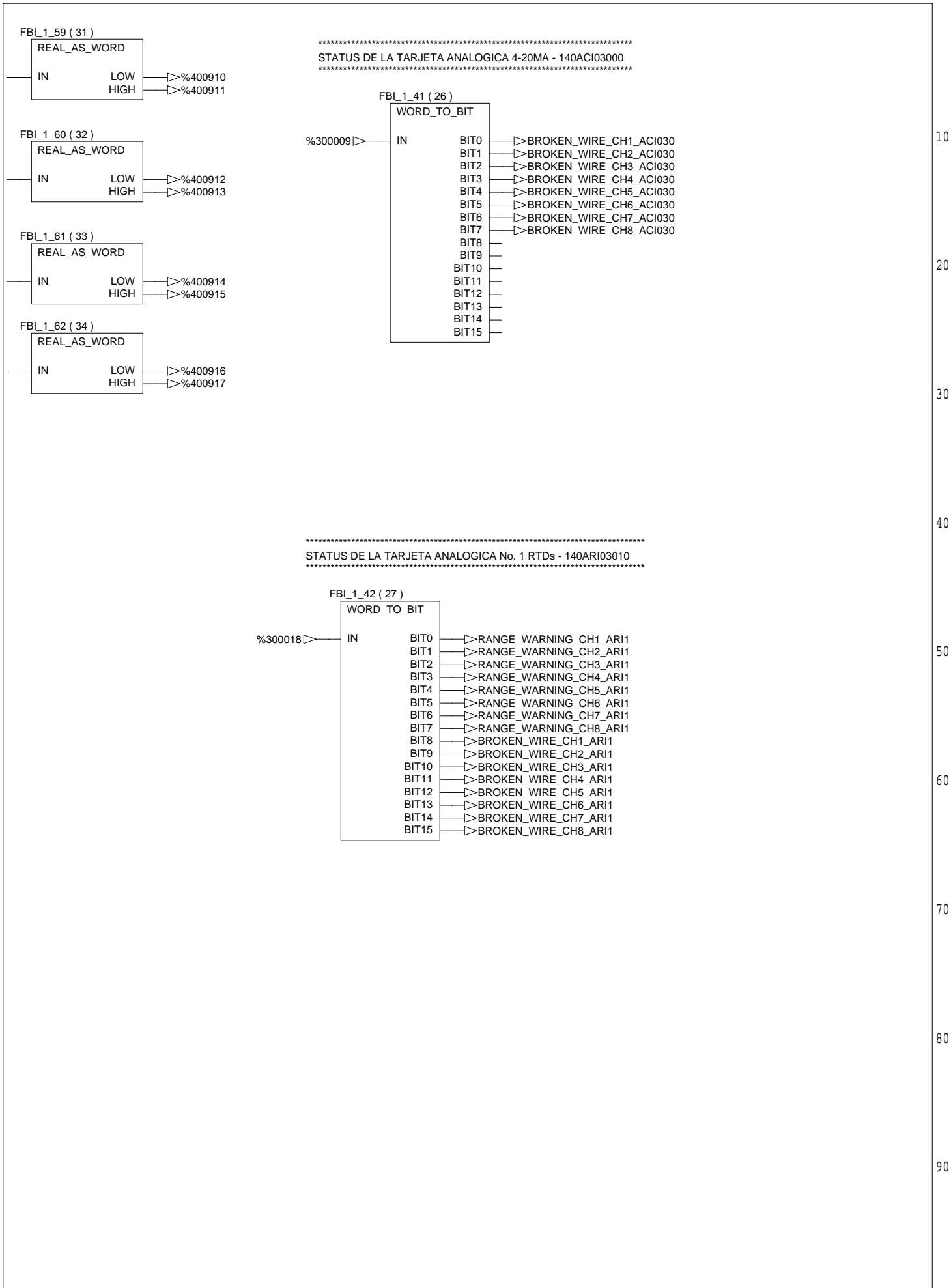
10 20 30 40 50 60 70

 CONFIGURACION ENTRADAS ANALOGICAS

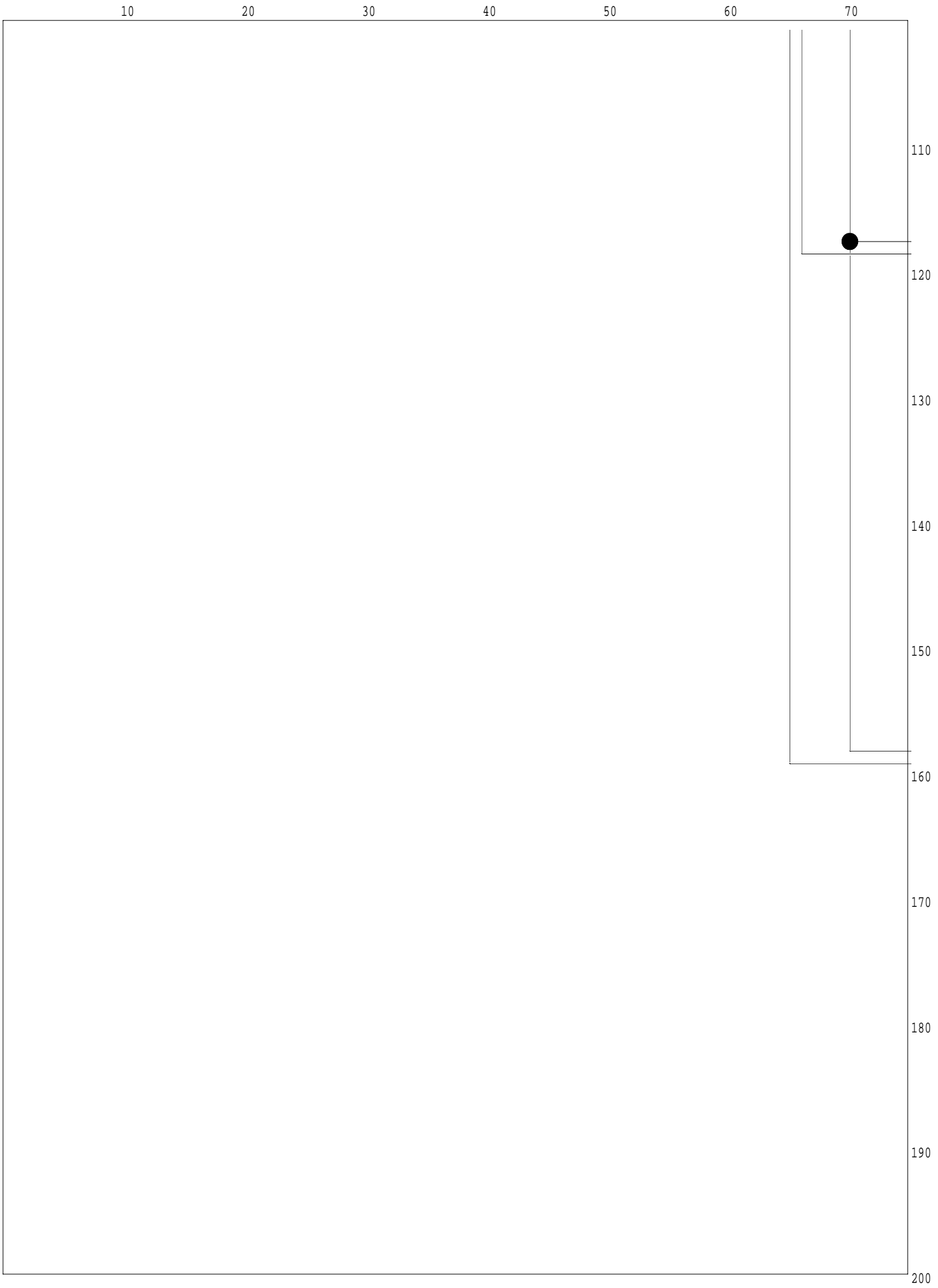


10
 20
 30
 40
 50
 60
 70
 80
 90
 100





<
P
a
g
e
2
3



80

90

100

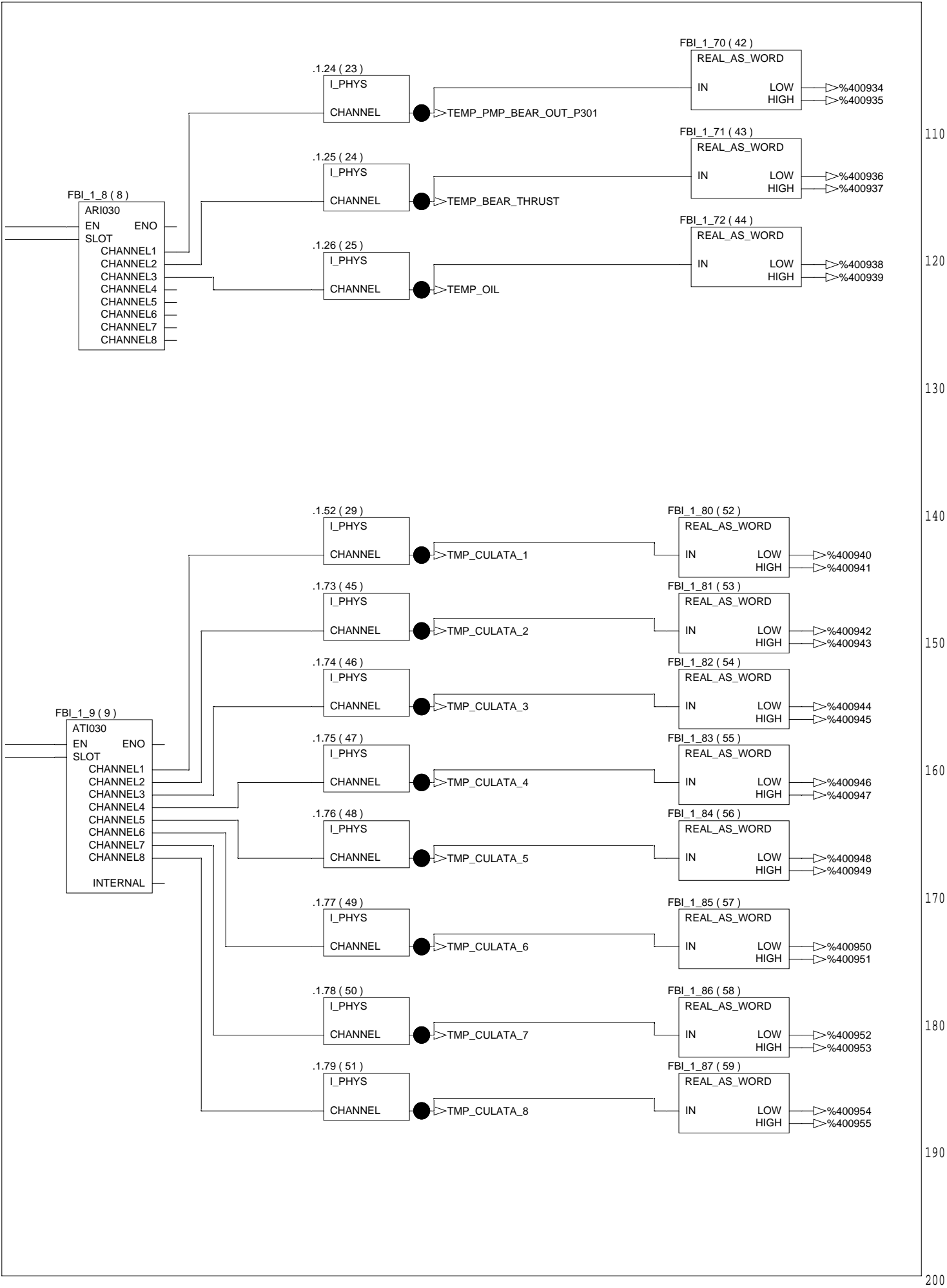
110

120

130

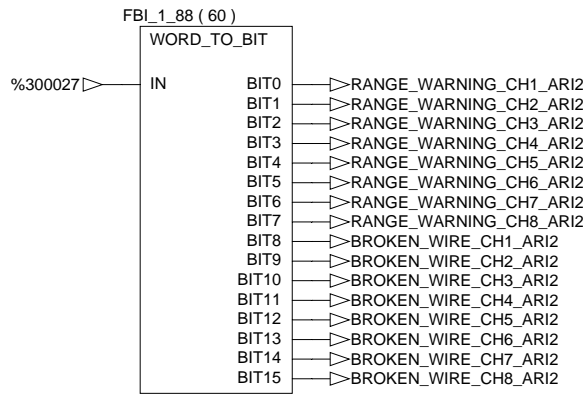
140

150



< page 25

 STATUS DE LA TARJETA ANALOGICA No. 2 RTDs - 140ARI03010

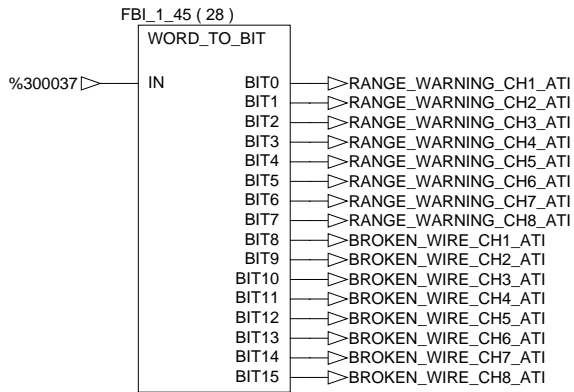


110

120

130

 STATUS DE LA TARJETA ANALOGICA No. 1 TC - 140ATI03000



140

150

160

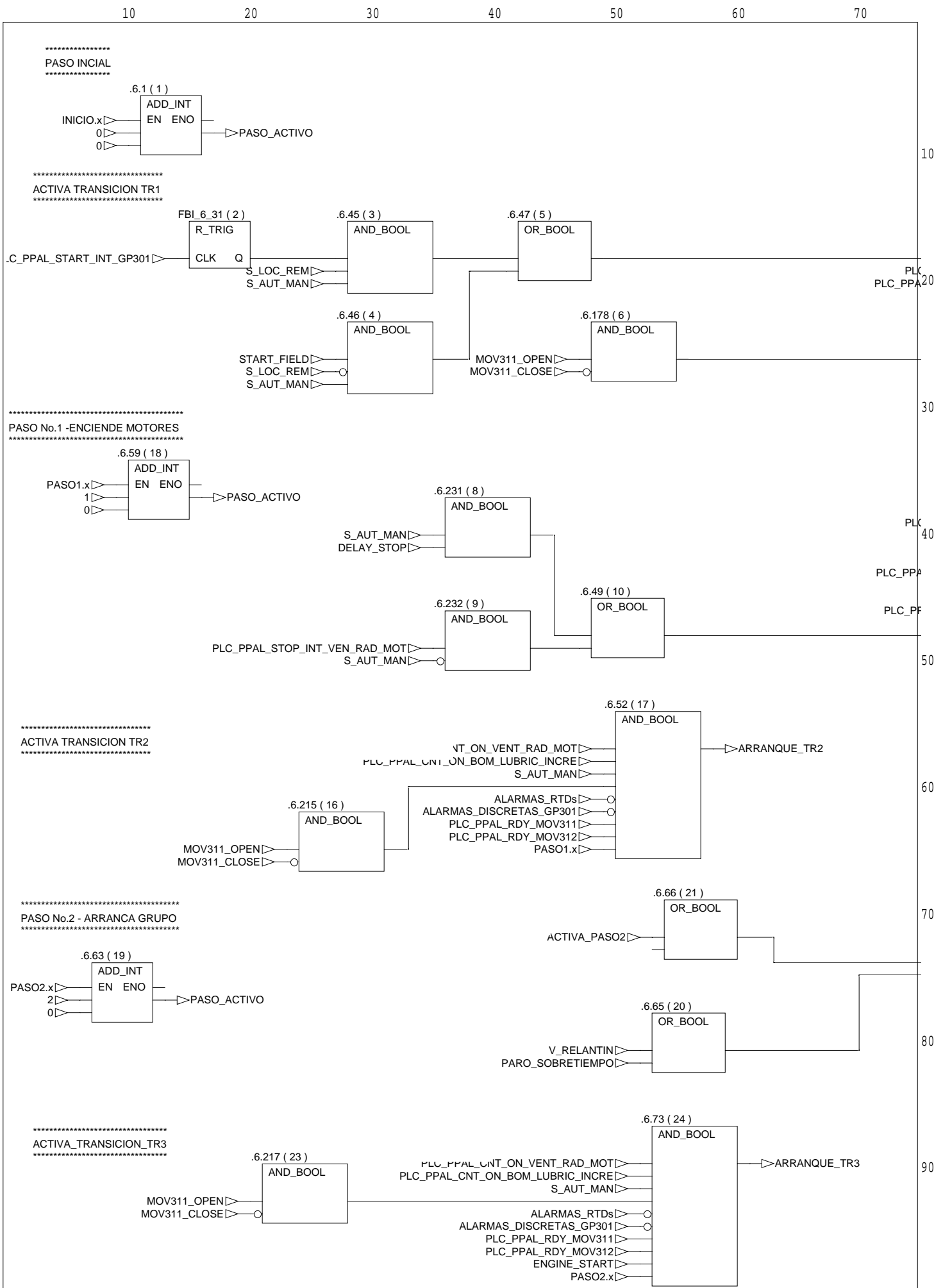
170

180

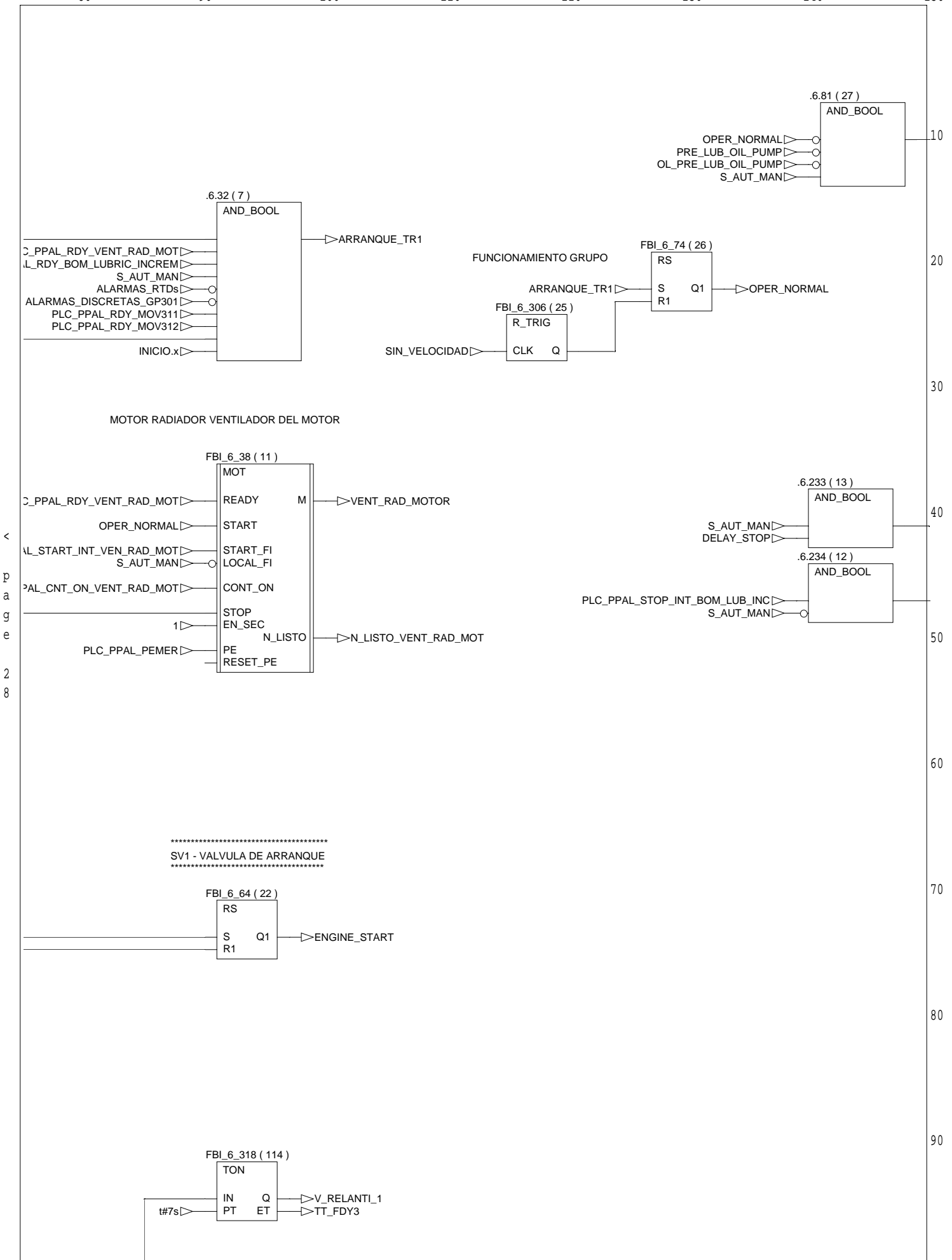
190

200

<
p
a
g
e
2
6

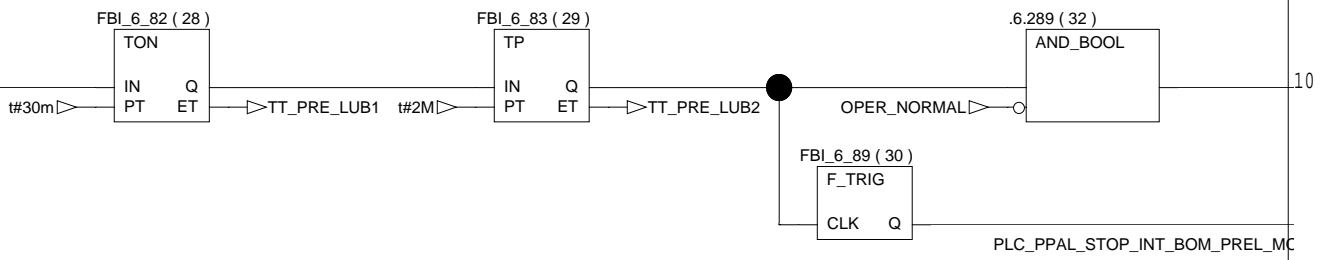


80 90 100 110 120 130 140 150

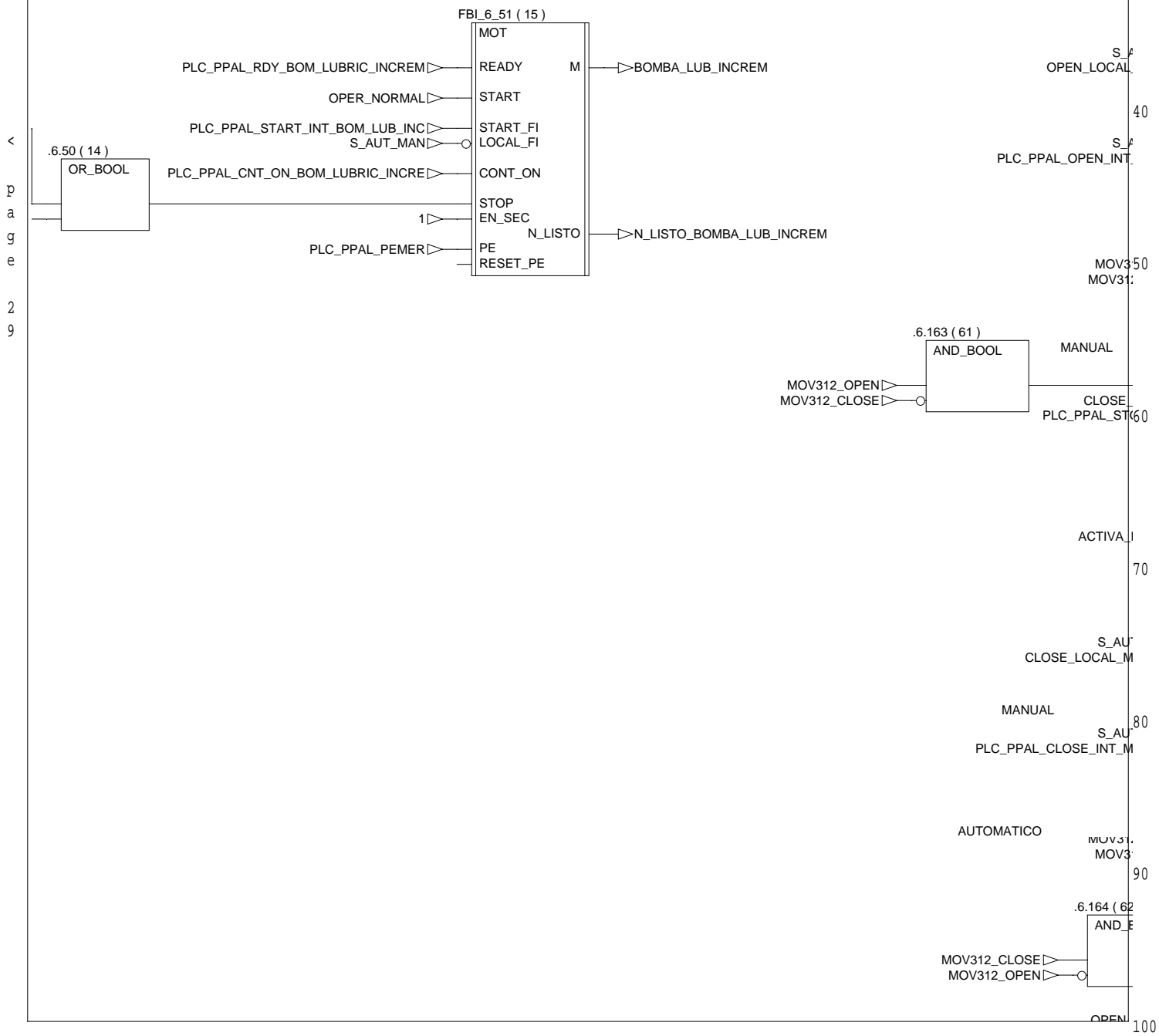


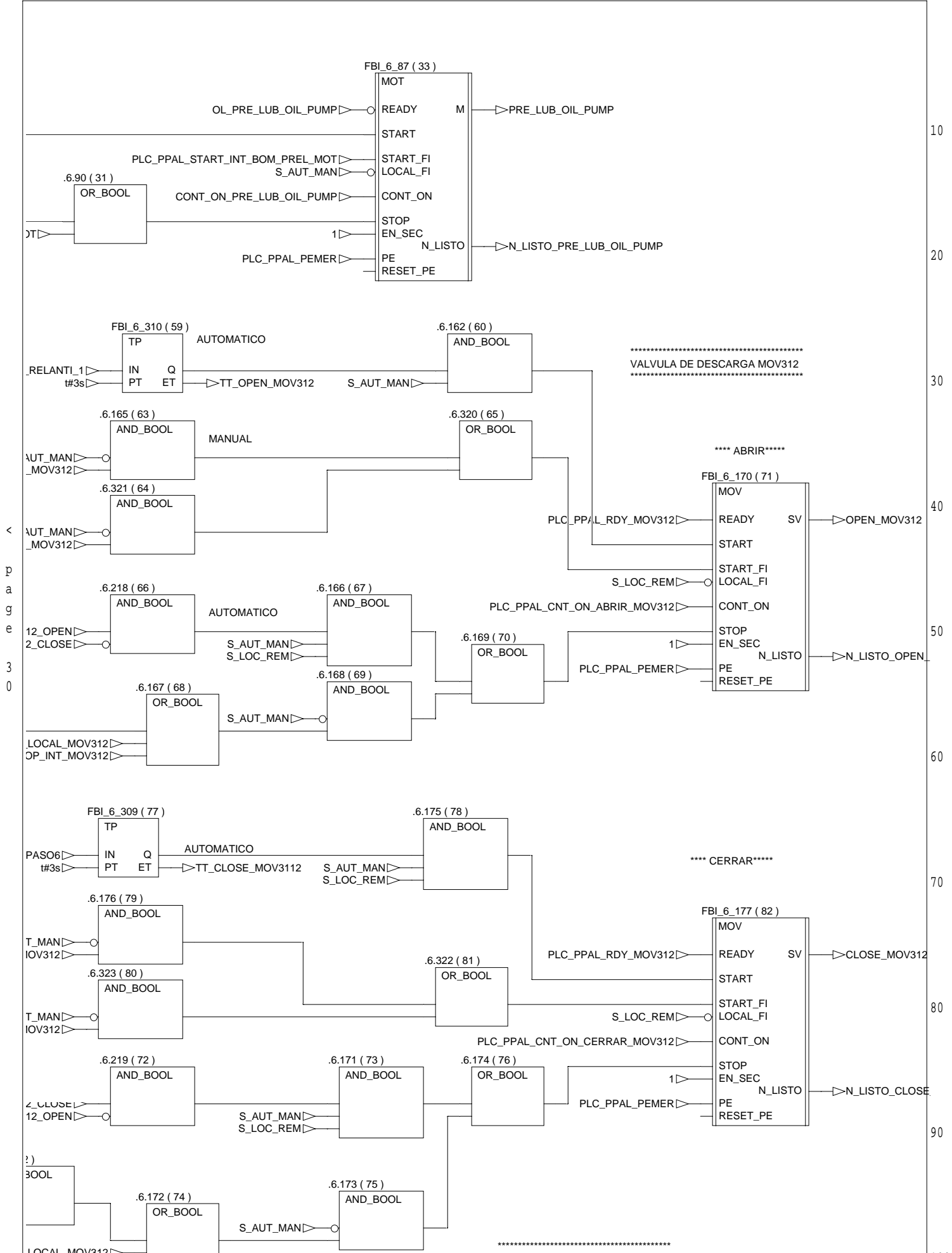
160 170 180 190 200 210 220

MOTOR DE PRELUBRICACION DE ACEITE DEL MOTOR



BOMBA LUBRICADOR DEL INCREMENTADOR





<
p
a
g
e
3
1

MOV312

_MOV312

10

20

30

40

50

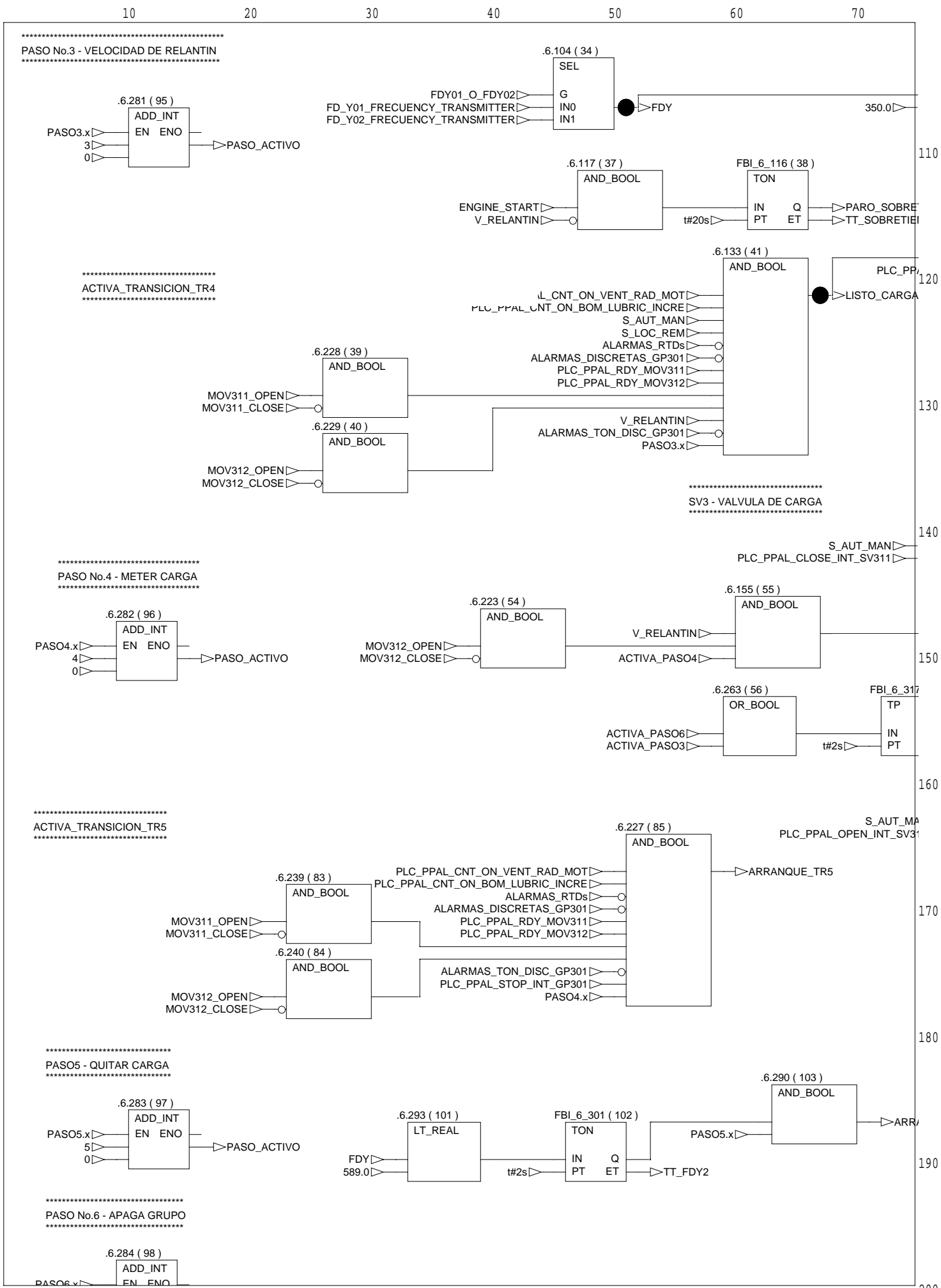
60

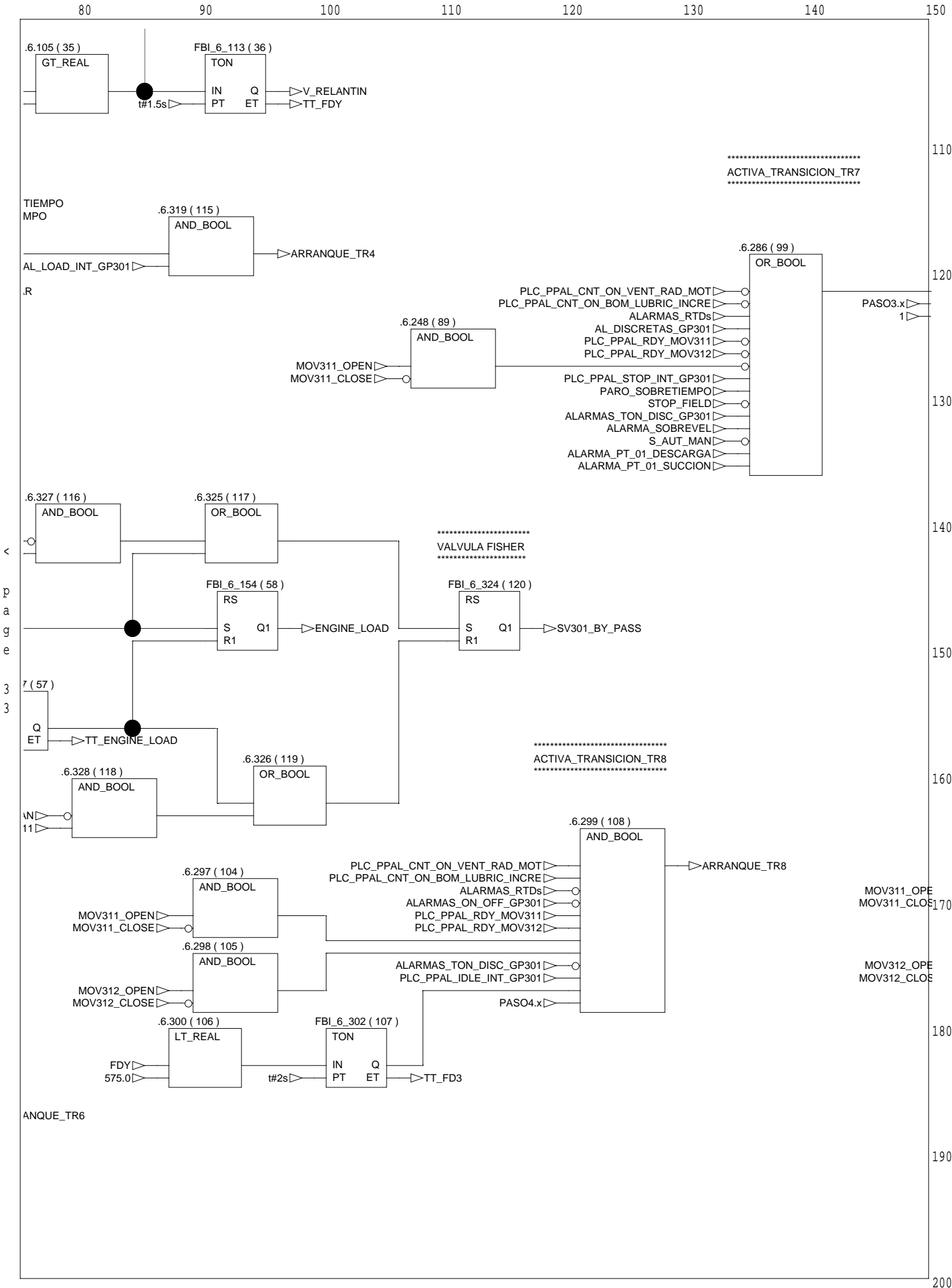
70

80

90

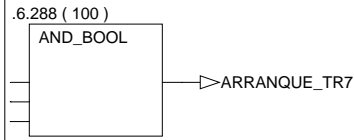
100





160 170 180 190 200 210 220

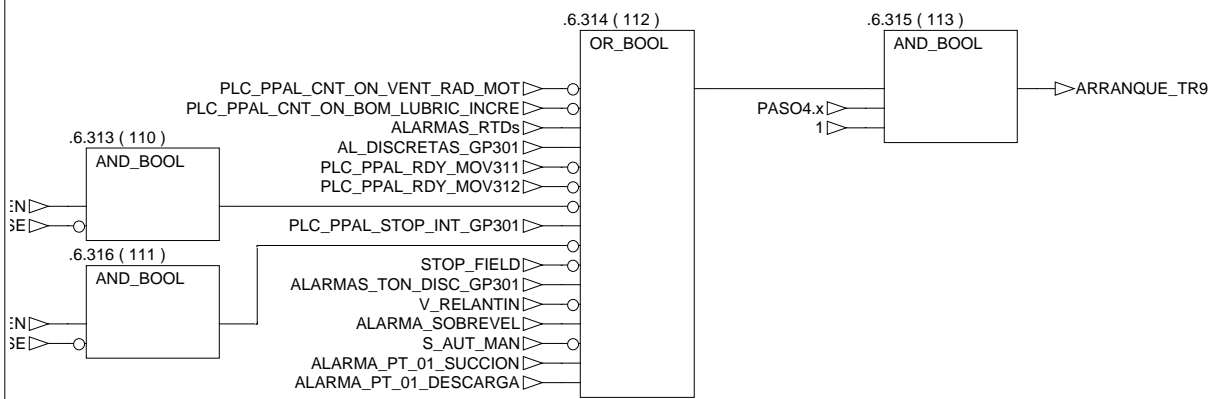
MANUAL PLC_PPAL_SIC



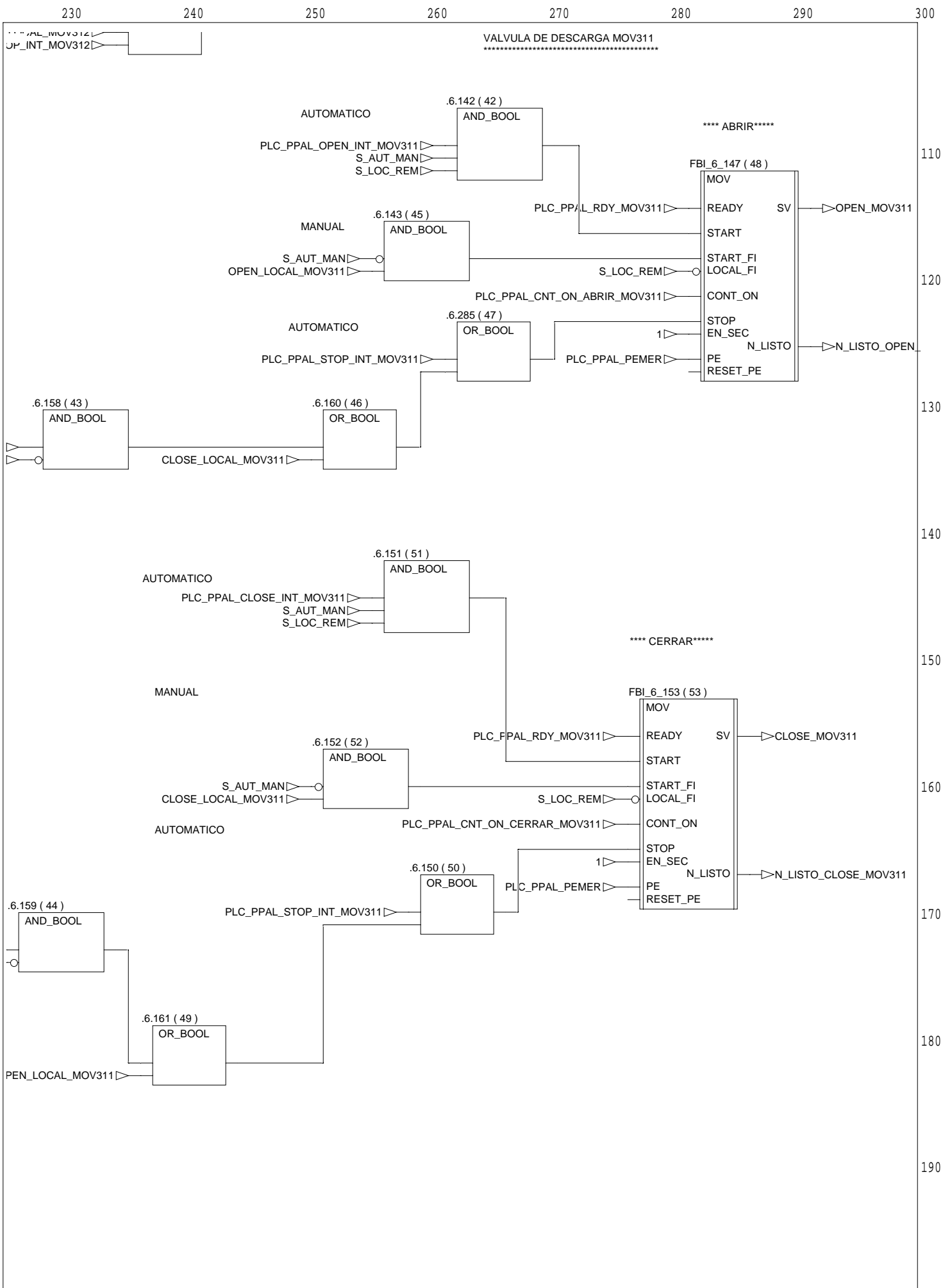
MANUAL

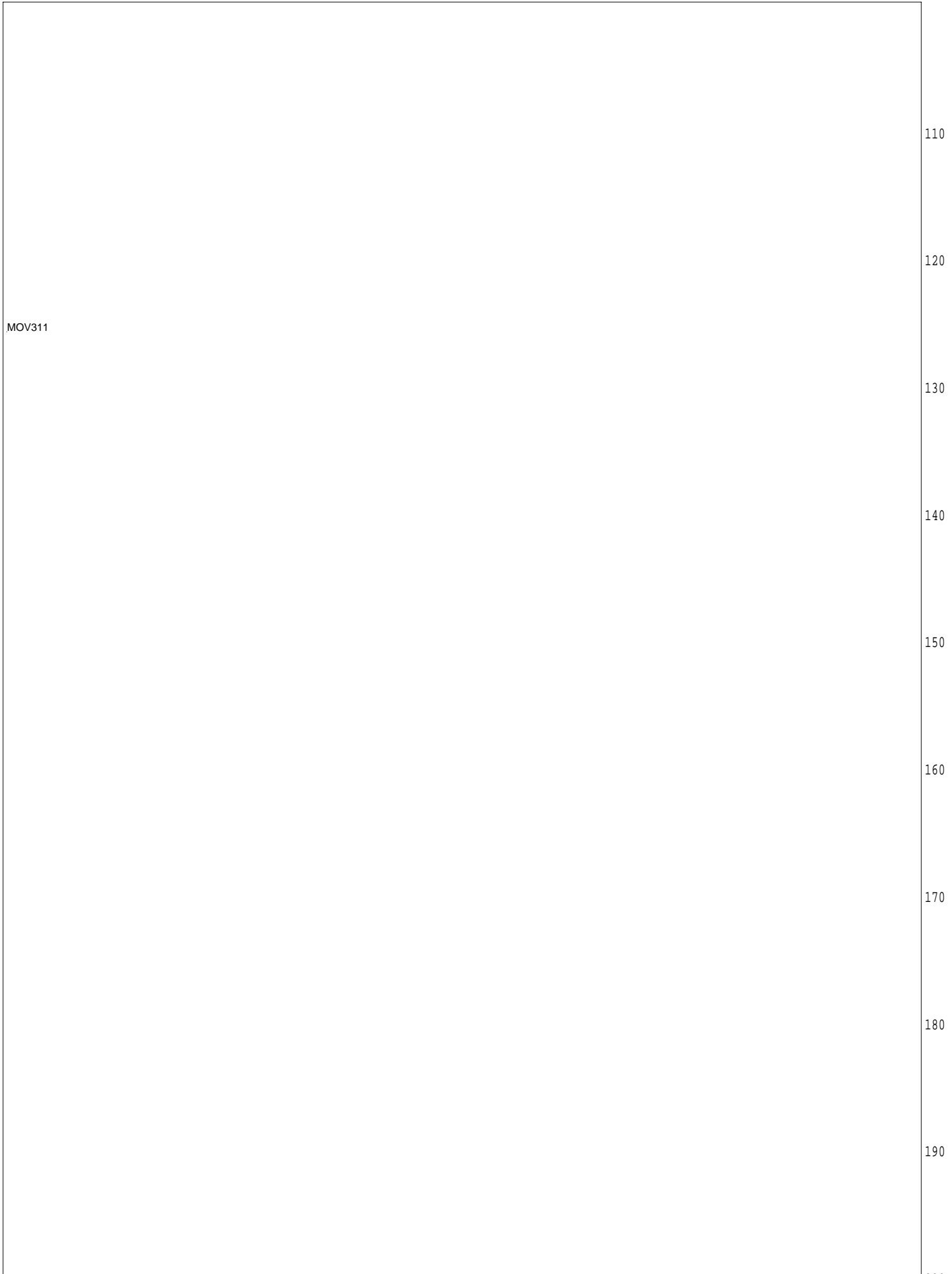
MOV311_OPEN
MOV311_CLOSE

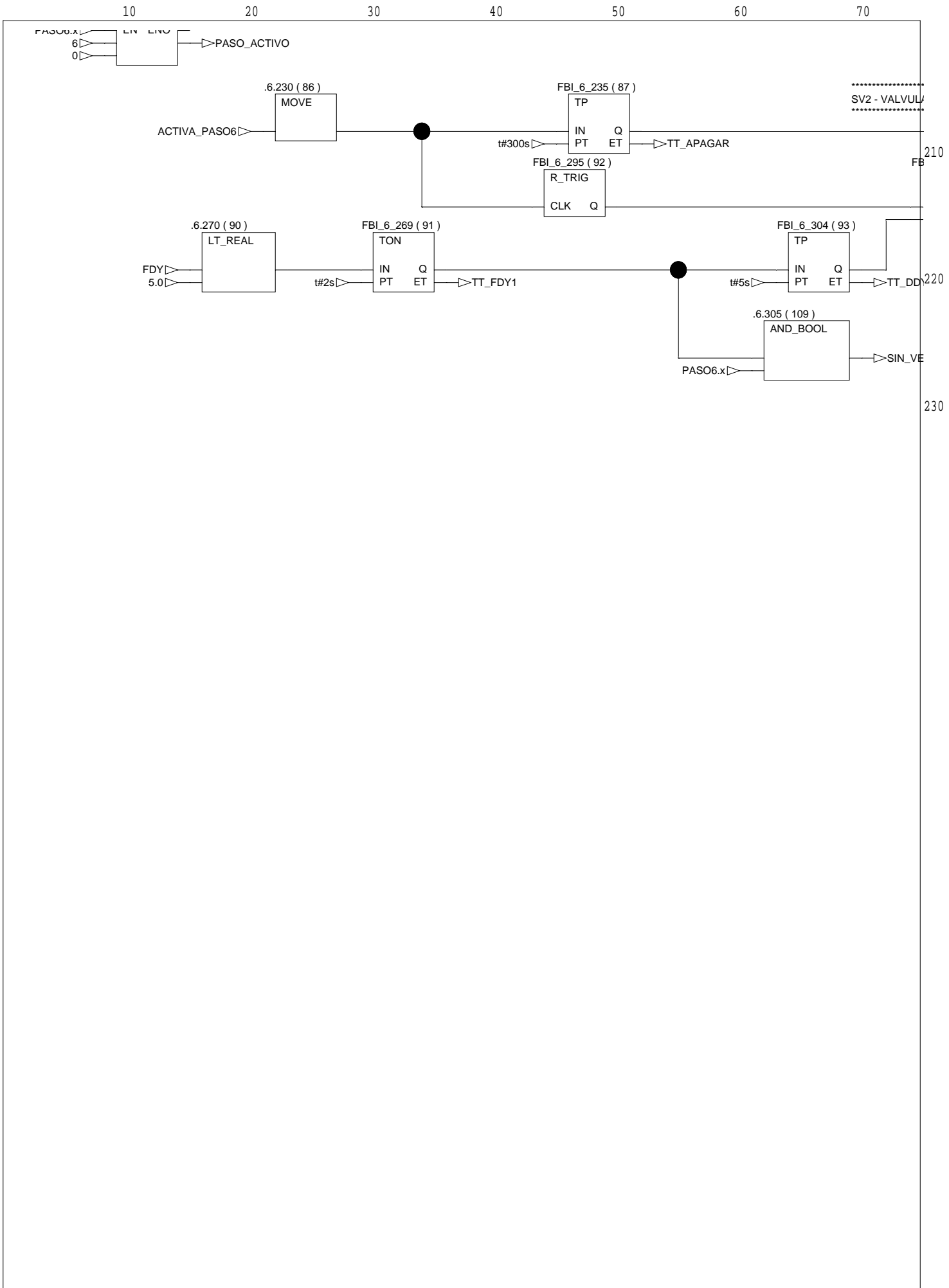
ACTIVA_TRANSICION_TR9



MOV311_CLOSE
MOV311_OPEN







80

90

100

110

120

130

140

150

A DE PARO

FBI_6_236 (88)

TON

IN

PT

Q

ET

t#297s

DELAY_STOP

TT_APAGAR1

SI_6_266 (94)

RS
S
R1

Q1

ENGINE_STOP

Y3

:LOCIDAD

210

220

230

<

p
a
g
e

3
8

>

p
a
g
e

4
0

160

170

180

190

200

210

220

210

220

230

<
p
a
g
e
3
9

>
p
a
g
e
4
1

230

240

250

260

270

280

290

300

210

220

230

<
p
a
g
e
4
0

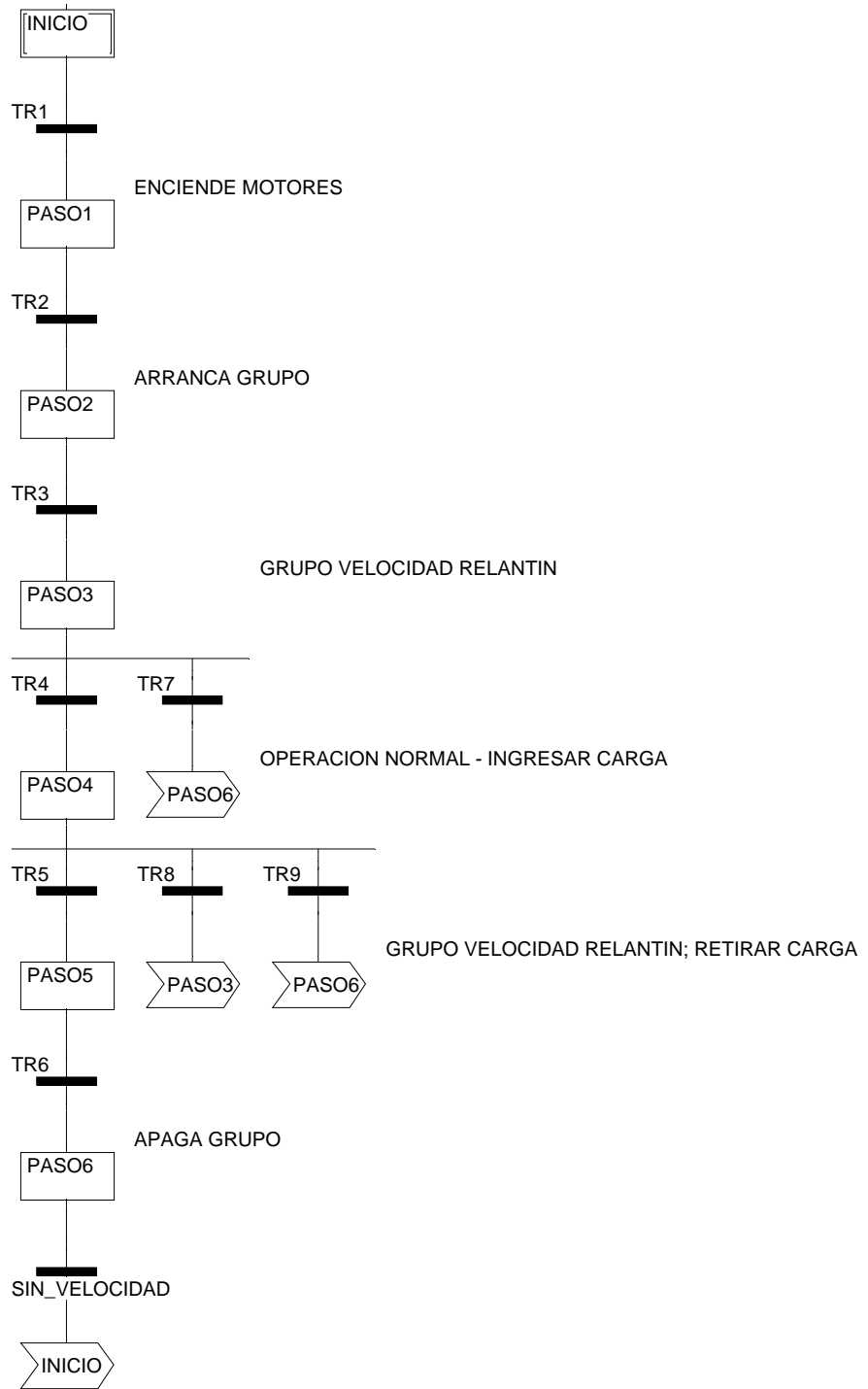
>
p
a
g
e
4
2

210

220

230

<
p
a
g
e
4
1



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

VARIABLES PROGRAMA

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO	DIRECCION
ACTIVA_PASO1	BOOL	351
ACTIVA_PASO2	BOOL	352
ACTIVA_PASO3	BOOL	353
ACTIVA_PASO4	BOOL	354
ACTIVA_PASO5	BOOL	355
ACTIVA_PASO6	BOOL	356
AIR_LOW_PRESS	BOOL	100005
ALARMAS_DISCRETAS_GP301	BOOL	360
ALARMAS_ON_OFF_GP301	BOOL	362
ALARMAS_RTDs	BOOL	258
ALARMAS_TCs	BOOL	259
ALARMAS_TON_DISC_GP301	BOOL	361
ALARMA_AGUA_G301	BOOL	220
ALARMA_AIR_LOW_PRESS	BOOL	
ALARMA_BEAR_HS_IN_P301	BOOL	228
ALARMA_BEAR_HS_OUT_P301	BOOL	230
ALARMA_BEAR_LS_IN_P301	BOOL	224
ALARMA_BEAR_LS_OUT_P301	BOOL	226
ALARMA_BEAR_THRUST	BOOL	238
ALARMA_ENG_LUBE_OIL_HIGH_TEMP	BOOL	
ALARMA_ENG_LUBE_OIL_LOW_PRESS	BOOL	
ALARMA_ESCAPE_G301	BOOL	222
ALARMA_FD_Y01	BOOL	262
ALARMA_FD_Y02	BOOL	263
ALARMA_GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_FLOW	BOOL	
ALARMA_HIGH_DISCHARGE_PRESSURE	BOOL	
ALARMA_LOW_SUCTION_PRESSURE	BOOL	
ALARMA_OIL	BOOL	240
ALARMA_PMP_BEAR_IN_P301	BOOL	232
ALARMA_PMP_BEAR_OUT_P301	BOOL	236
ALARMA_PT_01_DESCARGA	BOOL	261
ALARMA_PT_01_SUCCION	BOOL	260
ALARMA_PUMP_SEAL_LEAK	BOOL	
ALARMA_SOBREVEL	BOOL	
ALARMA_TEMP_PMP_CASE_P301	BOOL	234
ALARMA_TMP_CULATA_1	BOOL	242
ALARMA_TMP_CULATA_2	BOOL	244
ALARMA_TMP_CULATA_3	BOOL	246
ALARMA_TMP_CULATA_4	BOOL	248
ALARMA_TMP_CULATA_5	BOOL	250
ALARMA_TMP_CULATA_6	BOOL	252
ALARMA_TMP_CULATA_7	BOOL	254
ALARMA_TMP_CULATA_8	BOOL	256
ALARMA_VIBRATION_SWITCH_GEARBOX	BOOL	
ALARMA_VIBRATION_SWITCH_PUMP	BOOL	
AL_DISCRETAS_GP301	BOOL	
AL_GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_PRESSU	BOOL	
ARRANQUE_CALIENTE	BOOL	
ARRANQUE_FRIO	BOOL	
ARRANQUE_PLC	BOOL	
ARRANQUE_TR1	BOOL	271
ARRANQUE_TR2	BOOL	272
ARRANQUE_TR3	BOOL	
ARRANQUE_TR4	BOOL	
ARRANQUE_TR5	BOOL	

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO	DIRECCION
ARRANQUE_TR6	BOOL	
ARRANQUE_TR7	BOOL	
ARRANQUE_TR8	BOOL	
ARRANQUE_TR9	BOOL	
BOMBA_LUB_INCREM	BOOL	330
BROKEN_WIRE_CH1_ACI030	BOOL	151
BROKEN_WIRE_CH1_ARI1	BOOL	169
BROKEN_WIRE_CH1_ARI2	BOOL	189
BROKEN_WIRE_CH1_ATI	BOOL	209
BROKEN_WIRE_CH2_ACI030	BOOL	152
BROKEN_WIRE_CH2_ARI1	BOOL	170
BROKEN_WIRE_CH2_ARI2	BOOL	190
BROKEN_WIRE_CH2_ATI	BOOL	210
BROKEN_WIRE_CH3_ACI030	BOOL	153
BROKEN_WIRE_CH3_ARI1	BOOL	171
BROKEN_WIRE_CH3_ARI2	BOOL	191
BROKEN_WIRE_CH3_ATI	BOOL	211
BROKEN_WIRE_CH4_ACI030	BOOL	154
BROKEN_WIRE_CH4_ARI1	BOOL	172
BROKEN_WIRE_CH4_ARI2	BOOL	192
BROKEN_WIRE_CH4_ATI	BOOL	212
BROKEN_WIRE_CH5_ACI030	BOOL	155
BROKEN_WIRE_CH5_ARI1	BOOL	173
BROKEN_WIRE_CH5_ARI2	BOOL	193
BROKEN_WIRE_CH5_ATI	BOOL	213
BROKEN_WIRE_CH6_ACI030	BOOL	156
BROKEN_WIRE_CH6_ARI1	BOOL	174
BROKEN_WIRE_CH6_ARI2	BOOL	194
BROKEN_WIRE_CH6_ATI	BOOL	214
BROKEN_WIRE_CH7_ACI030	BOOL	157
BROKEN_WIRE_CH7_ARI1	BOOL	175
BROKEN_WIRE_CH7_ARI2	BOOL	195
BROKEN_WIRE_CH7_ATI	BOOL	215
BROKEN_WIRE_CH8_ACI030	BOOL	158
BROKEN_WIRE_CH8_ARI1	BOOL	176
BROKEN_WIRE_CH8_ARI2	BOOL	196
BROKEN_WIRE_CH8_ATI	BOOL	216
CLOSE_LOCAL_MOV311	BOOL	100018
CLOSE_LOCAL_MOV312	BOOL	100026
CLOSE_MOV311	BOOL	332
CLOSE_MOV312	BOOL	334
COMUNICACION_PLC	BOOL	380
CONT_ON_PRE_LUB_OIL_PUMP	BOOL	100032
DELAY_STOP	BOOL	
ENGINE_LOAD	BOOL	3
ENGINE_START	BOOL	1
ENGINE_STOP	BOOL	2
ENG_LUBE_OIL_HIGH_TEMP	BOOL	100004
ENG_LUBE_OIL_LOW_PRESS	BOOL	100006
FDY	REAL	400360
FDY01_O_FDY02	BOOL	
FDY_1	REAL	400362
FD_Y01_FRECUENCY_TRANSMITTER	REAL	400304
FD_Y02_FRECUENCY_TRANSMITTER	REAL	400306
GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_FLOW	BOOL	100008

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO	DIRECCION
GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_PRESSU	BOOL	100007
GRUPO_CARGA	BOOL	281
GRUPO_RELANTI	BOOL	
HIGH_DISCHARGE_PRESSURE	BOOL	100002
LISTO_CARGAR	BOOL	363
LOAD	BOOL	
LOW_SUCTION_PRESSURE	BOOL	100001
MOV311_CLOSE	BOOL	100020
MOV311_OPEN	BOOL	100019
MOV312_CLOSE	BOOL	100028
MOV312_OPEN	BOOL	100027
N_LISTO_BOMBA_LUB_INCREM	BOOL	
N_LISTO_CLOSE_MOV311	BOOL	
N_LISTO_CLOSE_MOV312	BOOL	
N_LISTO_MOV311	BOOL	
N_LISTO_MOV312	BOOL	
N_LISTO_OPEN_MOV311	BOOL	
N_LISTO_OPEN_MOV312	BOOL	
N_LISTO_PRE_LUB_OIL_PUMP	BOOL	
N_LISTO_VENT_RAD_MOT	BOOL	
OL_PRE_LUB_OIL_PUMP	BOOL	100031
OPEN_LOCAL_MOV311	BOOL	100017
OPEN_LOCAL_MOV312	BOOL	100025
OPEN_MOV311	BOOL	333
OPEN_MOV312	BOOL	335
OPER_NORMAL	BOOL	280
PARO_SOBRETIEMPO	BOOL	
PASO_ACTIVADO	INT	400908
PASO_INICIAL	BOOL	350
PLC_PPAL_ACK_ALARMAS	BOOL	300
PLC_PPAL_CLOSE_INT_MOV311	BOOL	413
PLC_PPAL_CLOSE_INT_MOV312	BOOL	410
PLC_PPAL_CLOSE_INT_SV311	BOOL	423
PLC_PPAL_CNT_ON_ABRIR_MOV311	BOOL	308
PLC_PPAL_CNT_ON_ABRIR_MOV312	BOOL	317
PLC_PPAL_CNT_ON_BOM_LUBRIC_INCRE	BOOL	304
PLC_PPAL_CNT_ON_CERRAR_MOV311	BOOL	309
PLC_PPAL_CNT_ON_CERRAR_MOV312	BOOL	318
PLC_PPAL_CNT_ON_VENT_RAD_MOT	BOOL	306
PLC_PPAL_IDLE_INT_GP301	BOOL	403
PLC_PPAL_LOAD_INT_GP301	BOOL	402
PLC_PPAL_OPEN_INT_MOV311	BOOL	412
PLC_PPAL_OPEN_INT_MOV312	BOOL	409
PLC_PPAL_OPEN_INT_SV311	BOOL	422
PLC_PPAL_PARADA_EMERGENCIA	BOOL	315
PLC_PPAL_PEMER	BOOL	370
PLC_PPAL_PRESION_AGUA	REAL	400566
PLC_PPAL_PRESION_DESCARGA	REAL	400564
PLC_PPAL_PRESION_SUCCION	REAL	400562
PLC_PPAL_RDY_BOM_LUBRIC_INCREM	BOOL	303
PLC_PPAL_RDY_MOV311	BOOL	307
PLC_PPAL_RDY_MOV312	BOOL	316
PLC_PPAL_RDY_VENT_RAD_MOT	BOOL	305
PLC_PPAL_READY	BOOL	302
PLC_PPAL_RESET_ALARMAS	BOOL	301

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO	DIRECCION
PLC_PPAL_RESET_INT_ALARMAS	BOOL	404
PLC_PPAL_SP_PT01_SUCCION_STATION	REAL	400500
PLC_PPAL_SP_PT02_DISCHARGE	REAL	400502
PLC_PPAL_SP_TEMP_BEAR_THRUST	REAL	400528
PLC_PPAL_SP_TEMP_ENG_EXH	REAL	400512
PLC_PPAL_SP_TEMP_GBX_BEAR_HS_IN	REAL	400518
PLC_PPAL_SP_TEMP_GBX_BEAR_HS_OUT	REAL	400520
PLC_PPAL_SP_TEMP_GBX_BEAR_LS_IN	REAL	400514
PLC_PPAL_SP_TEMP_GBX_BEAR_LS_OUT	REAL	400516
PLC_PPAL_SP_TEMP_OIL	REAL	400530
PLC_PPAL_SP_TEMP_PMP_BEAR_IN	REAL	400522
PLC_PPAL_SP_TEMP_PMP_BEAR_OUT	REAL	400526
PLC_PPAL_SP_TEMP_PMP_CASE	REAL	400524
PLC_PPAL_SP_TEMP_WATER_HH	REAL	400510
PLC_PPAL_SP_TEMP_WATER_LL	REAL	400508
PLC_PPAL_SP_VELOCIDAD	REAL	400560
PLC_PPAL_START_INT_BOM_LUB_INC	BOOL	418
PLC_PPAL_START_INT_BOM_PREL_MOT	BOOL	420
PLC_PPAL_START_INT_GP301	BOOL	400
PLC_PPAL_START_INT_VEN_RAD_MOT	BOOL	416
PLC_PPAL_STOP_INT_BOM_LUB_INC	BOOL	419
PLC_PPAL_STOP_INT_BOM_PREL_MOT	BOOL	421
PLC_PPAL_STOP_INT_GP301	BOOL	401
PLC_PPAL_STOP_INT_MOV311	BOOL	414
PLC_PPAL_STOP_INT_MOV312	BOOL	411
PLC_PPAL_STOP_INT_VEN_RAD_MOT	BOOL	417
PPAL_RDY_VENT_RAD_MOTOR	BOOL	
PRE_ALARMA_AGUA_G301	BOOL	221
PRE_ALARMA_BEAR_HS_IN_P301	BOOL	229
PRE_ALARMA_BEAR_HS_OUT_P301	BOOL	231
PRE_ALARMA_BEAR_LS_IN_P301	BOOL	225
PRE_ALARMA_BEAR_LS_OUT_P301	BOOL	227
PRE_ALARMA_BEAR_THRUST	BOOL	239
PRE_ALARMA_ESCAPE_G301	BOOL	223
PRE_ALARMA_OIL	BOOL	241
PRE_ALARMA_PMP_BEAR_IN_P301	BOOL	233
PRE_ALARMA_PMP_BEAR_OUT_P301	BOOL	237
PRE_ALARMA_SOBREVEL	BOOL	
PRE_ALARMA_TEMP_PMP_CASE_P301	BOOL	235
PRE_ALARMA_TMP_CULATA_1	BOOL	243
PRE_ALARMA_TMP_CULATA_2	BOOL	245
PRE_ALARMA_TMP_CULATA_3	BOOL	247
PRE_ALARMA_TMP_CULATA_4	BOOL	249
PRE_ALARMA_TMP_CULATA_5	BOOL	251
PRE_ALARMA_TMP_CULATA_6	BOOL	253
PRE_ALARMA_TMP_CULATA_7	BOOL	255
PRE_ALARMA_TMP_CULATA_8	BOOL	257
PRE_LUB_OIL_PUMP	BOOL	11
PT_01_SUCCION_STATION	REAL	400300
PT_02_DISCHARGE_P301	REAL	400302
PULSO_ARRANQUE_FRIO	TIME	
PUMP_SEAL_LEAK	BOOL	100003
RANGE_WARNING_CH1_AR11	BOOL	161
RANGE_WARNING_CH1_AR12	BOOL	181
RANGE_WARNING_CH1_AT1	BOOL	201

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO	DIRECCION
RANGE_WARNING_CH2_AR11	BOOL	162
RANGE_WARNING_CH2_AR12	BOOL	182
RANGE_WARNING_CH2_AT1	BOOL	202
RANGE_WARNING_CH3_AR11	BOOL	163
RANGE_WARNING_CH3_AR12	BOOL	183
RANGE_WARNING_CH3_AT1	BOOL	203
RANGE_WARNING_CH4_AR11	BOOL	164
RANGE_WARNING_CH4_AR12	BOOL	184
RANGE_WARNING_CH4_AT1	BOOL	204
RANGE_WARNING_CH5_AR11	BOOL	165
RANGE_WARNING_CH5_AR12	BOOL	185
RANGE_WARNING_CH5_AT1	BOOL	205
RANGE_WARNING_CH6_AR11	BOOL	166
RANGE_WARNING_CH6_AR12	BOOL	186
RANGE_WARNING_CH6_AT1	BOOL	206
RANGE_WARNING_CH7_AR11	BOOL	167
RANGE_WARNING_CH7_AR12	BOOL	187
RANGE_WARNING_CH7_AT1	BOOL	207
RANGE_WARNING_CH8_AR11	BOOL	168
RANGE_WARNING_CH8_AR12	BOOL	188
RANGE_WARNING_CH8_AT1	BOOL	208
RESET_ALARMAS	BOOL	
RESET_INT_ALARMAS	BOOL	
SIN_VELOCIDAD	BOOL	
SP_FDY_01	REAL	400504
SP_FDY_02	REAL	400506
SP_TMP_CULATA_1	REAL	400532
SP_TMP_CULATA_2	REAL	400534
SP_TMP_CULATA_3	REAL	400536
SP_TMP_CULATA_4	REAL	400538
SP_TMP_CULATA_5	REAL	400540
SP_TMP_CULATA_6	REAL	400542
SP_TMP_CULATA_7	REAL	400544
SP_TMP_CULATA_8	REAL	400546
START_FIELD	BOOL	100013
STOP_FIELD	BOOL	100014
SV301_BY_PASS	BOOL	4
S_AUT_MAN	BOOL	100016
S_LOC_REM	BOOL	100015
TEMP_BEAR_THRUST	REAL	400328
TEMP_ENG_EXH_P301	REAL	400312
TEMP_GBX_BEAR_HS_IN_P301	REAL	400318
TEMP_GBX_BEAR_HS_OUT_P301	REAL	400320
TEMP_GBX_BEAR_LS_IN_P301	REAL	400314
TEMP_GBX_BEAR_LS_OUT_P301	REAL	400316
TEMP_OIL	REAL	400330
TEMP_PMP_BEAR_IN_P301	REAL	400322
TEMP_PMP_BEAR_OUT_P301	REAL	400326
TEMP_PMP_CASE_P301	REAL	400324
TEMP_WATER_P301	REAL	400310
TIEMPO_ENG_EXH_P301	TIME	
TIEMPO_FDY_01	TIME	
TIEMPO_FDY_02	TIME	
TIEMPO_GBX_BEAR_HS_IN_P301	TIME	
TIEMPO_GBX_BEAR_HS_OUT_P301	TIME	

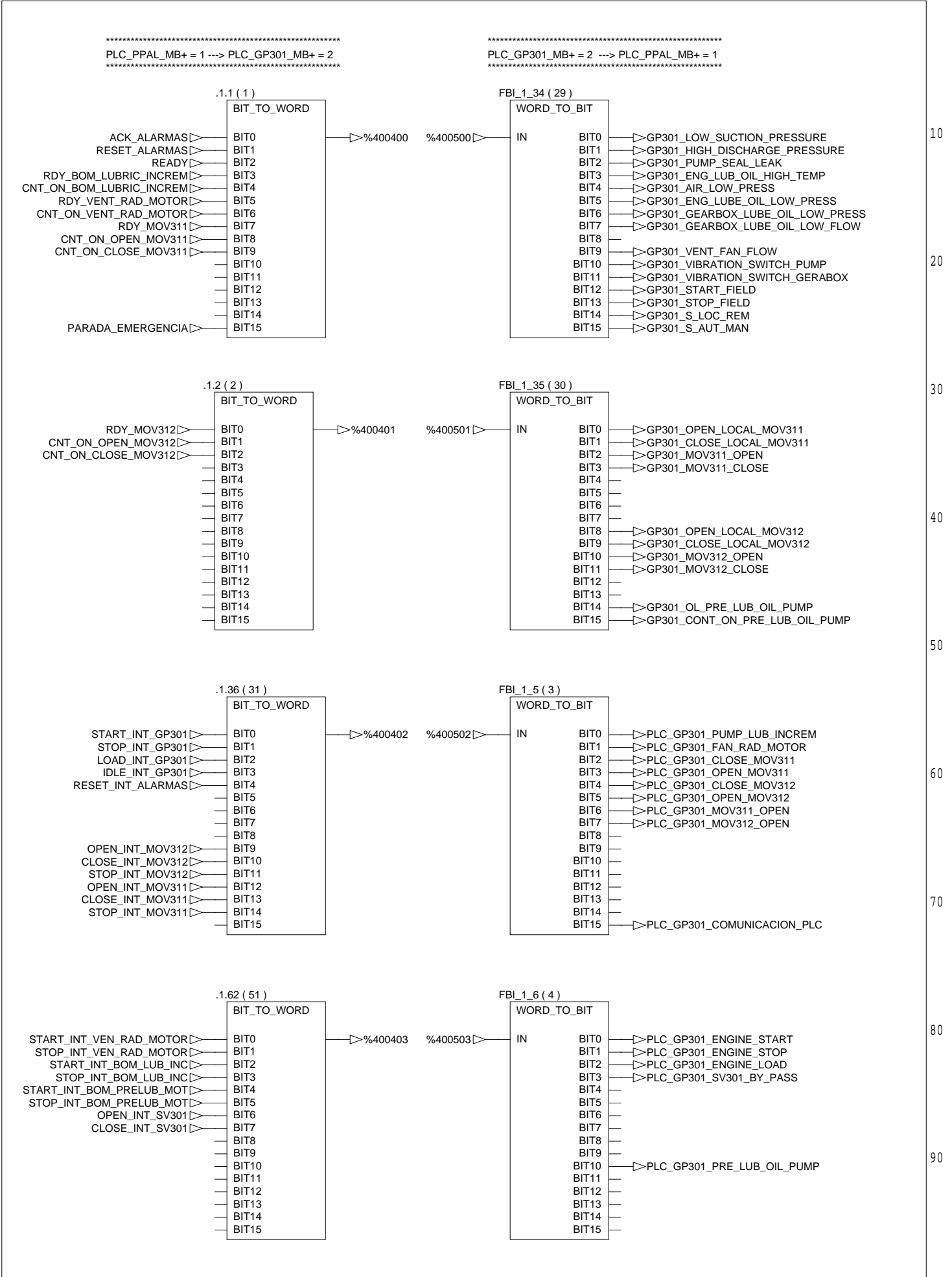
NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO	DIRECCION
TIEMPO_GBX_LS_IN_P301	TIME	
TIEMPO_GBX_LS_OUT_P301	TIME	
TIEMPO_PMP_BEAR_IN_P301	TIME	
TIEMPO_PMP_BEAR_OUT_P301	TIME	
TIEMPO_PMP_CASE_P301	TIME	
TIEMPO_PT01_SUCCION	TIME	
TIEMPO_PT02_DESCARGA	TIME	
TIEMPO_TMP_BEAR_THRUST	TIME	
TIEMPO_TMP_OIL	TIME	
TMP_CULATA_1	REAL	400340
TMP_CULATA_2	REAL	400342
TMP_CULATA_3	REAL	400344
TMP_CULATA_4	REAL	400346
TMP_CULATA_5	REAL	400348
TMP_CULATA_6	REAL	400350
TMP_CULATA_7	REAL	400352
TMP_CULATA_8	REAL	400354
TP_TMP_CULATA1	TIME	
TP_TMP_CULATA2	TIME	
TP_TMP_CULATA3	TIME	
TP_TMP_CULATA4	TIME	
TP_TMP_CULATA5	TIME	
TP_TMP_CULATA6	TIME	
TP_TMP_CULATA7	TIME	
TP_TMP_CULATA8	TIME	
TT_APAGAR	TIME	
TT_APAGAR1	TIME	
TT_ARRANQUE	TIME	
TT_ARRANQUE_PLC	TIME	
TT_CLOSE_MOV3112	TIME	
TT_DDY3	TIME	
TT_DISC1	TIME	
TT_DISC10	TIME	
TT_DISC2	TIME	
TT_DISC3	TIME	
TT_DISC4	TIME	
TT_DISC5	TIME	
TT_DISC6	TIME	
TT_DISC7	TIME	
TT_DISC8	TIME	
TT_DISC9	TIME	
TT_ENGINE_LOAD	TIME	
TT_FD3	TIME	
TT_FDY	TIME	
TT_FDY04	TIME	
TT_FDY1	TIME	
TT_FDY2	TIME	
TT_FDY3	TIME	
TT_LOW_SUCTION_PRESSURE	TIME	
TT_OPEN_MOV312	TIME	
TT_PRE_LUB1	TIME	
TT_PRE_LUB2	TIME	
TT_RTDs	TIME	
TT_SOBRETIEMPO	TIME	
T_BLOQ_SEG_PS1	TIME	

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO	DIRECCION
VENT_FAN_FLOW	BOOL	100010
VENT_RAD_MOTOR	BOOL	331
VIBRATION_SWITCH_GEARBOX	BOOL	100012
VIBRATION_SWITCH_PUMP	BOOL	100011
V_RELANTIN	BOOL	290
V_RELANTI_1	BOOL	

ANEXO II

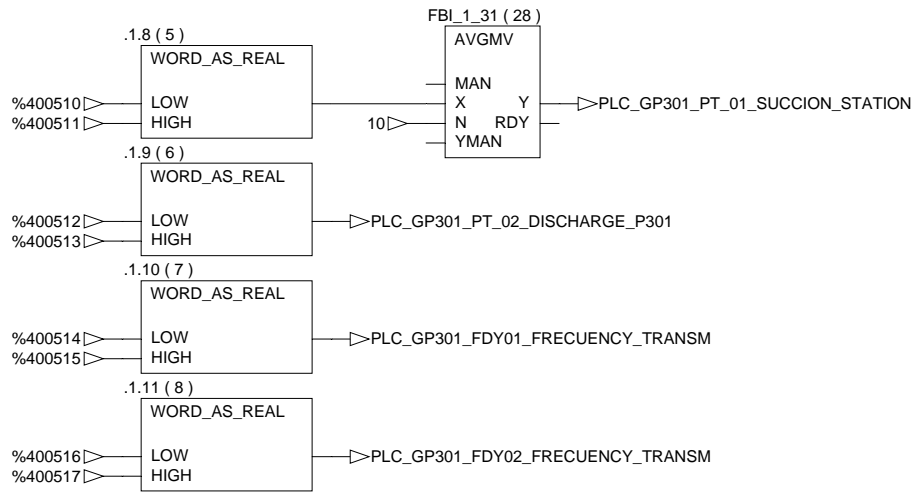
PLC PRINCIPAL

**PROGRAMA
PLC PRINCIPAL**



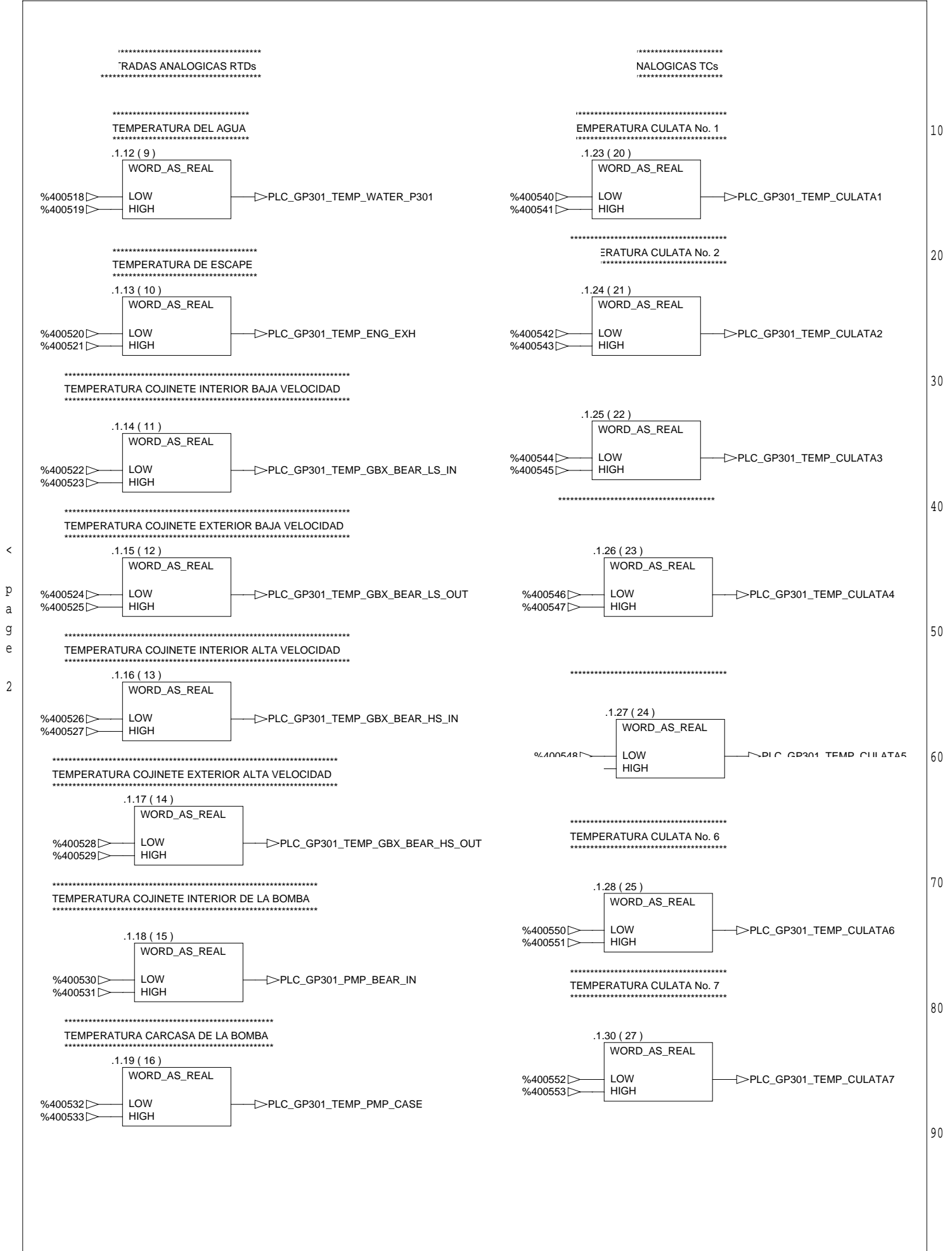
SEÑALES ANALOGICAS PLC_GP301

ENTRADAS ANALOGICAS 4..20MA

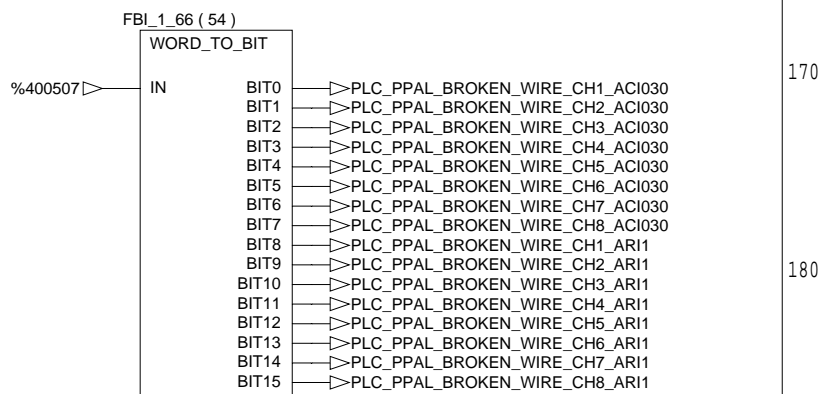
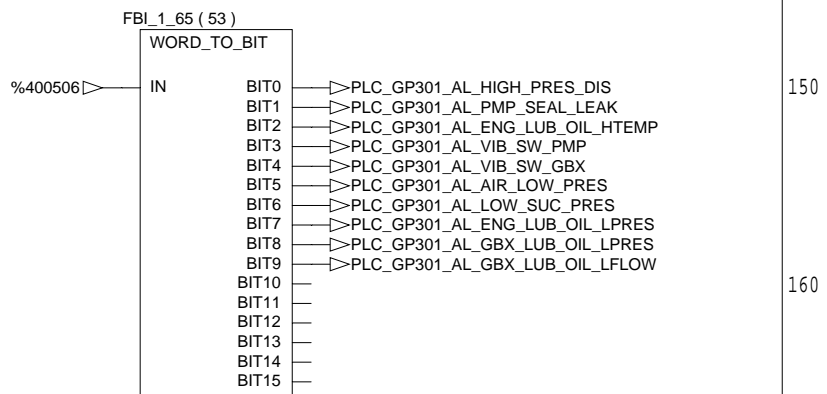
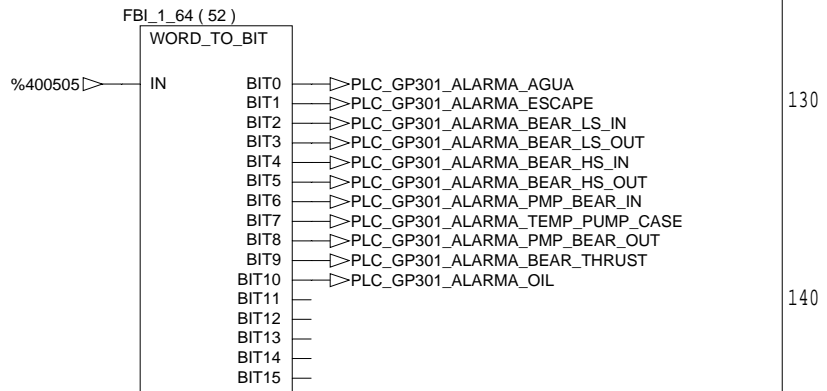
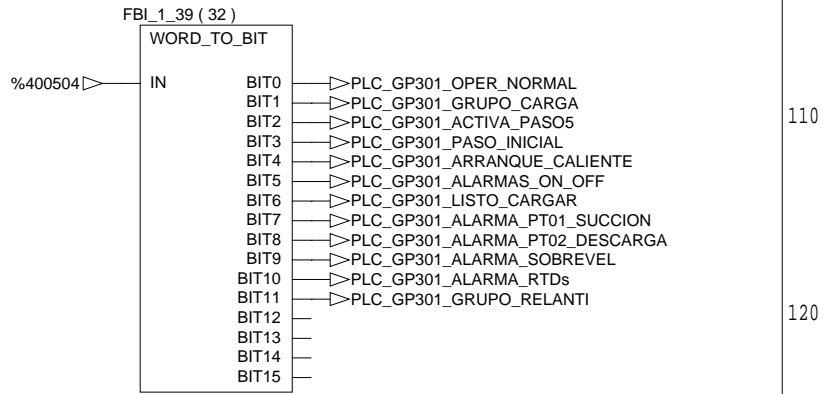


<
p
a
g
e
1

>
p
a
g
e
3



10 20 30 40 50 60 70



80

90

100

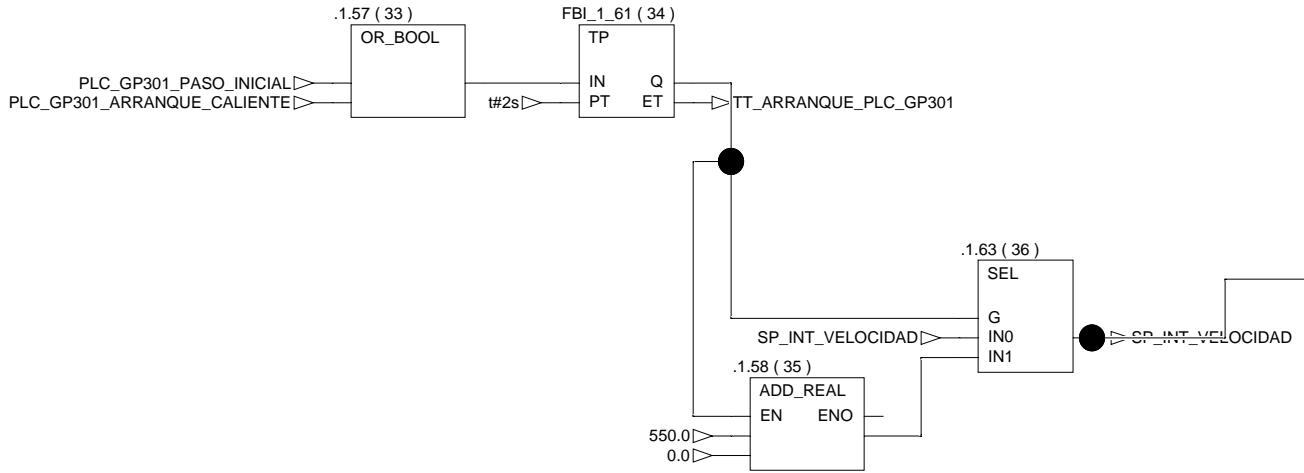
110

120

130

140

150



110

120

130

140

<
p
a
g
e
4

>
p
a
g
e
150
6

160

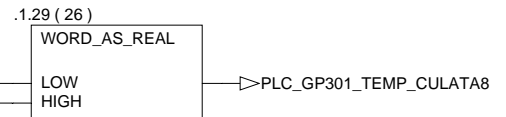
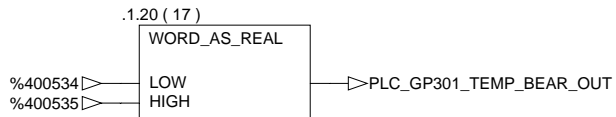
170

180

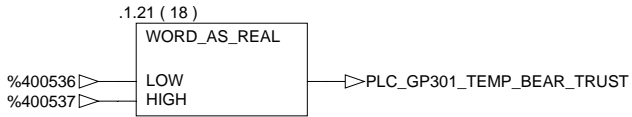
190

200

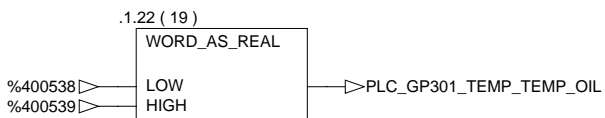
TEMPERATURA COJINETE EXTERIOR DE LA BOMBA



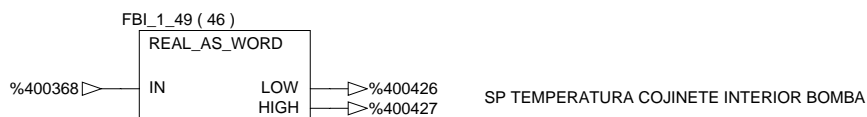
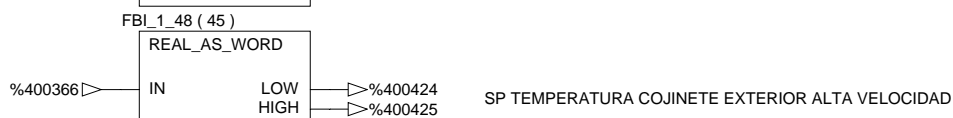
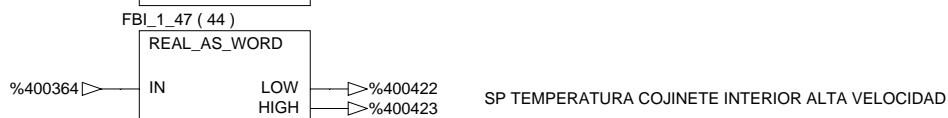
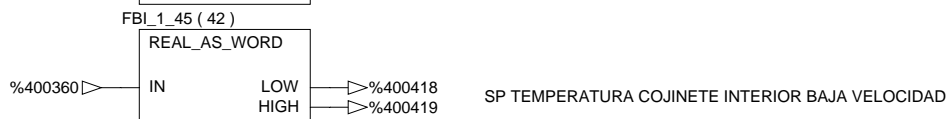
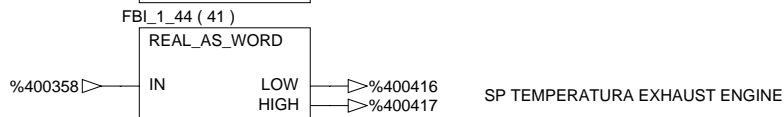
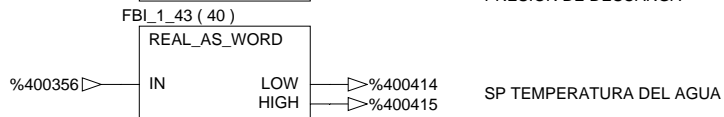
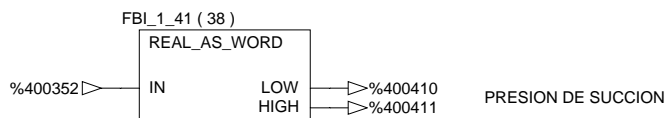
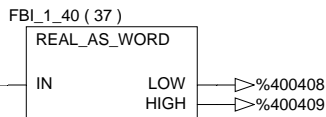
TEMPERATURA COJINETE EMPUJE DE LA BOMBA



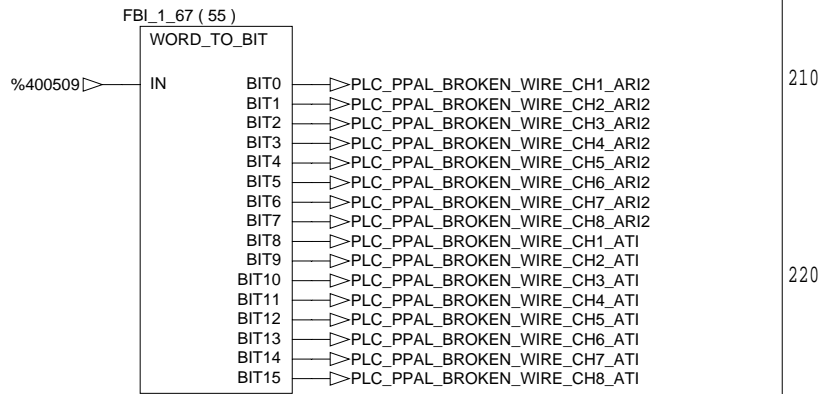
TEMPERATURA ACEITE DEL CARTER



ENVIO DE SET POINT DE VELOCIDAD DESDE PLC_PPAL -> PLC_GP301



10 20 30 40 50 60 70



80

90

100

110

120

130

140

150

210

220

230

<
p
a
g
e
7

>
p
a
g
e
9

160

170

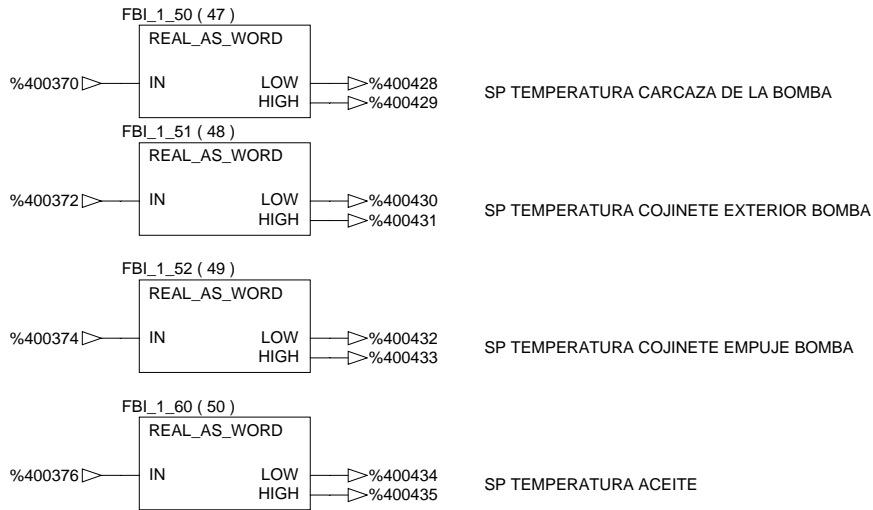
180

190

200

210

220

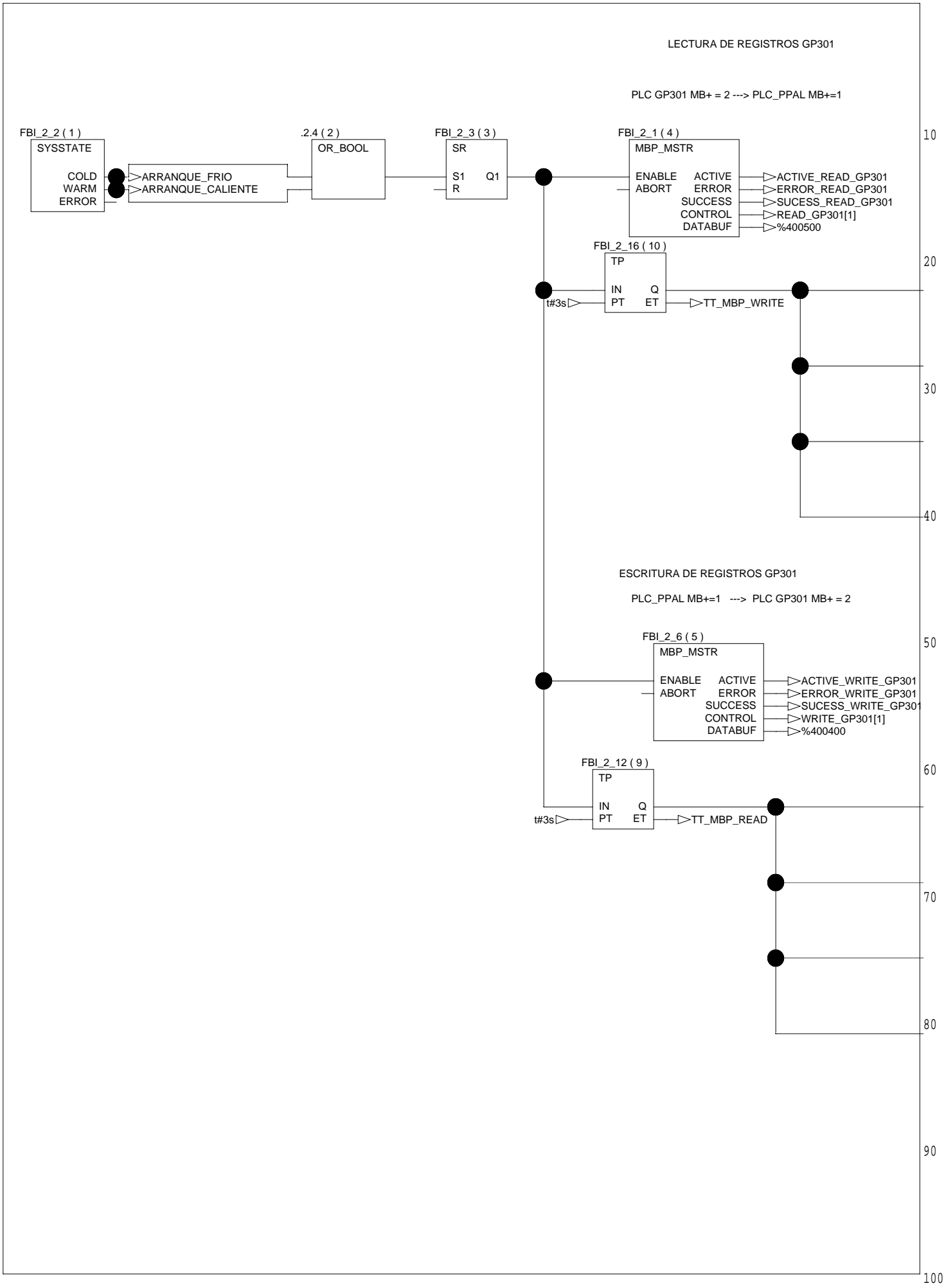


210

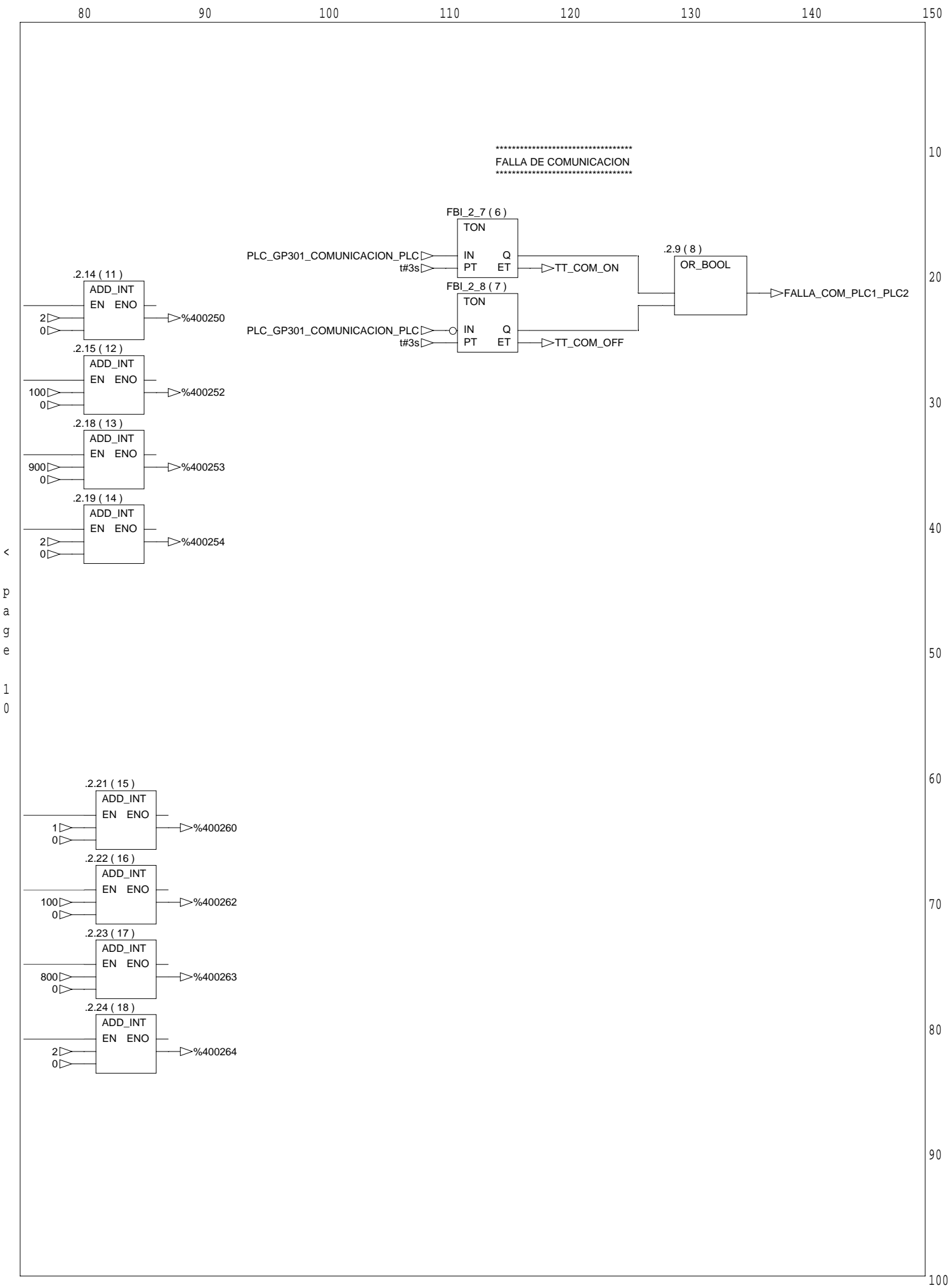
220

230

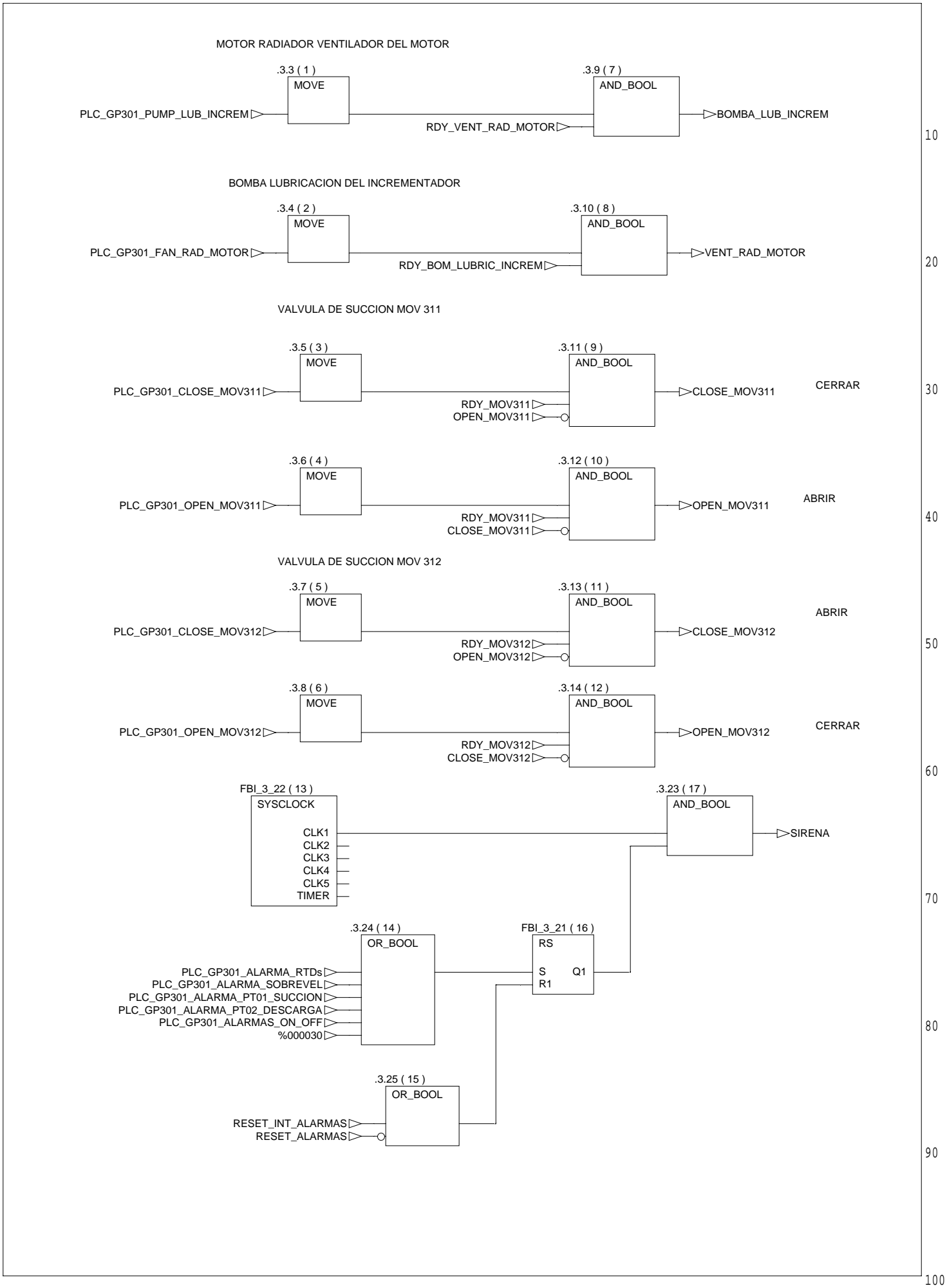
<
p
a
g
e
8



Graph of section Configuracion



<
p
a
g
e
1
0



VARIABLES PROGRAMA

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO	DIRECCION
ACK_ALARMAS	BOOL	100001
ACTIVE_READ_GP301	BOOL	210
ACTIVE_WRITE_GP301	BOOL	215
ARRANQUE_CALIENTE	BOOL	201
ARRANQUE_FRIO	BOOL	200
BOMBA_LUB_INCREM	BOOL	1
CLOSE_INT_MOV311	BOOL	413
CLOSE_INT_MOV312	BOOL	410
CLOSE_INT_SV301	BOOL	423
CLOSE_MOV311	BOOL	3
CLOSE_MOV312	BOOL	5
CNT_ON_BOM_LUBRIC_INCREM	BOOL	100005
CNT_ON_CLOSE_MOV311	BOOL	100010
CNT_ON_CLOSE_MOV312	BOOL	100019
CNT_ON_OPEN_MOV311	BOOL	100009
CNT_ON_OPEN_MOV312	BOOL	100018
CNT_ON_VENT_RAD_MOTOR	BOOL	100007
ERROR_READ_GP301	BOOL	211
ERROR_WRITE_GP301	BOOL	216
FALLA_COM_PLC1_PLC2	BOOL	370
GP301_AIR_LOW_PRESS	BOOL	605
GP301_CLOSE_LOCAL_MOV311	BOOL	618
GP301_CLOSE_LOCAL_MOV312	BOOL	626
GP301_CONT_ON_PRE_LUB_OIL_PUMP	BOOL	632
GP301_ENG_LUBE_OIL_LOW_PRESS	BOOL	606
GP301_ENG_LUB_OIL_HIGH_TEMP	BOOL	604
GP301_GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_FLOW	BOOL	608
GP301_GEARBOX_LUBE_OIL_LOW_PRESS	BOOL	607
GP301_HIGH_DISCHARGE_PRESSURE	BOOL	602
GP301_LOW_SUCTION_PRESSURE	BOOL	601
GP301_MOV311_CLOSE	BOOL	620
GP301_MOV311_OPEN	BOOL	619
GP301_MOV312_CLOSE	BOOL	628
GP301_MOV312_OPEN	BOOL	627
GP301_OL_PRE_LUB_OIL_PUMP	BOOL	631
GP301_OPEN_LOCAL_MOV311	BOOL	617
GP301_OPEN_LOCAL_MOV312	BOOL	625
GP301_PUMP_SEAL_LEAK	BOOL	603
GP301_START_FIELD	BOOL	613
GP301_STOP_FIELD	BOOL	614
GP301_S_AUT_MAN	BOOL	616
GP301_S_LOC_REM	BOOL	615
GP301_VENT_FAN_FLOW	BOOL	610
GP301_VIBRATION_SWITCH_GERABOX	BOOL	612
GP301_VIBRATION_SWITCH_PUMP	BOOL	611
HOR_BOM_LUBRIC_INCREM	INT	400102
HOR_GP301	INT	400114
HOR_MOV311	INT	400108
HOR_MOV312	INT	400111
HOR_VENT_RAD_MOTOR	INT	400105
IDLE_INT_GP301	BOOL	403
LOAD_INT_GP301	BOOL	402
MIN_BOM_LUBRIC_INCREM	INT	400101
MIN_GP301	INT	400113
MIN_MOV311	INT	400107

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO	DIRECCION
MIN_MOV312	INT	400110
MIN_VENT_RAD_MOTOR	INT	400104
OPEN_INT_MOV311	BOOL	412
OPEN_INT_MOV312	BOOL	409
OPEN_INT_SV301	BOOL	422
OPEN_MOV311	BOOL	4
OPEN_MOV312	BOOL	6
PARADA_EMERGENCIA	BOOL	100016
PLC_GP301_ACTIVIA_PASO5	BOOL	285
PLC_GP301_ALARMAS_ON_OFF	BOOL	288
PLC_GP301_ALARMA_AGUA	BOOL	299
PLC_GP301_ALARMA_BEAR_HS_IN	BOOL	303
PLC_GP301_ALARMA_BEAR_HS_OUT	BOOL	304
PLC_GP301_ALARMA_BEAR_LS_IN	BOOL	301
PLC_GP301_ALARMA_BEAR_LS_OUT	BOOL	302
PLC_GP301_ALARMA_BEAR_THRUST	BOOL	308
PLC_GP301_ALARMA_ESCAPE	BOOL	300
PLC_GP301_ALARMA_OIL	BOOL	309
PLC_GP301_ALARMA_PMP_BEAR_IN	BOOL	305
PLC_GP301_ALARMA_PMP_BEAR_OUT	BOOL	307
PLC_GP301_ALARMA_PT01_SUCCION	BOOL	290
PLC_GP301_ALARMA_PT02_DESCARGA	BOOL	291
PLC_GP301_ALARMA_RTDs	BOOL	293
PLC_GP301_ALARMA_SOBREVEL	BOOL	292
PLC_GP301_ALARMA_TEMP_PUMP_CASE	BOOL	306
PLC_GP301_AL_AIR_LOW_PRES	BOOL	320
PLC_GP301_AL_END_LUB_OIL_LPRES	BOOL	
PLC_GP301_AL_ENG_LUB_OIL_HTEMP	BOOL	317
PLC_GP301_AL_ENG_LUB_OIL_LPRES	BOOL	322
PLC_GP301_AL_GBX_LUB_OIL_LFLOW	BOOL	324
PLC_GP301_AL_GBX_LUB_OIL_LPRES	BOOL	323
PLC_GP301_AL_HIGH_PRES_DIS	BOOL	315
PLC_GP301_AL_LOW_SUC_PRES	BOOL	321
PLC_GP301_AL_PMP_SEAL_LEAK	BOOL	316
PLC_GP301_AL_VIB_SW_GBX	BOOL	319
PLC_GP301_AL_VIB_SW_PMP	BOOL	318
PLC_GP301_ARRANQUE_CALIENTE	BOOL	287
PLC_GP301_BOMBA_LUB_INCREM	BOOL	
PLC_GP301_CLOSE_MOV311	BOOL	252
PLC_GP301_CLOSE_MOV312	BOOL	254
PLC_GP301_COMUNICACION_PLC	BOOL	266
PLC_GP301_ENGINE_LOAD	BOOL	269
PLC_GP301_ENGINE_START	BOOL	267
PLC_GP301_ENGINE_STOP	BOOL	268
PLC_GP301_FAN_RAD_MOTOR	BOOL	251
PLC_GP301_FDY01_FRECUENCY_TRANSM	REAL	400914
PLC_GP301_FDY02_FRECUENCY_TRANSM	REAL	400916
PLC_GP301_GRUPO_CARGA	BOOL	284
PLC_GP301_GRUPO_RELANTI	BOOL	294
PLC_GP301_LISTO_CARGAR	BOOL	289
PLC_GP301_MOV311_OPEN	BOOL	257
PLC_GP301_MOV312_OPEN	BOOL	258
PLC_GP301_OPEN_MOV311	BOOL	253
PLC_GP301_OPEN_MOV312	BOOL	256
PLC_GP301_OPER_NORMAL	BOOL	283












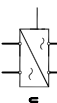







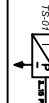





NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO	DIRECCION
PLC_GP301_PASO_INICIAL	BOOL	286
PLC_GP301_PMP_BEAR_IN	REAL	400930
PLC_GP301_PRE_LUB_OIL_PUMP	BOOL	277
PLC_GP301_PT_01_SUCCION_STATION	REAL	400910
PLC_GP301_PT_02_DISCHARGE_P301	REAL	400912
PLC_GP301_PUMP_LUB_INCREM	BOOL	250
PLC_GP301_SV301_BY_PASS	BOOL	270
PLC_GP301_TEMP_BEAR_OUT	REAL	400934
PLC_GP301_TEMP_BEAR_TRUST	REAL	400936
PLC_GP301_TEMP_CULATA1	REAL	400940
PLC_GP301_TEMP_CULATA2	REAL	400942
PLC_GP301_TEMP_CULATA3	REAL	400944
PLC_GP301_TEMP_CULATA4	REAL	400946
PLC_GP301_TEMP_CULATA5	REAL	400948
PLC_GP301_TEMP_CULATA6	REAL	400950
PLC_GP301_TEMP_CULATA7	REAL	400952
PLC_GP301_TEMP_CULATA8	REAL	400954
PLC_GP301_TEMP_ENG_EXH	REAL	400920
PLC_GP301_TEMP_GBX_BEAR_HS_IN	REAL	400926
PLC_GP301_TEMP_GBX_BEAR_HS_OUT	REAL	400928
PLC_GP301_TEMP_GBX_BEAR_LS_IN	REAL	400922
PLC_GP301_TEMP_GBX_BEAR_LS_OUT	REAL	400924
PLC_GP301_TEMP_PMP_CASE	REAL	400932
PLC_GP301_TEMP_TEMP_OIL	REAL	400938
PLC_GP301_TEMP_WATER_P301	REAL	400918
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH1_ACIO30	BOOL	331
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH1_AR11	BOOL	339
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH1_AR12	BOOL	347
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH1_ATI	BOOL	355
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH2_ACIO30	BOOL	332
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH2_AR11	BOOL	340
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH2_AR12	BOOL	348
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH2_ATI	BOOL	356
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH3_ACIO30	BOOL	333
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH3_AR11	BOOL	341
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH3_AR12	BOOL	349
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH3_ATI	BOOL	357
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH4_ACIO30	BOOL	334
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH4_AR11	BOOL	342
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH4_AR12	BOOL	350
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH4_ATI	BOOL	358
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH5_ACIO30	BOOL	335
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH5_AR11	BOOL	343
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH5_AR12	BOOL	351
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH5_ATI	BOOL	359
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH6_ACIO30	BOOL	336
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH6_AR11	BOOL	344
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH6_AR12	BOOL	352
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH6_ATI	BOOL	360
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH7_ACIO30	BOOL	337
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH7_AR11	BOOL	345
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH7_AR12	BOOL	353
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH7_ATI	BOOL	361
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH8_ACIO30	BOOL	338
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH8_AR11	BOOL	346

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO	DIRECCION
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH8_AR12	BOOL	354
PLC_PPAL_BROKEN_WIRE_CH8_ATI	BOOL	362
RDY_BOM_LUBRIC_INCREM	BOOL	100004
RDY_MOV311	BOOL	100008
RDY_MOV312	BOOL	100017
RDY_VENT_RAD_MOTOR	BOOL	100006
READY	BOOL	100003
READ_GP301	WordArr9	400250
RESET_ALARMAS	BOOL	100002
RESET_HORAS	BOOL	363
RESET_INT_ALARMAS	BOOL	404
SEG_BOM_LUBRIC_INCREM	INT	400100
SEG_GP301	INT	400112
SEG_MOV311	INT	400106
SEG_MOV312	INT	400109
SEG_VENT_RAD_MOTOR	INT	400103
SIRENA	BOOL	7
SP_INT_VELOCIDAD	REAL	400350
SP_VELOCIDAD	REAL	
START_INT_BOM_LUB_INC	BOOL	418
START_INT_BOM_PRELUB_MOT	BOOL	420
START_INT_GP301	BOOL	400
START_INT_VEN_RAD_MOTOR	BOOL	416
STOP_INT_BOM_LUB_INC	BOOL	419
STOP_INT_BOM_PRELUB_MOT	BOOL	421
STOP_INT_GP301	BOOL	401
STOP_INT_MOV311	BOOL	414
STOP_INT_MOV312	BOOL	411
STOP_INT_VEN_RAD_MOTOR	BOOL	417
SUCCESS_READ_GP301	BOOL	212
SUCCESS_WRITE_GP301	BOOL	217
TT_ARRANQUE_PLC_GP301	TIME	
TT_COM_OFF	TIME	
TT_COM_ON	TIME	
TT_MBP_READ	TIME	
TT_MBP_WRITE	TIME	
VENT_RAD_MOTOR	BOOL	2
WRITE_GP301	WordArr9	400260

ANEXO III

PLANOS

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION
1	FSN_GNR_01	SIMBOLOGIA DEL PROYECTO
2	FSN_GNR_02	ARQUITECTURA DE CONTROL
3	FSN_GNR_03	DISPOSICION GENERAL
4	FSN_GNR_04	DIAGRAMA DE FUERZA - ALIMENTACION 110 V
5	FSN_CRM_01	CONFIGURACION PLC PRINCIPAL
6	FSN_CRM_02	DIAGRAMA DE FUERZA - ALIMENTACION PLC PRINCIPAL
7	FSN_CRM_03	DIAGRAMA DE ENTRADAS DISCRETAS No. 1 PLC PRINCIPAL
8	FSN_CRM_04	DIAGRAMA DE ENTRADAS DISCRETAS No. 2 PLC PRINCIPAL
9	FSN_CRM_05	DIAGRAMA DE SALIDAS DISCRETAS No. 1 PLC PRINCIPAL
10	FSN_CRM_06	DIAGRAMA DE FUERZA - BOMBA DE LUBRICACION DEL MULTIPLICADOR
11	FSN_CRM_07	DIAGRAMA DE FUERZA - MOTOR DEL VENTILADOR DEL RADIADOR
12	FSN_CRM_08	DIAGRAMA DE FUERZA - VALVULA DE SUCCION
13	FSN_CRM_09	DIAGRAMA DE FUERZA - VALVULA DE DESCARGA
14	FSN_GP301_01	CONFIGURACION PLC GP-301
15	FSN_GP301_02	DIAGRAMA DE FUERZA - ALIMENTACION PLC GP-301
16	FSN_GP301_03	DIAGRAMA DE ENTRADAS DISCRETAS No. 1 PLC GP-301
17	FSN_GP301_04	DIAGRAMA DE ENTRADAS DISCRETAS No. 2 PLC GP-301
18	FSN_GP301_05	DIAGRAMA DE SALIDAS DISCRETAS No. 1 PLC GP-301
19	FSN_GP301_06	DIAGRAMA DE FUERZA - RELES
20	FSN_GP301_07	DIAGRAMA DE ENTRADAS ANALOGAS PLC GP-301
21	FSN_GP301_08	DIAGRAMA DE SALIDAS ANALOGAS PLC GP-301
22	FSN_GP301_09	DIAGRAMA DE ENTRADAS ANALOGAS RTD No. 1 PLC GP-301
23	FSN_GP301_10	DIAGRAMA DE ENTRADAS ANALOGAS RTD No. 2 PLC GP-301
24	FSN_GP301_11	DIAGRAMA DE ENTRADAS ANALOGAS TC PLC GP-301
25	FSN_GP301_12	DIAGRAMA NEUMATICO GRUPO P-301

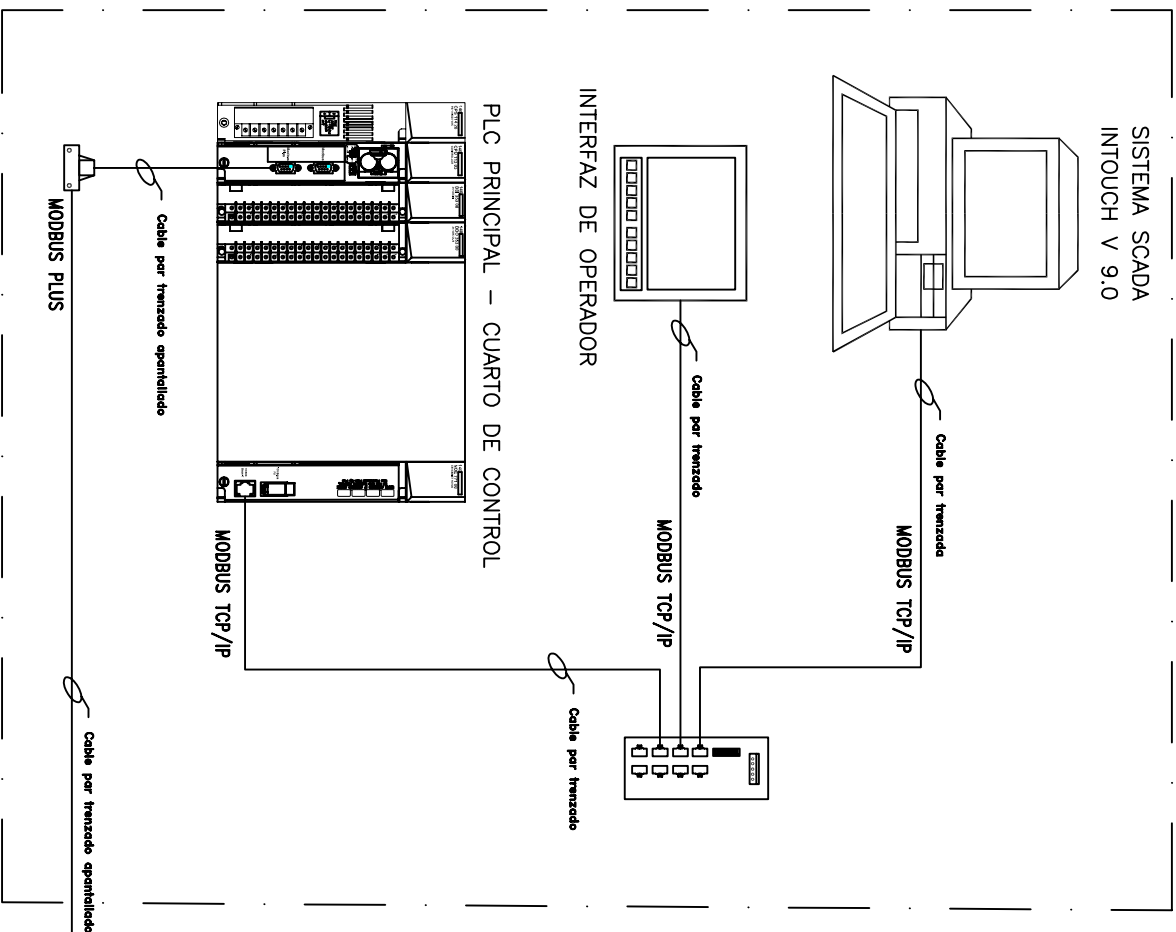
SIMBOLO	DESIGNACION	SIMBOLO	DESIGNACION
	SWITCH DE PRESION		PLC
	MICROSWITICH		INTERFAZ DE OPERADOR
	FINAL DE CARRERA NC.		SWITCH DE CONEXION ETHERNET
	FINAL DE CARRERA NO.		SCADA
	TERMOSTATO		MODULO TELEFAST
	SWITCH DE FLUJO		UPS
	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO		FUENTE 24 VDC
	CONTACTO NORMALMENTE CERRADO		SENSOR DE VELOCIDAD
	TRANSFORMADOR		TRANSDUCTOR DE VELOCIDAD
	SOLENOIDE		TRANSDUCTOR DE PRESION
	RELE AUXILIAR		
	TERMOCUPLA		
	RTD		
	PULSADOR		
	DISYUNTOR		

SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

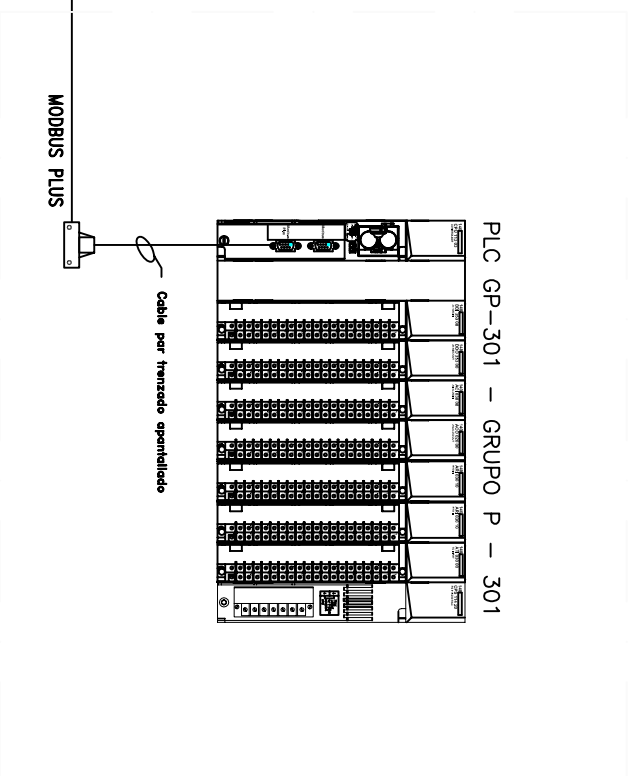
REVISADO:	FOC	CONTIENE:	SIMBOLOGIA DEL PROYECTO	CODIGO:	FSL_GNR_01	PLANO:	01 / 25
DIBUJADO:	FOC - JMC			HOLA:			
FECHA:	JUNIO 2006						

CUARTO DE CONTROL

SISTEMA SCADA
INTOUCH V 9.0



GRUPO DE BOMBEO P - 301

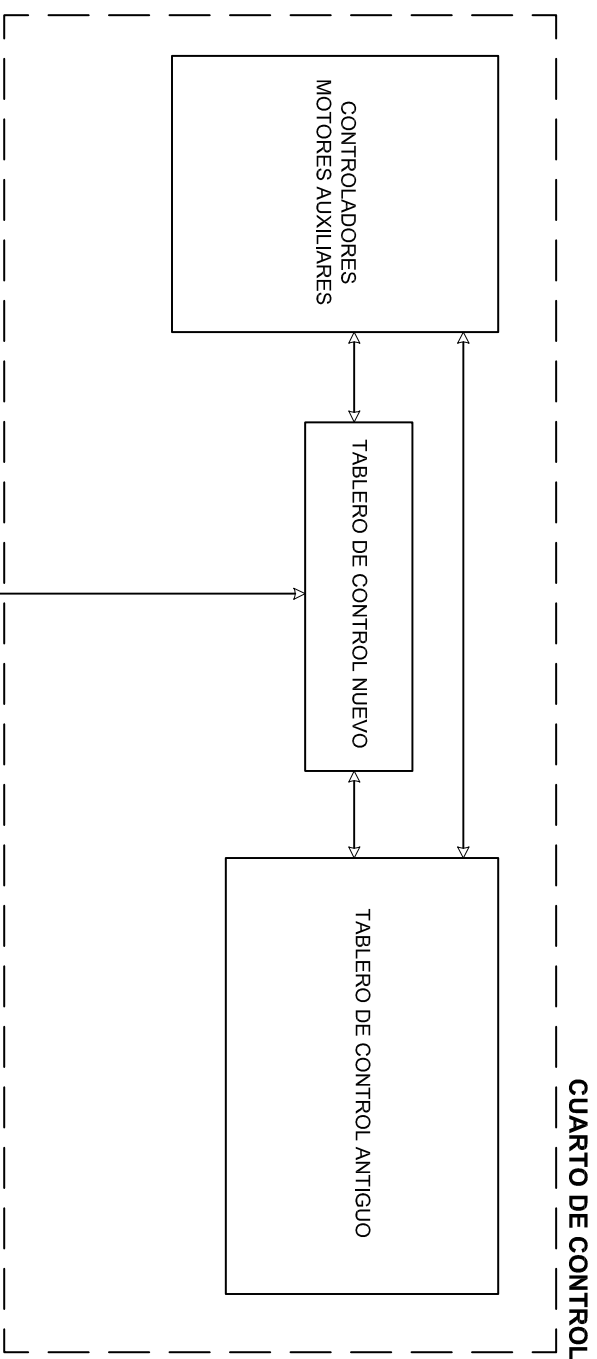


SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

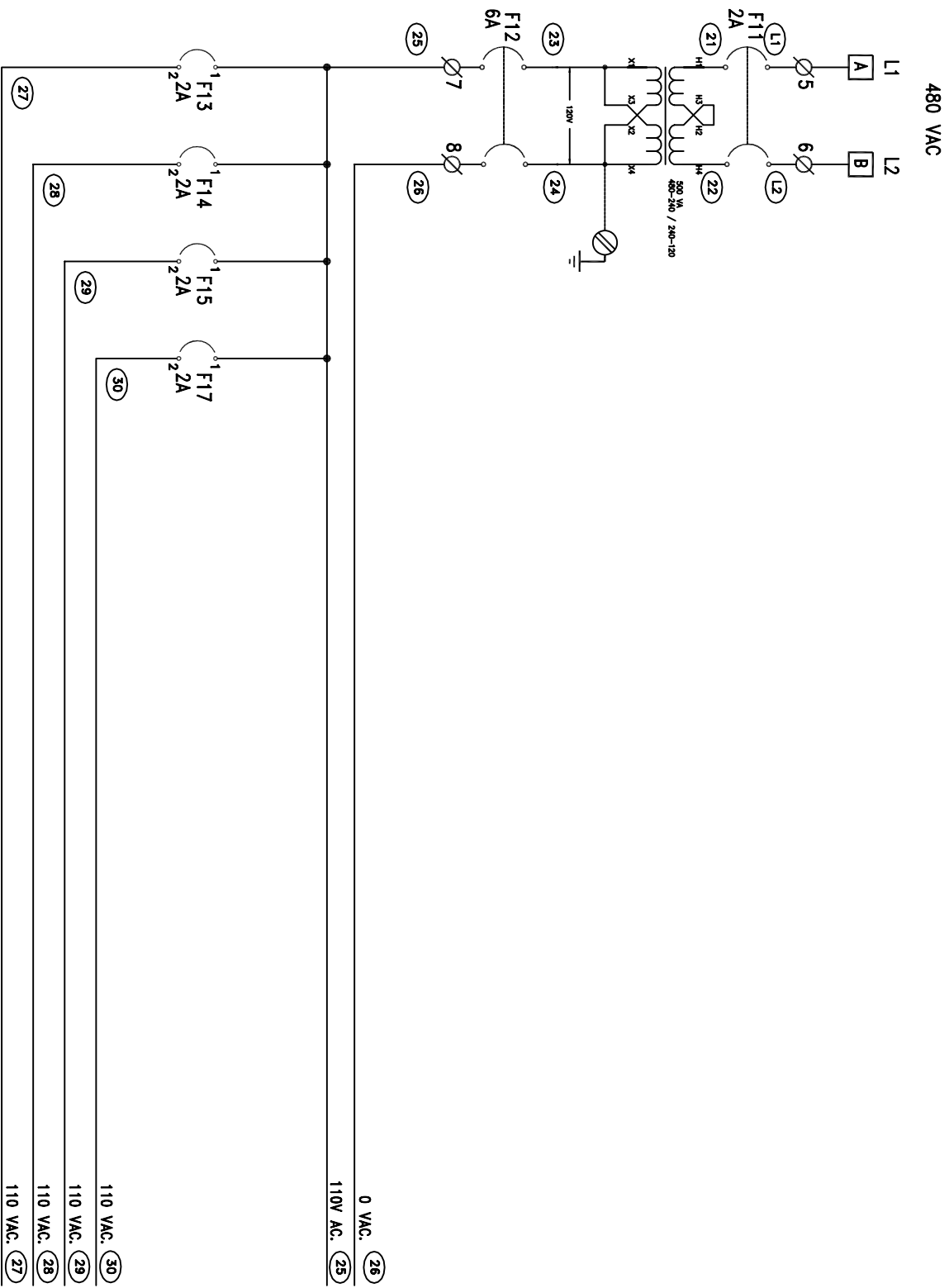
CONTIENE:
ARQUITECTURA DE CONTROL

REVISADO:	FOC
DIBUJADO:	FOC - J.MVC
FECHA:	JUNIO 2008

CODIGO:	FSN_GNR_02	PLANO:	02 / 25
HOLA:	1 de 1		



<p align="center">SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301 ESTACION FAISANES – PETROCOMERCIAL</p>			
REVISADO:	FOC	CONTENIE:	DISPOSICION GENERAL
DIBUJADO:	FOC – JMC	CODIGO:	FSL_GNR_03
FECHA:	JUNIO 2008	HOLA:	03 / 25
			1 de 1



SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO:

FOC

CONTIENE:

DIAGRAMA DE FUERZA
ALIMENTACION 110 V

CODIGO:

FSN_GNR_04

PLANO:

04 / 25

DIBUJADO:

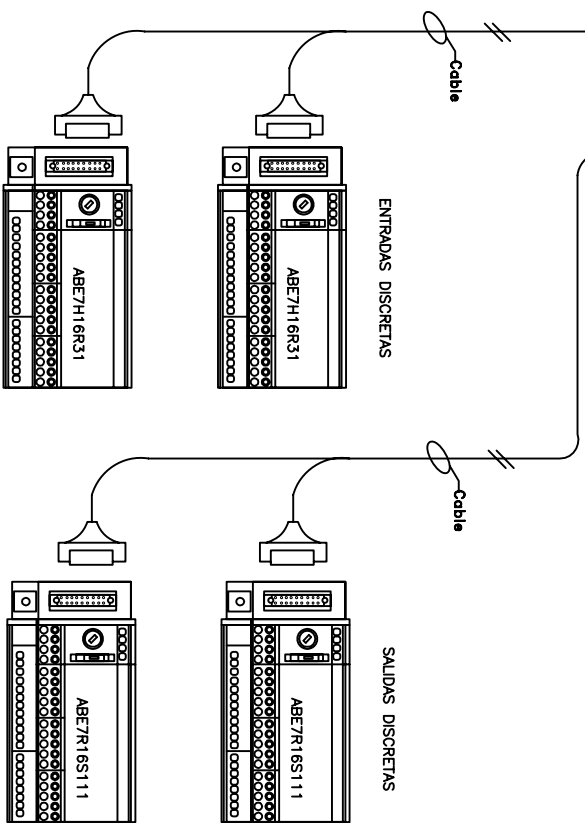
FOC - JMC

HOLA:

1 de 1

FECHA: JUNIO 2008

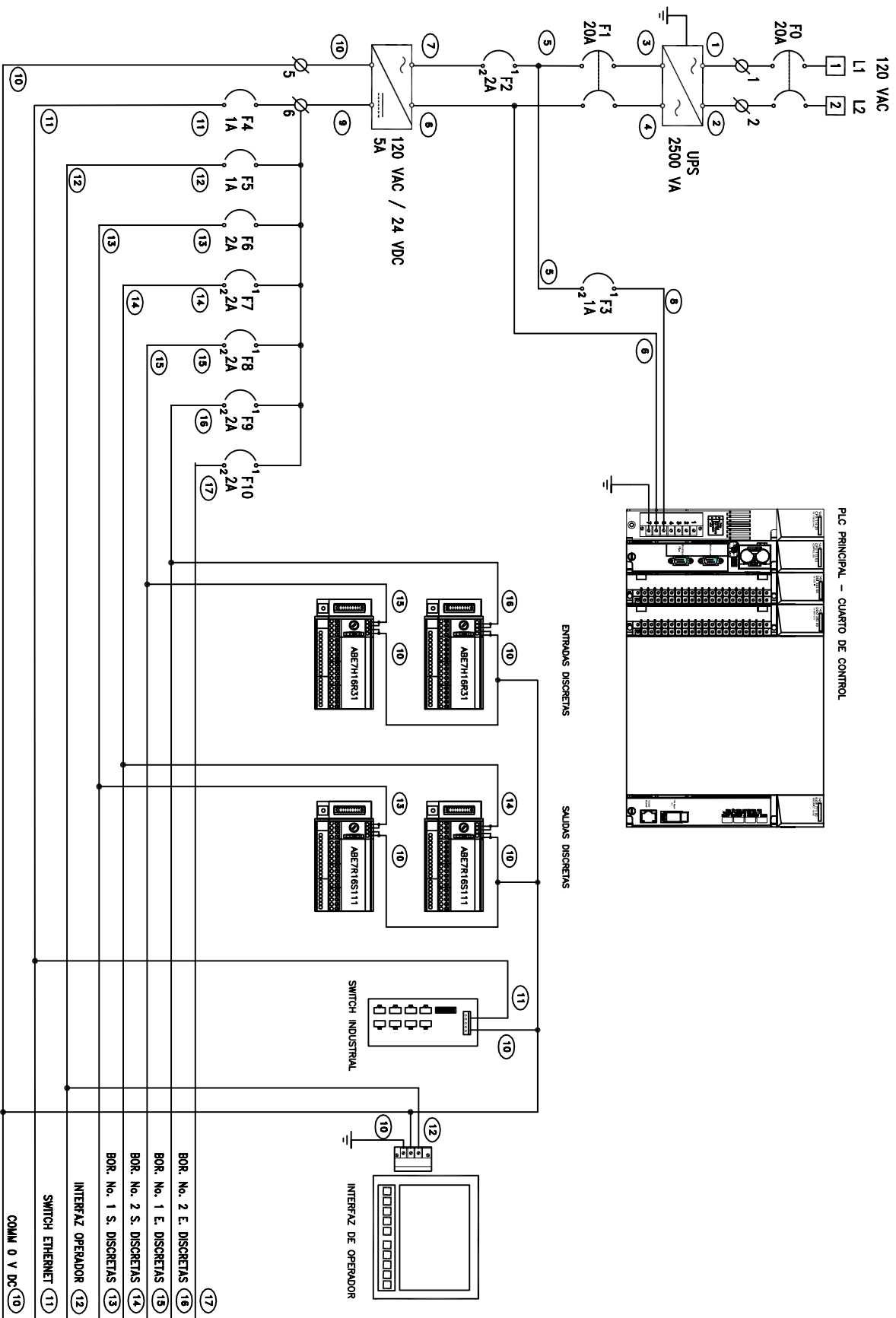
SLOT 1	140 CPU 434 12 CPU QUANTUM
SLOT 2	140 NOE 771 11 MODULO ETHERNET 172.10.141.40
SLOT 3	140 DDI 353 00 ENTRADA DISCRETA 24VDC 10001 - 100032
SLOT 4	140 DDO 353 00 SALIDAS DISCRETAS 24VDC 00001 - 00032
SLOT 5	SLOT DISPONIBLE
SLOT 6	SLOT DISPONIBLE
SLOT 7	SLOT DISPONIBLE
SLOT 8	SLOT DISPONIBLE
SLOT 9	SLOT DISPONIBLE
SLOT 10	140 CPS 114 20 FUENTE DE PODER



BORNEROS DE CONEXION TELEFAST

SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO:	FOC	CONTIENE:	CONFIGURACION PLC PRINCIPAL	CODIGO:	FSN_CRM_01	PLANO:	05 / 25
DIBUJADO:	FOC - JMC			HOLA:			
FECHA:	JUNIO 2008						



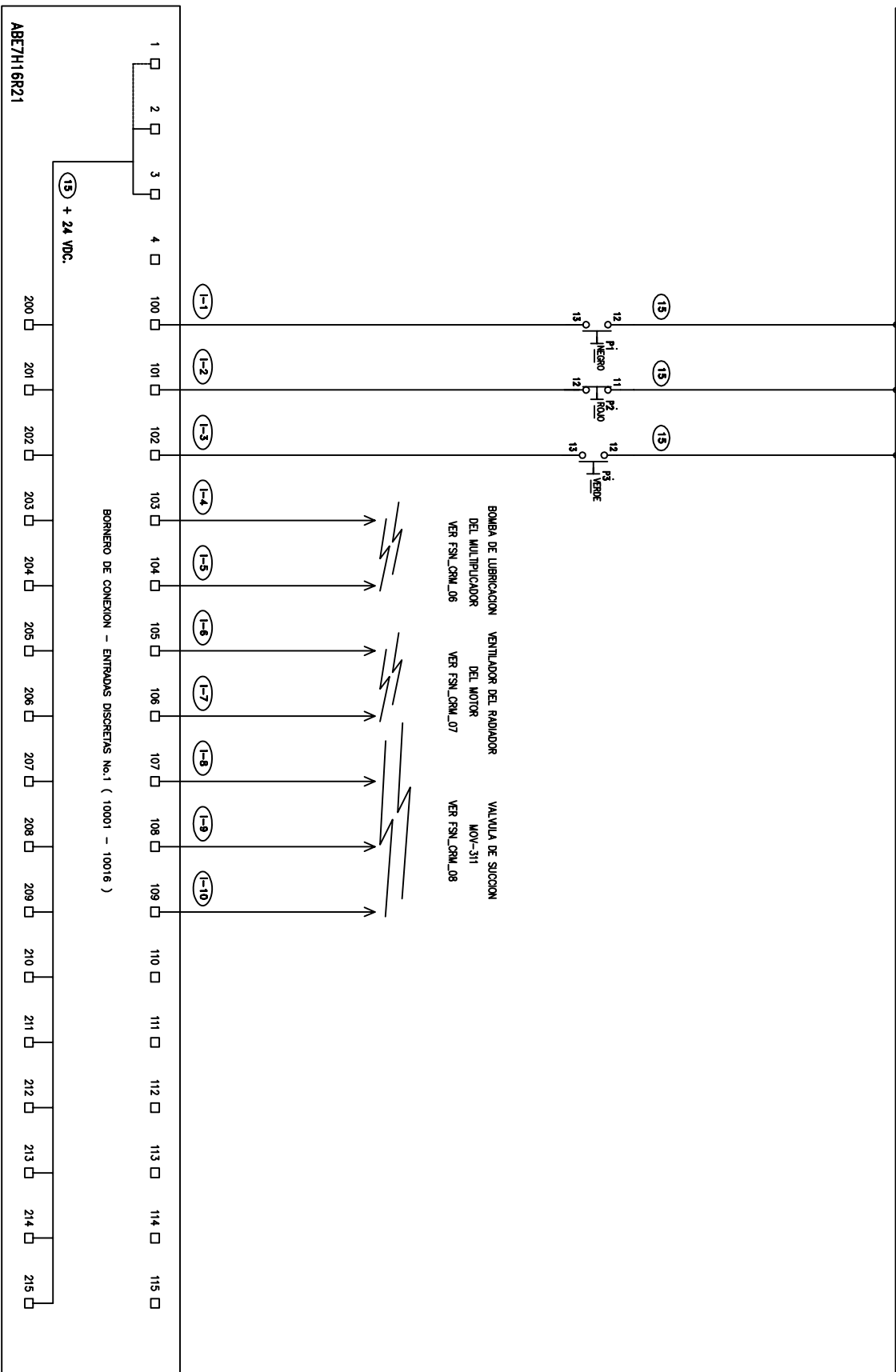
PLC PRINCIPAL - CUARTO DE CONTROL.

SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO:	FOC	CONTIENE:	DIAGRAMA DE FUERZA - ALIMENTACION	CODIGO:	FSN_GRL_02	PLANO:	06 / 25
DIBUJADO:	FOC - JMC		PLC PRINCIPAL	HOLA:			
FECHA:	JUNIO 2008						

(15) + 24 VDC.

+ 24 VDC. (15)



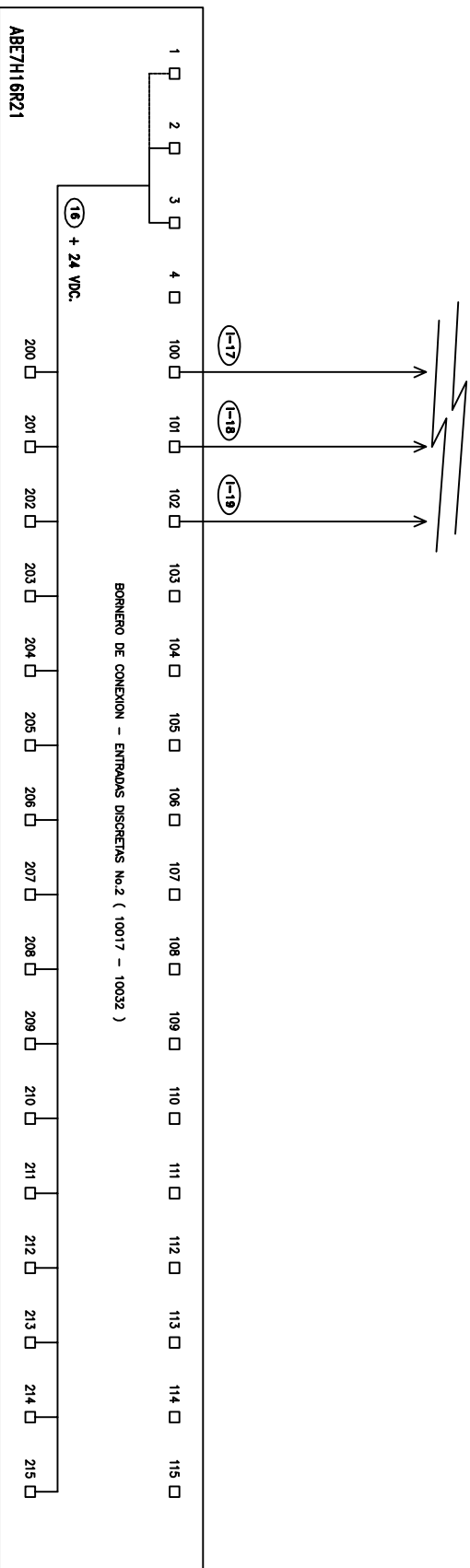
SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO:	FOC	CONTIENE:	DIAGRAMA DE ENTRADAS DISCRETAS	CODIGO:	FSN_CRM_03	PLANO:	07 / 25
DIBUJADO:	FOC - JMC		No. 1	HOLA:			
FECHA:	JUNIO 2006		PLC PRINCIPAL				

(18) + 24 VDC.

+ 24 VDC. (18)

VALVULA DE DESCARGA
MOV-312
VER FSNL_CRM.L09



SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO: FOC

DIBUJADO: FOC - JMC

CONTIENE:

DIAGRAMA DE ENTRADAS DISCRETAS

No. 2

PLC PRINCIPAL

codigo:

FSN_CRM.L04

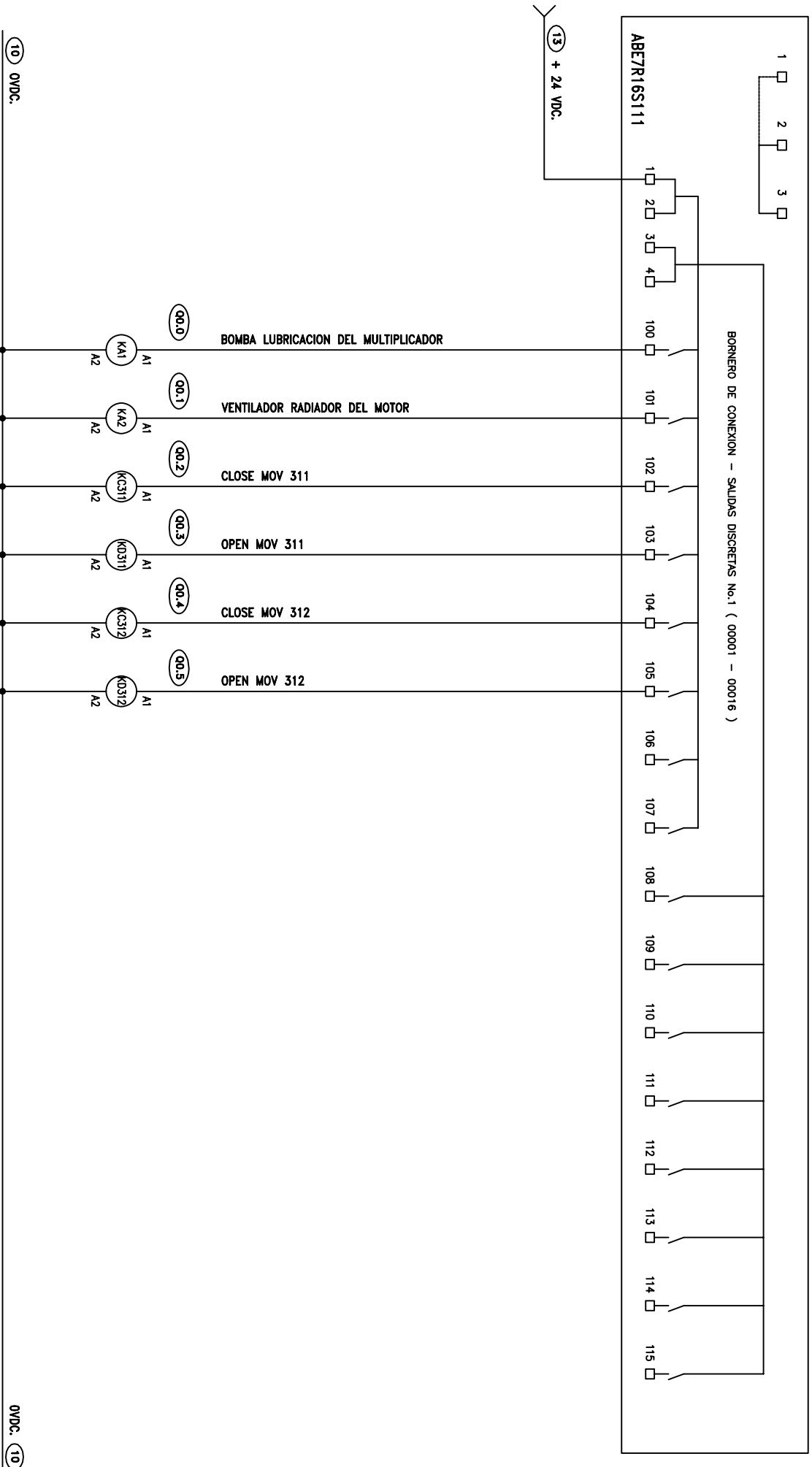
HOJA:

1 de 1

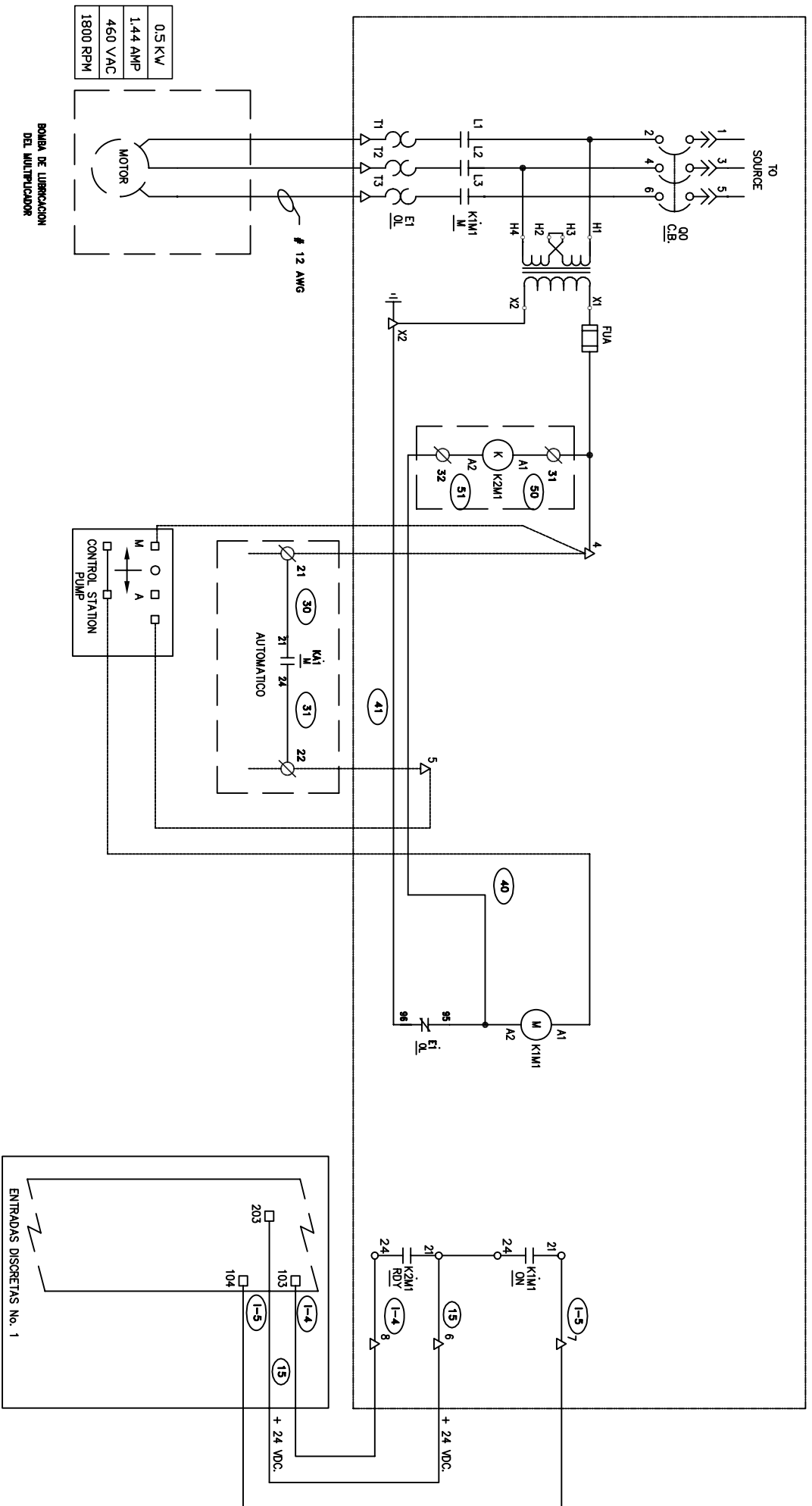
PLANO:

08 / 25

FECHA: JUNIO 2006



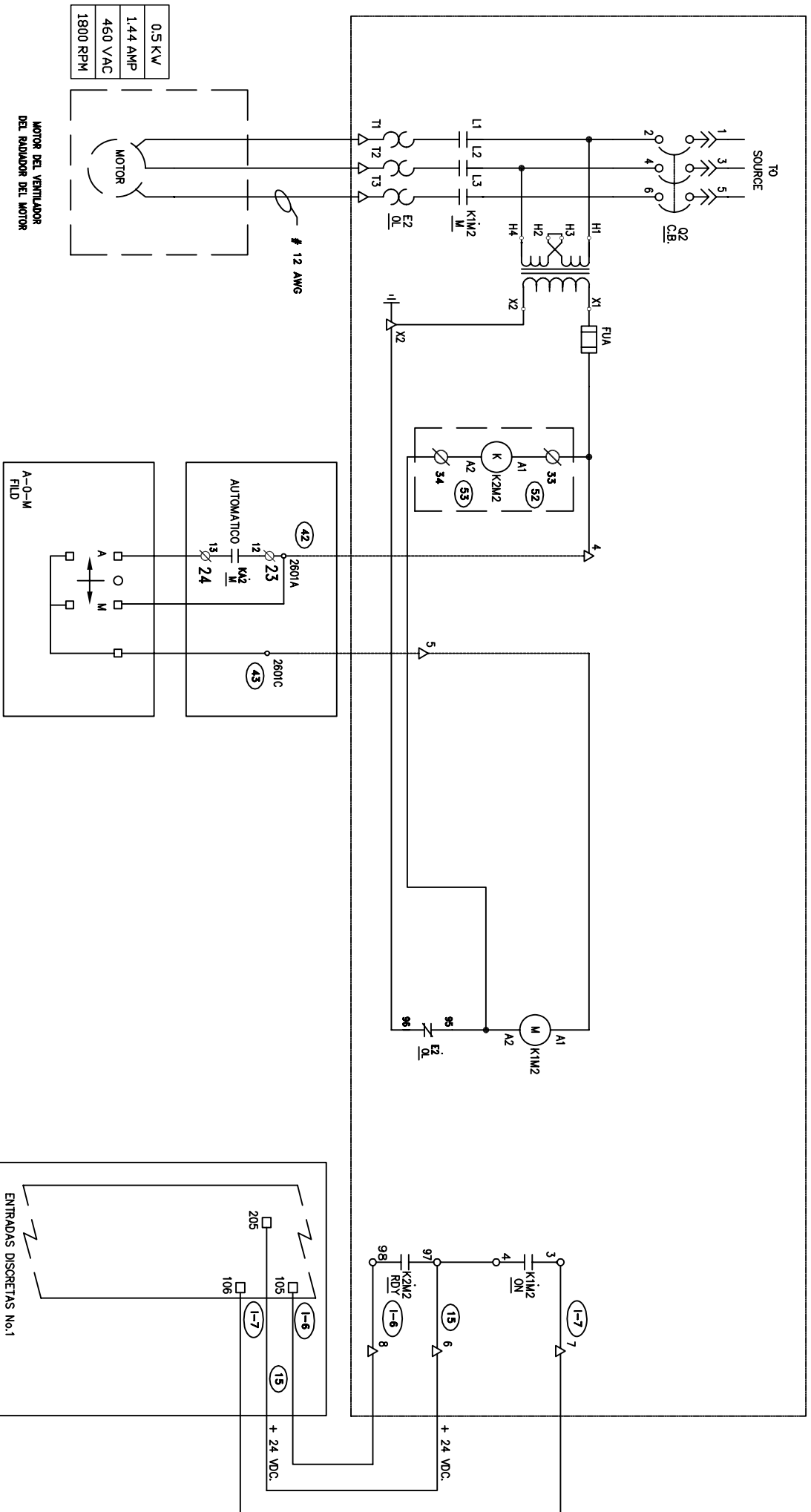
REVISADO: FOC DIBUJADO: FOC - JMC FECHA: JUNIO 2008		CONTIENE: SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301 ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL DIAGRAMA DE SALIDAS DISCRETAS No. 1 PLC PRINCIPAL		CODIGO: FSN_CRL_05 HOLA: 1 de 1	PLANO: 09 / 25
--	--	---	--	--	--------------------------



0.5 KW
1.44 AMP
450 VAC
1800 RPM

SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO:	FOC	CONTIENE:	DIAGRAMA DE FUERZA BOMBA DE LUBRICACION DEL MULTIPLICADOR	CODIGO:	FSN_CRL_06	PLANO:	10 / 25
DIBUJADO:	FOC - JMC			HOLA:			
FECHA:	JUNIO 2006						1 de 1



SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO: FOC

CONTIENE:

DIBUJADO: FOC - JMC

DIAGRAMA DE FUERZA
MOTOR DEL VENTILADOR DEL RADIADOR

CODIGO: FSN_CRL_07

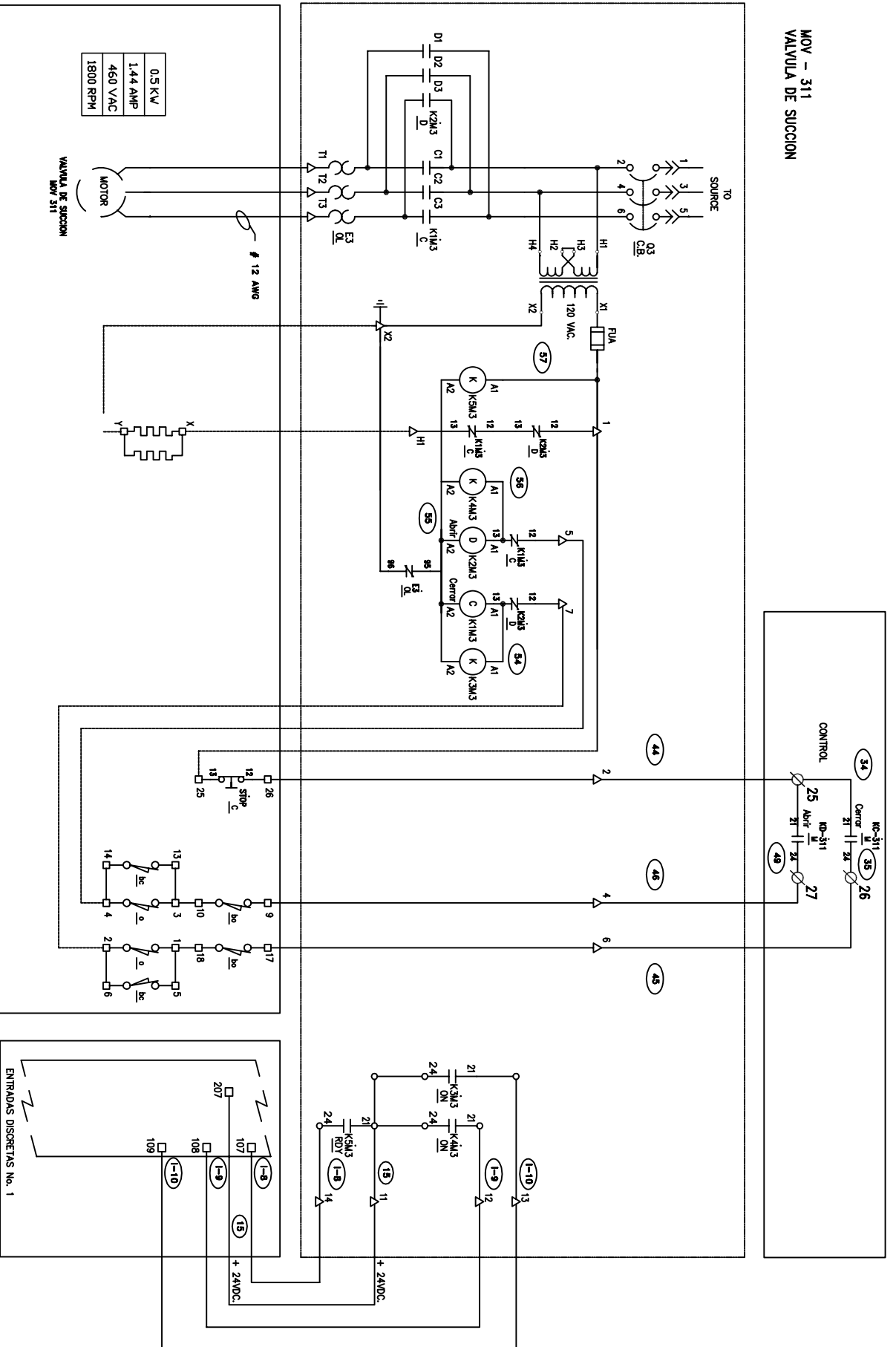
PLANO: 11 / 25

HOLA:

1 de 1

FECHA: JUNIO 2008

MOV - 311
VALVULA DE SUCCION



SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO: FOC

DIBUJADO: FOC - JMC

CONTIENE:

DIAGRAMA DE FUERZA
VALVULA DE SUCCION

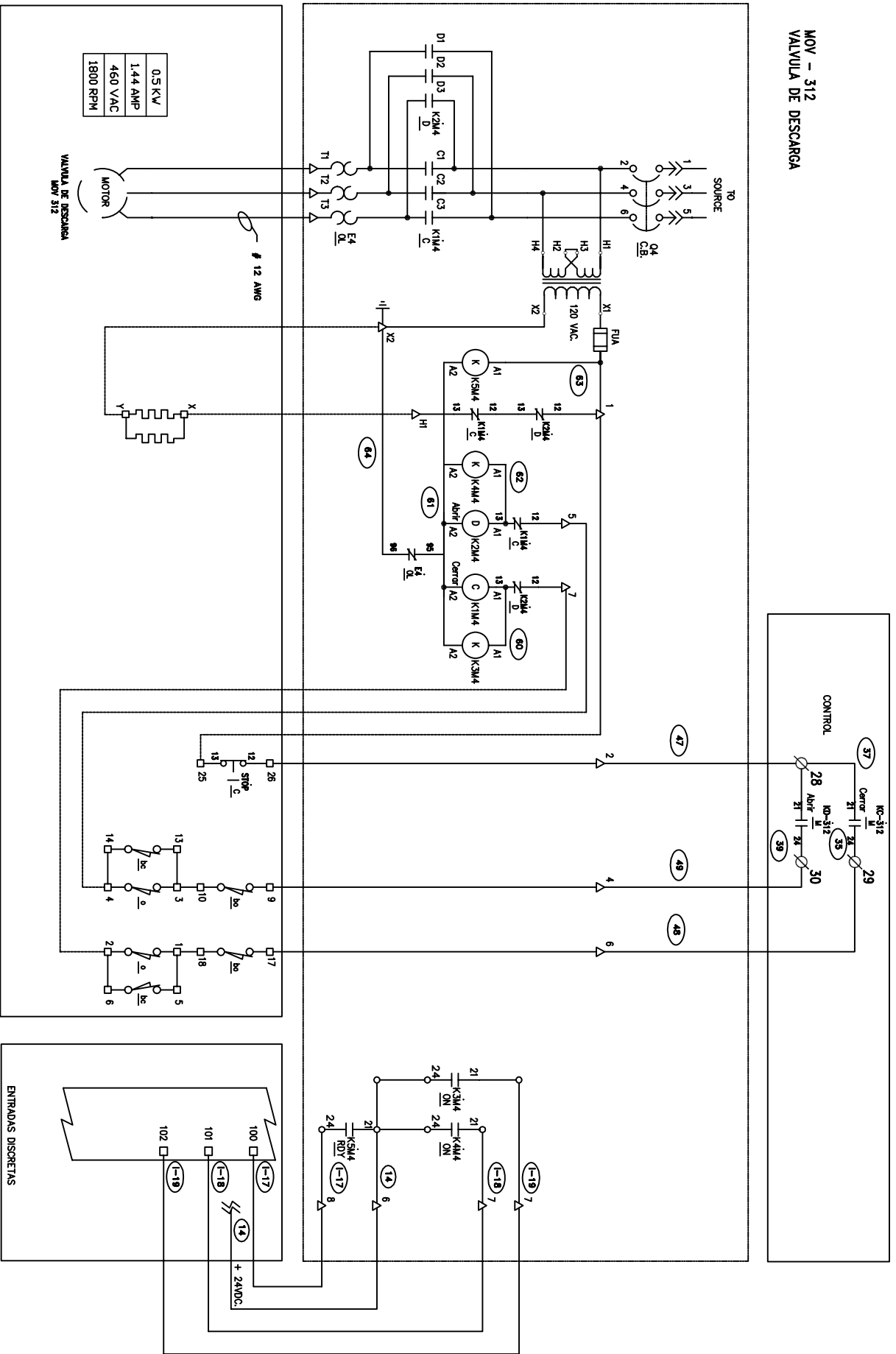
CODIGO: FSN_GRL_08

HOLA: 1 de 1

PLANO: 12 / 25

FECHA: JUNIO 2006

MOV - 312
VALVULA DE DESCARGA



SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO: FOC
DIBUJADO: FOC - JMC

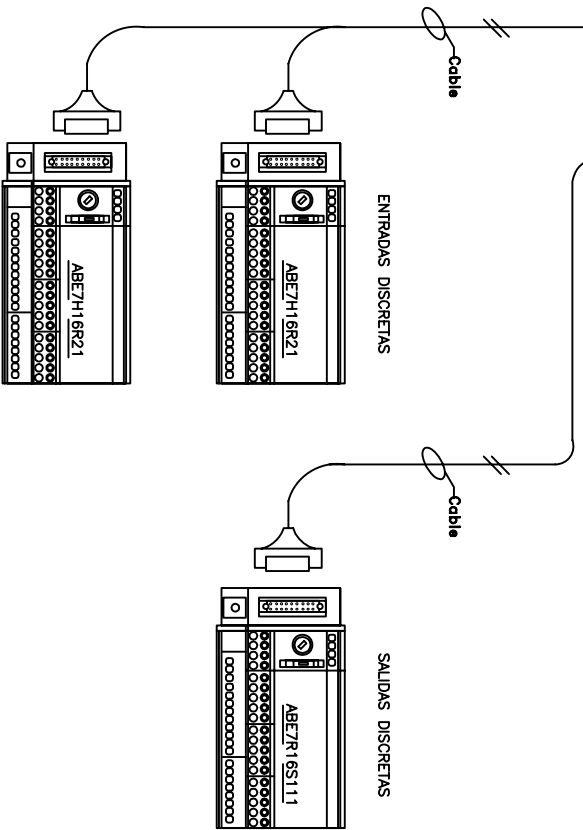
CONTIENE: DIAGRAMA DE FUERZA
VALVULA DE DESCARGA

CODIGO: FSN_CRL_09
HOJA: 13 / 25

FECHA: JUNIO 2006

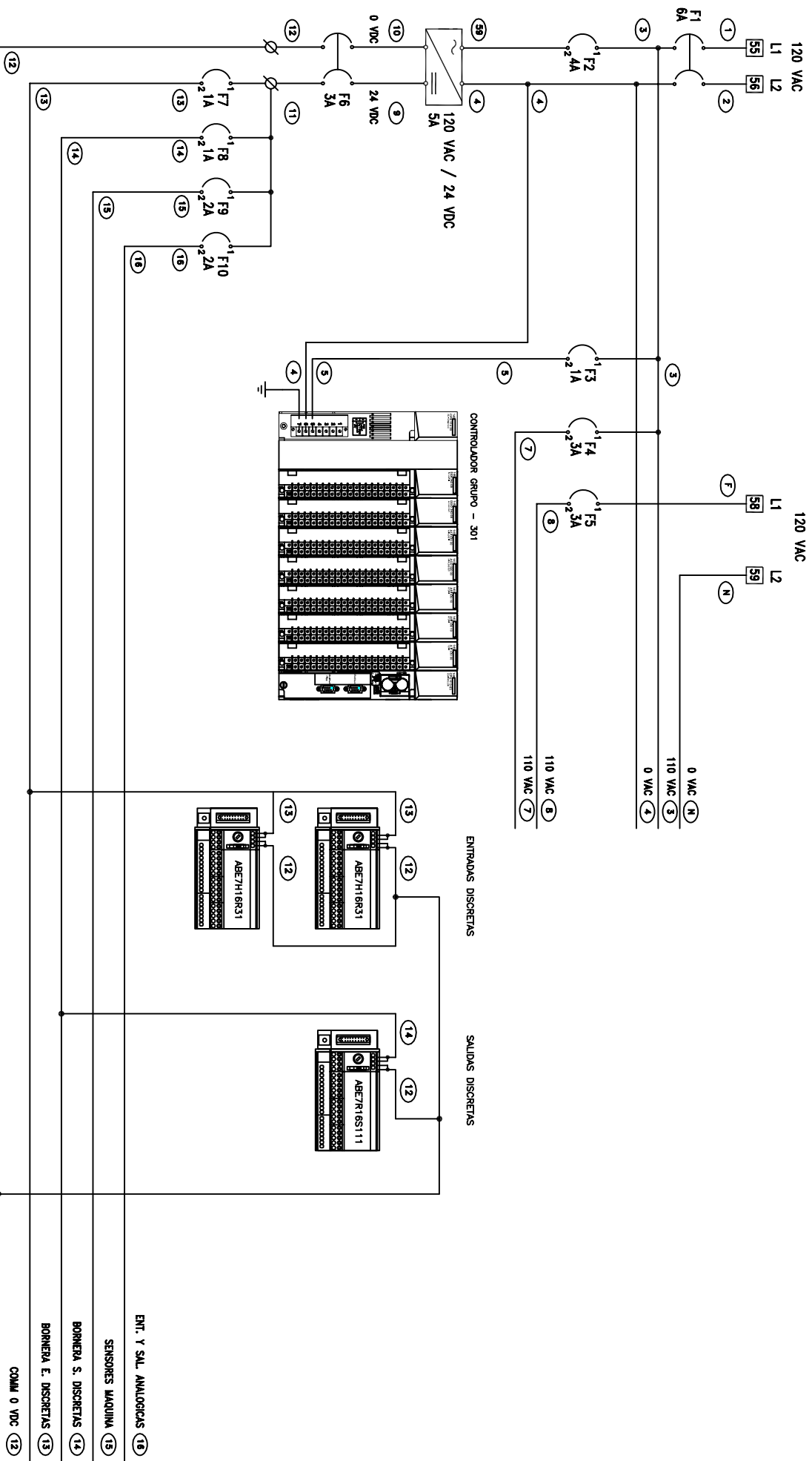
1 de 1

SLOT 1	140 CPU 113 03 CPU QUANTUM
SLOT 2	SLOT DISPONIBLE
SLOT 3	140 DDI 353 00 ENTRADA DISCRETA 24VDC 10001 - 100032
SLOT 4	140 DDO 353 00 SALIDAS DISCRETAS 24VDC 00001 - 00032
SLOT 5	140 ACI 030 00 ENTRADAS ANALOGAS 30001 - 30009
SLOT 6	140 ACO 020 00 SALIDAS ANALOGAS 40001 - 40004
SLOT 7	140 ARI 030 10 ENTRADAS ANALOGAS RTD 30010 - 30018
SLOT 8	140 ARI 030 10 ENTRADAS ANALOGAS RTD 30019 - 30027
SLOT 9	140 ATI 030 00 ENTRADAS ANALOGAS TC 30028 - 30037
SLOT 10	140 CPS 114 20 FUENTE DE PODER



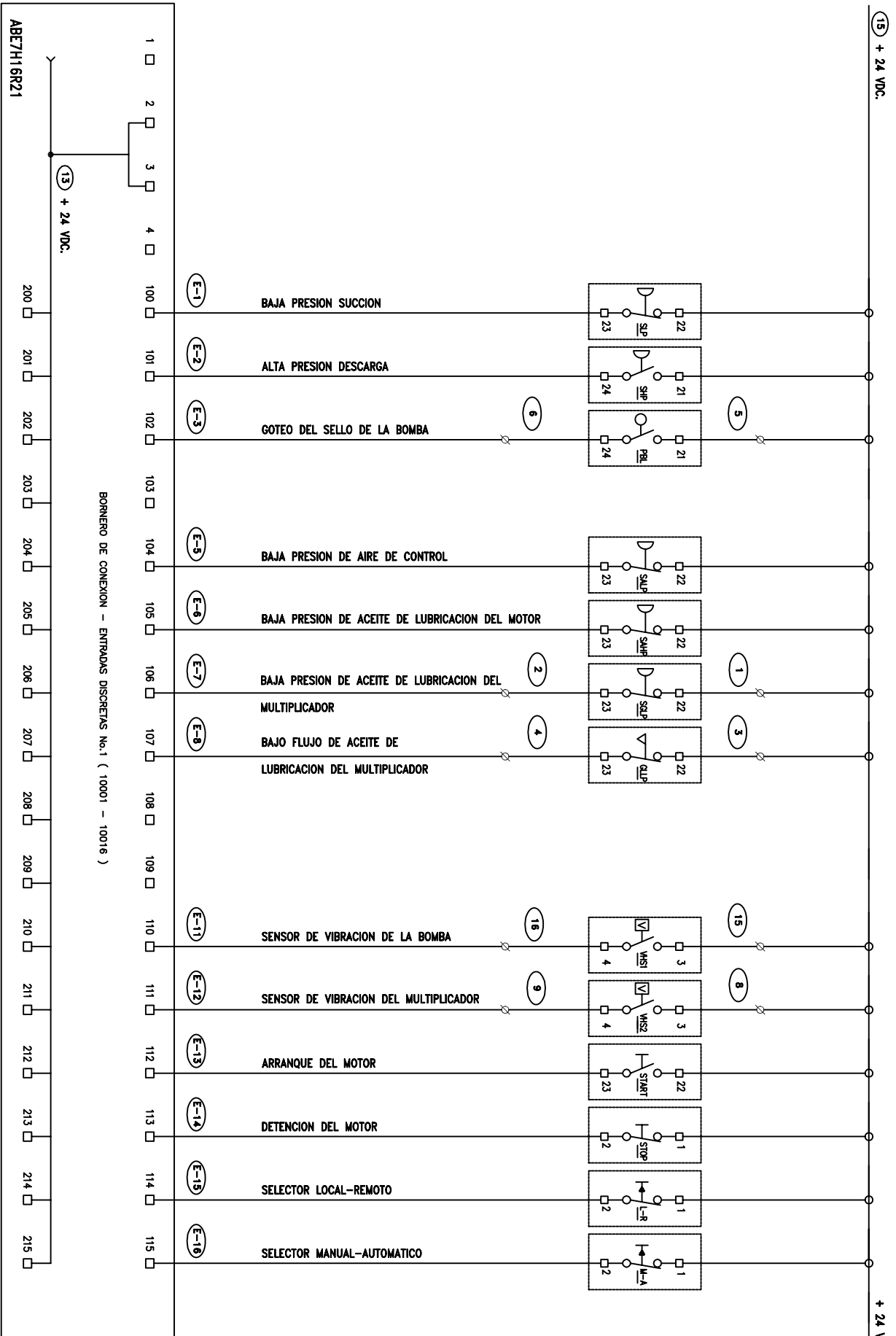
BORNEROS DE CONEXION TELEFAST

REVISADO: FOC DIBUJADO: FOC - J.MVC FECHA: JUNIO 2008		CONTIENE: SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301 ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL CONFIGURACION PLC GP-301		CODIGO: FSN_GP301_01 HOLIA: 1 de 1	PLANO: 14 / 25
--	--	--	--	---	--------------------------



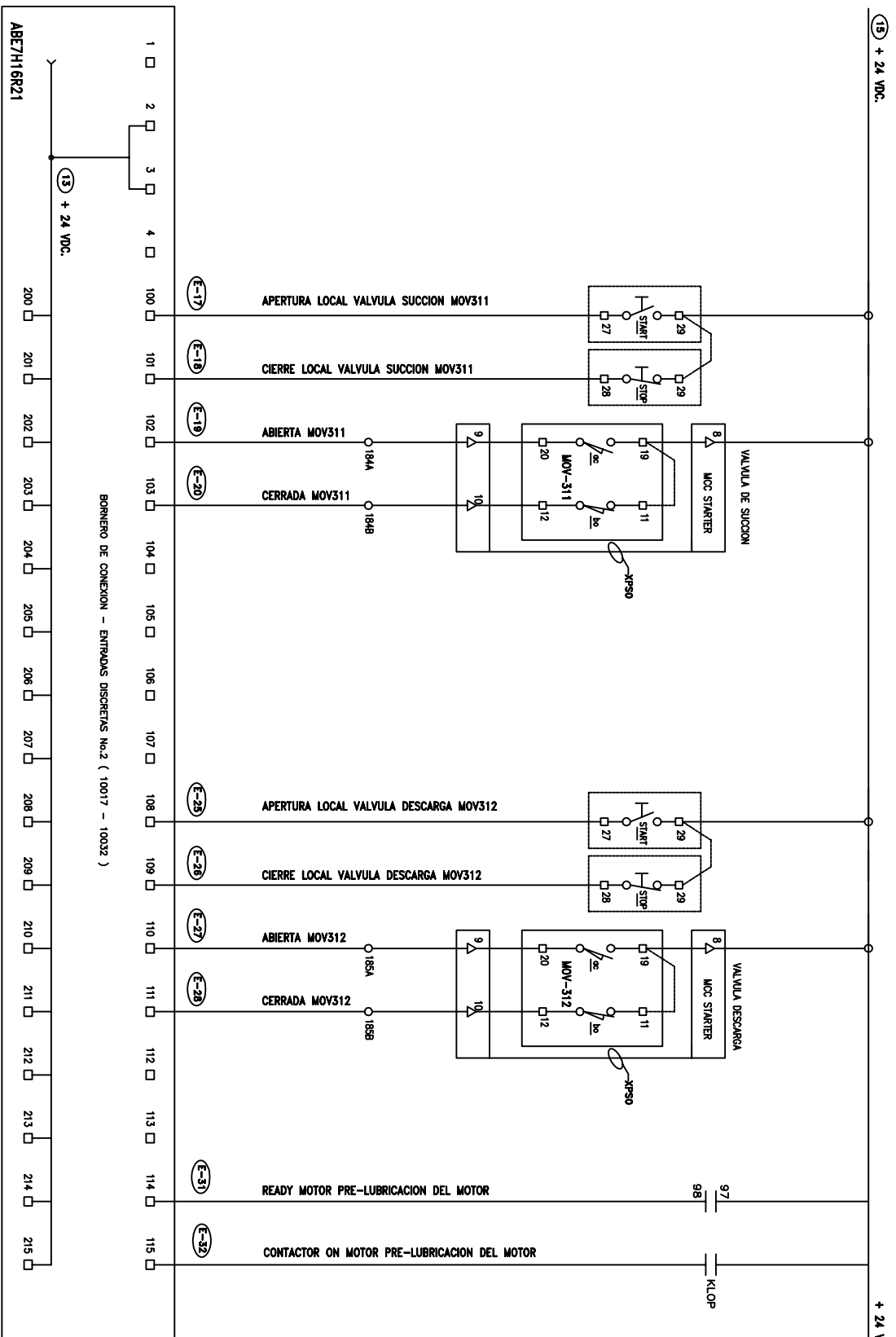
SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO:	FOC	CONTIENE:	DIAGRAMA DE FUERZA - ALIMENTACION	CODIGO:	FSM_GP301_02	PLANO:	15 / 25
DIBUJADO:	FOC - JMC		PLC GP-301	HOLA:			
FECHA:	JUNIO 2008						1 de 1



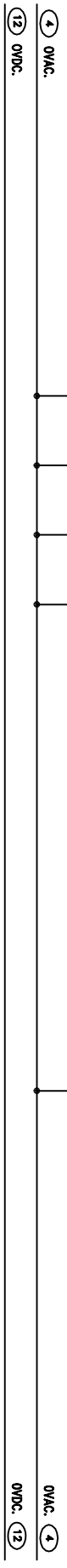
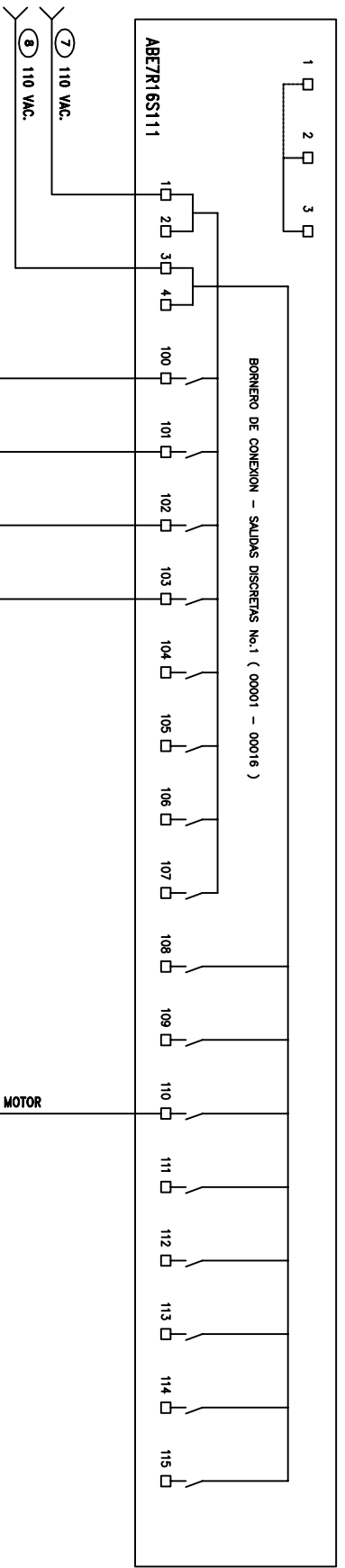
SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO:	FOC	CONTIENE:	CODIGO:
DIBUJADO:	FOC - JMC	DIAGRAMA DE ENTRADAS DISCRETAS	FSM-GP301-03
FECHA:	JUNIO 2006	No. 1	HOLA:
		PLC GP-301	1 de 1
			PLANO:
			16 / 25

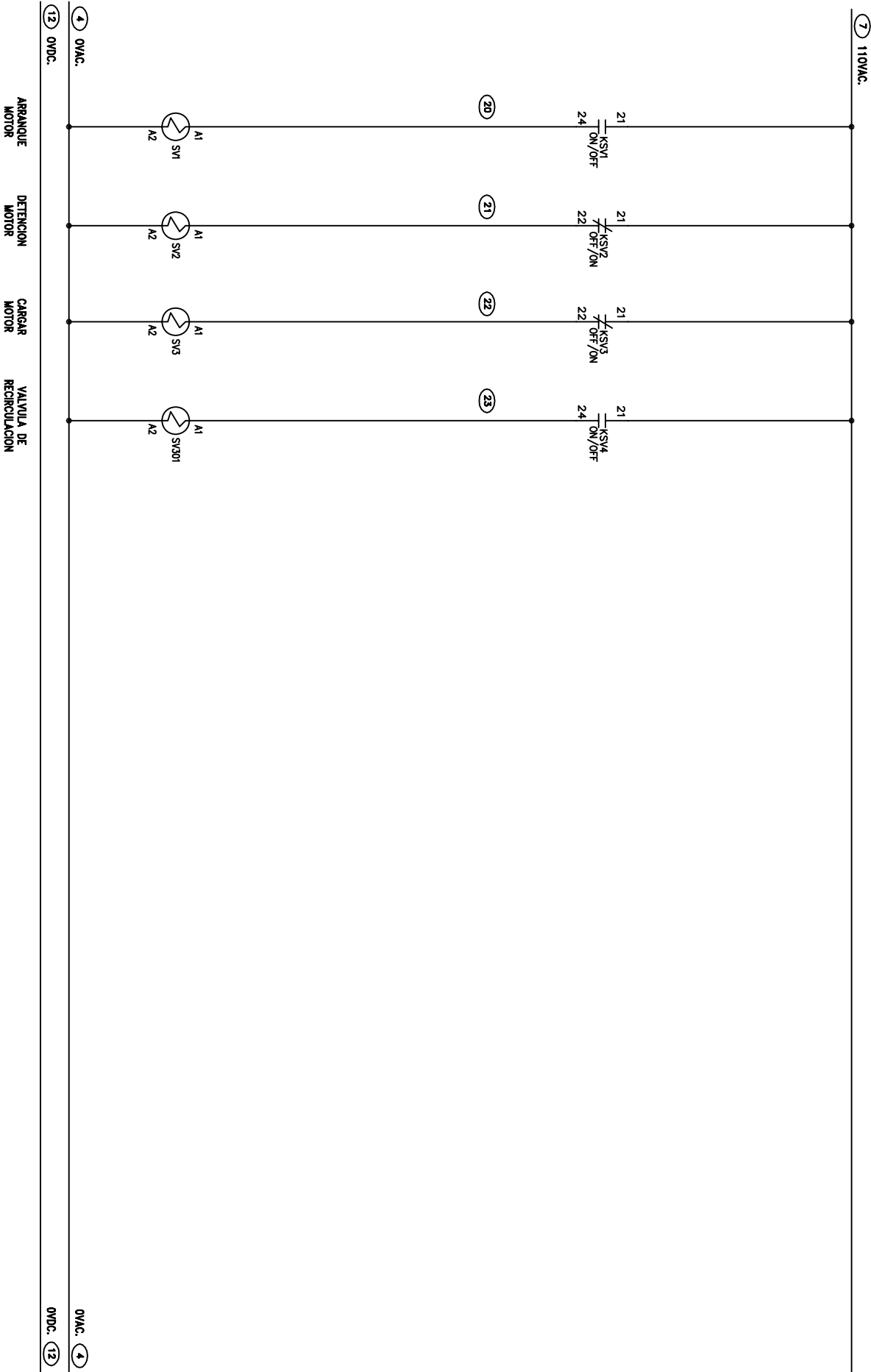


SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO:	FOC	CONTIENE:	DIAGRAMA DE ENTRADAS DISCRETAS
DIBUJADO:	FOC - JMC		No. 2
FECHA:	JUNIO 2006		PLC GP-301
CODIGO:	FSN_GP301_04	PLANO:	17 / 25
HOLA:			
	1 de 1		

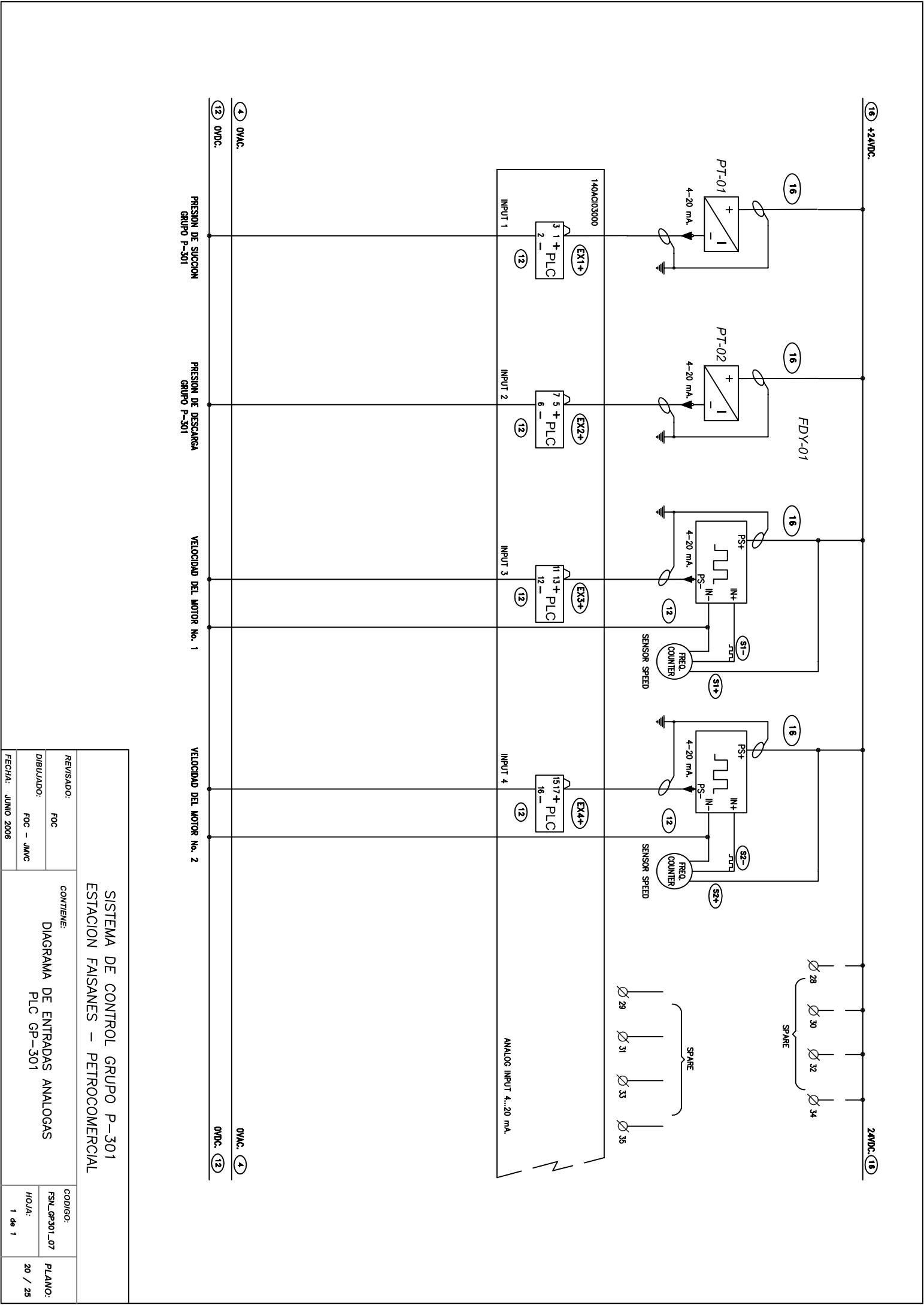


REVISADO: FOC DIBUJADO: FOC - J.M.V.C. FECHA: JUNIO 2008		CONTIENE: SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301 ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL DIAGRAMA DE SALIDAS DISCRETAS No. 1 PLC GP-301		CODIGO: FSN_GP301_05 HOLA: 1 de 1	PLANO: 18 / 25
---	--	--	--	--	--------------------------



7 110VAC.
4 0VAC.
12 0VDC.

SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301 ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL	
REVISADO: FOC DIBUJADO: FOC - JMC	CONTENIDO: DIAGRAMA DE FUERZA - RELES
CODIGO: FSN_GF301_08 HOJA: 1 de 1	PLANO: 19 / 25
FECHA: JUNIO 2008	



④ 0VAC.
⑫ 0VDC.

PRESION DE SUCCION
GRUPO P-501

VELOCIDAD DEL MOTOR No. 1

VELOCIDAD DEL MOTOR No. 2

0VAC. ④
0VDC. ⑫

SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

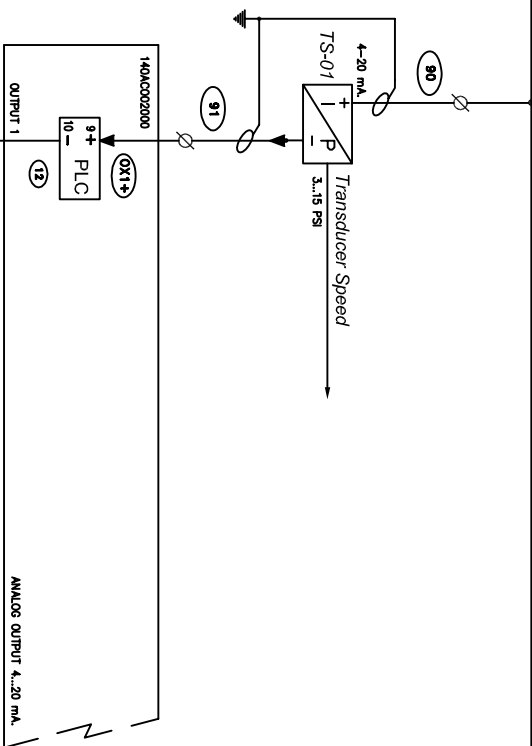
REVISADO: FOC
DIBUJADO: FOC - JMC
FECHA: JUNIO 2008

CONTIENE:
DIAGRAMA DE ENTRADAS ANALOGAS
PLC GP-301

CODIGO: FSN-GP301-07
HOJA: 20 / 25
PLANO:

(18) +24VDC.

24VDC. (18)



(4) OMAC.

OMAC. (4)

(12) 0VDC.

0VDC. (12)

VARIACION DE VELOCIDAD

SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO: FOC

CONTIENE:

DIBUJADO: FOC - JMC

DIAGRAMA DE SALIDAS ANALOGAS
PLC GP-301

CODIGO:
FSN_GP301_08

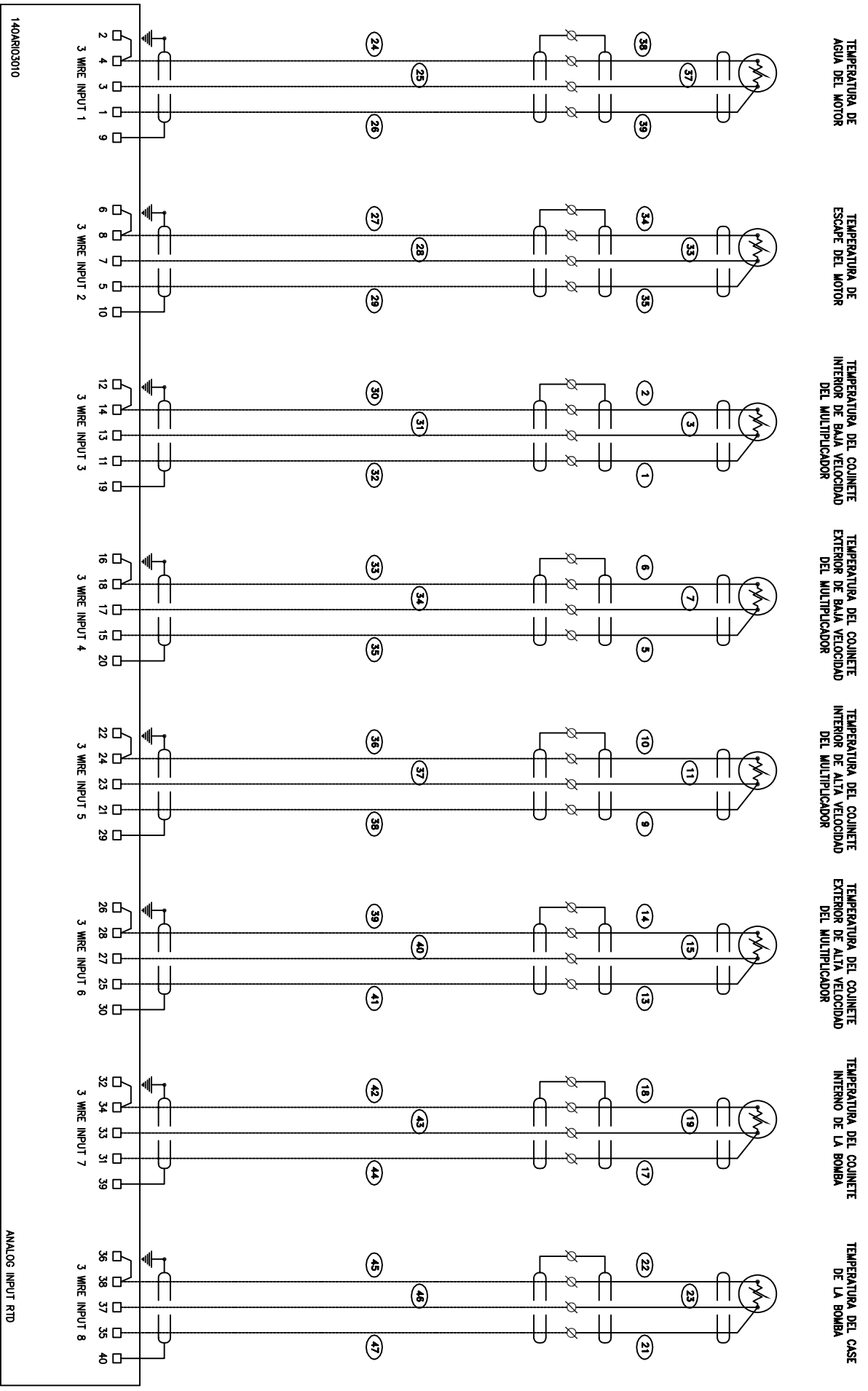
PLANO:

HOLA:

21 / 25

FECHA: JUNIO 2008

1 de 1



TEMPERATURA DE AGUA DEL MOTOR

TEMPERATURA DE ESCAPE DEL MOTOR

TEMPERATURA DEL COINTE INTERIOR DE BAJA VELOCIDAD DEL MULTIPLICADOR

TEMPERATURA DEL COINTE EXTERIOR DE BAJA VELOCIDAD DEL MULTIPLICADOR

TEMPERATURA DEL COINTE INTERIOR DE ALTA VELOCIDAD DEL MULTIPLICADOR

TEMPERATURA DEL COINTE EXTERIOR DE ALTA VELOCIDAD DEL MULTIPLICADOR

TEMPERATURA DEL COINTE INTERNO DE LA BOMBA

TEMPERATURA DEL CASE DE LA BOMBA

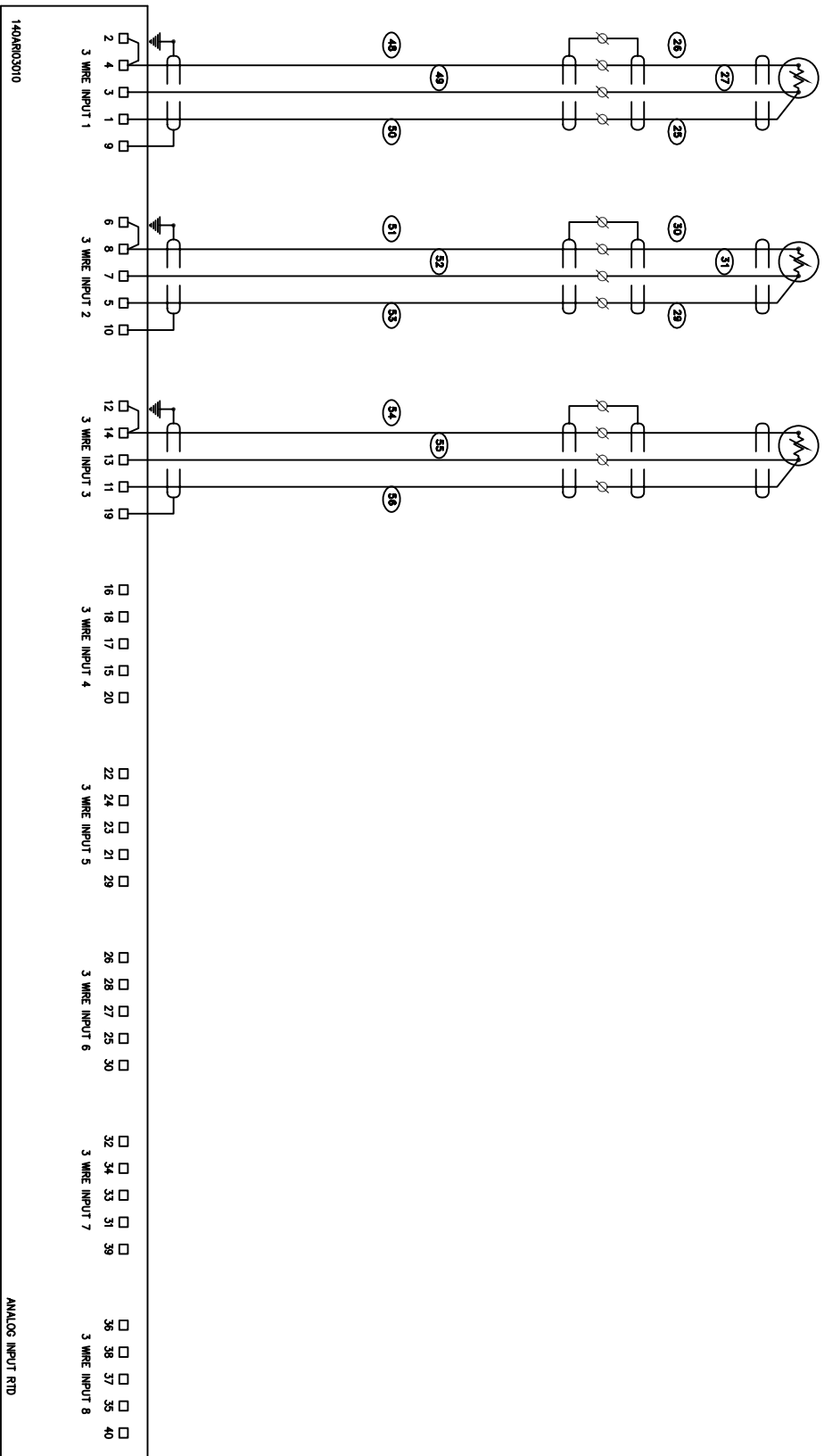
SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
 ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO:	FOC	CONTIENE:	DIAGRAMA DE ENTRADAS ANALOGAS RTD	CODIGO:	FSN_GP301_09
DIBUJADO:	FOC - JMC		No. 1	HOLA:	PLANO:
FECHA:	JUNIO 2006		PLC GP-301		22 / 25
					1 de 1

TEMPERATURA DEL COJINETE
EXTERNO DE LA BOMBA

TEMPERATURA DEL COJINETE
DE EMPUJE DE LA BOMBA

TEMPERATURA DE ACEITE
DEL MOTOR



SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO: FOC

DIBUJADO: FOC - JMC

CONTIENE:

DIAGRAMA DE ENTRADAS ANALOGAS RTD

No. 2

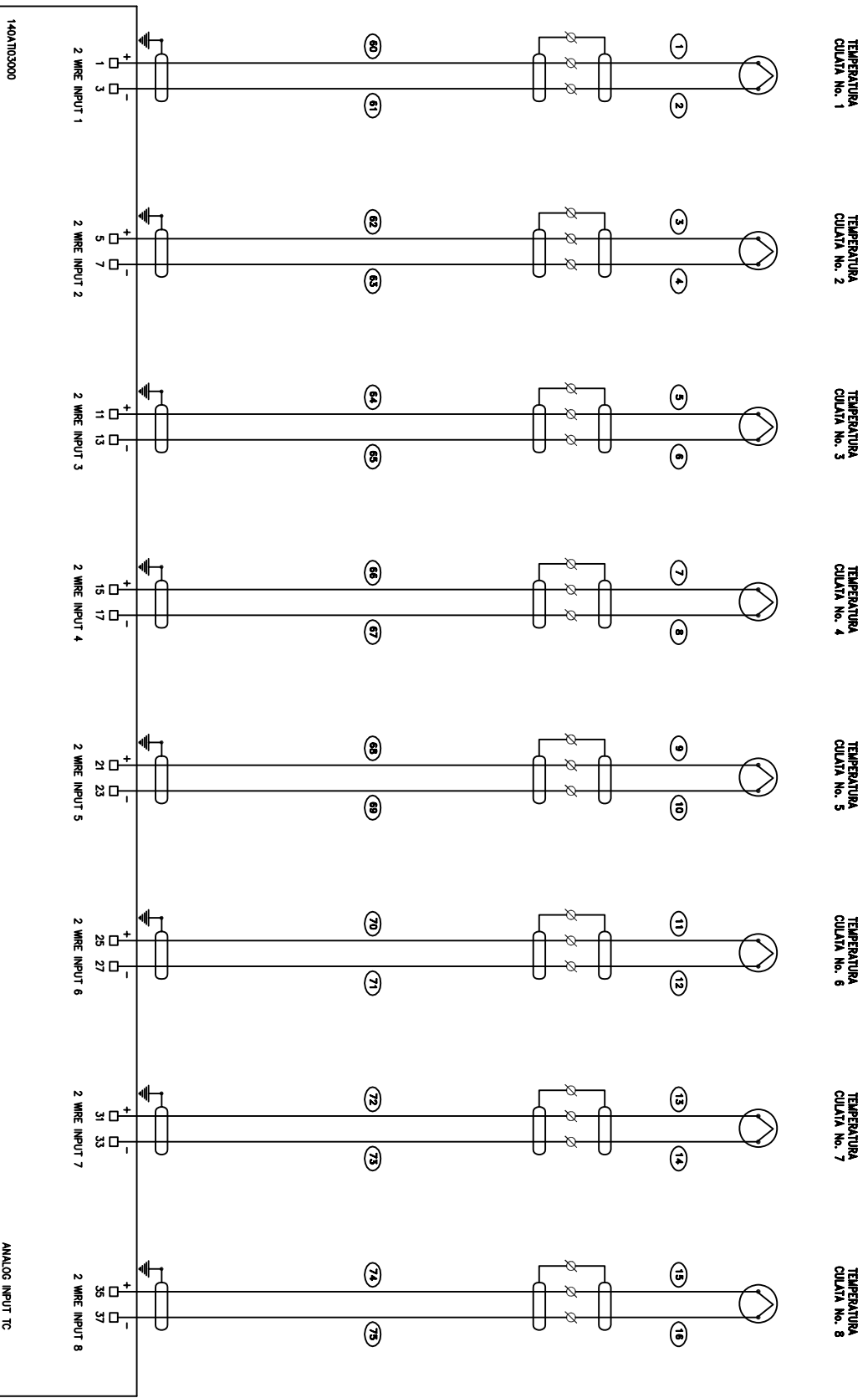
PLC GP-301

CODIGO: FSN-GP301-10

HOLA: 1 de 1

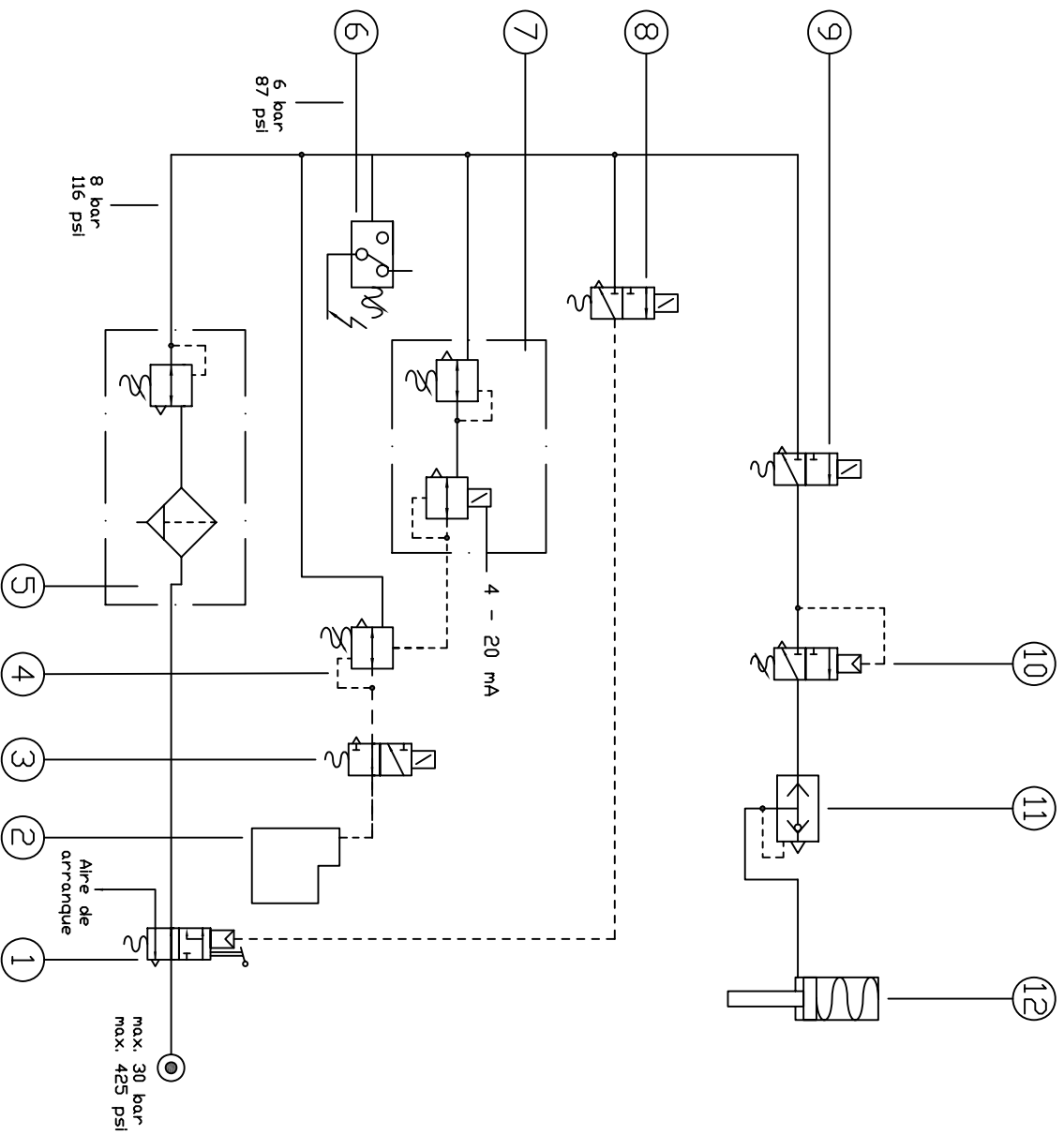
PLANO: 23 / 25

FECHA: JUNIO 2008



SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO:	FOC	CONTIENE:	DIAGRAMA DE ENTRADAS ANALOGAS TC	CODIGO:	FSM_GP301-11	PLANO:	24 / 25
DIBUJADO:	FOC - JMC		PLC GP-301	HOLA:			
FECHA:	JUNIO 2006						1 de 1



ITEM	DESCRIPCION
1	Válvula principal de arranque del sistema
2	Regulador
3	Válvula de carga
4	Relé amplificador
5	Estación reguladora de presión
6	Interruptor de presión
7	Transductor Corriente - presión (variación de velocidad)
8	Válvula de arranque de motor
9	Válvula de parada
10	Válvula de tres pasos
11	Válvula de ventilación rápida
12	Piston de presión

SISTEMA DE CONTROL GRUPO P-301
ESTACION FAISANES - PETROCOMERCIAL

REVISADO: FOC
DIBUJADO: FOC - JMC

CONTIENE: DIAGRAMA NEUMATICO GRUPO P-301

CODIGO: FSN-GP301-12
HOJA: 1 de 1
PLANO: 25 / 25

FECHA: JUNIO 2008

ANEXO IV

MANUAL DE USUARIO

ESTACION FAISANES



Manual de Usuario



ACERCA DE ESTE DOCUMENTO

El presente documento proporciona la descripción, el procedimiento de operación y el funcionamiento del nuevo sistema de control del grupo de bombeo P - 301 de la Estación de Bombeo Faisanes - Petrocomercial. Este documento incluye además la descripción y funcionamiento del nuevo sistema de monitoreo SCADA implementada al igual que los correspondientes planos del nuevo sistema de cableado.



INTRODUCCIÓN

La implementación de un sistema de control moderno en la estación se hace imperioso por la necesidad de una mayor eficiencia y flexibilidad en del proceso de bombeo de combustibles. La eficiencia de la estación se ve comprometida por la antigüedad de los equipos instalados, donde, la mayoría de estos no cuentan con repuestos y su reparación implica costos sumamente elevados.

La actual lógica de control electromecánica cuenta con una gran cantidad de cables, lo cual, hace que el sistema sea vulnerable a una serie de inconvenientes eléctricos y/o mecánicos; esta cantidad de cables provoca que la solución a cualquier problema se demore debido a la dificultad de encontrar la causa y realizar el cambio. Además, en la actualidad la estación no cuenta con un sistema capaz de llevar un registro de eventos, lo que hace difícil ubicar las causas de los fallos de operación de la estación.

En referencia de los problemas observados en la estación de bombeo, se ha contemplado la necesidad de cambiar la lógica de control, lo cual implica colocar equipos de altas prestaciones combinando una serie de tecnologías de última generación, rediseñar el sistema de cableado, con el fin de asegurar una operación correcta y segura. Este cambio incluye además un sistema de registro de eventos y la posibilidad de tener una visualización en tiempo real del proceso tanto local como remotamente, lo que ayuda a la tomar decisiones apropiadas en momentos de inconvenientes.

De lo expuesto previamente se define el objetivo principal de la automatización, el cual es:

Diseñar e implementar el sistema de control automático para el grupo de bombeo P-301 de la estación Faisanes - Petrocomercial

Mientras que como objetivos específicos se tiene:

- Diseñar un sistema de control que satisfaga las condiciones de operación actuales y que permita un funcionamiento óptimo del grupo de bombeo de la estación Faisanes.
- Seleccionar los componentes adecuados para el correcto desenvolvimiento del grupo de bombeo.
- Desarrollar la lógica de control en los diferentes PLCs, así como el software HMI-SCADA.
- Simular la operación del grupo de bombeo con el nuevo sistema de control y con el software HMI-SCADA.
- Implementar el sistema de control automático y el software HMI-SCADA en el grupo de bombeo de la Estación Faisanes.



-
- Realizar las pruebas correspondientes de todos los sistemas, de forma independiente así como en conjunto.
 - Documentar toda la información del proceso.



ANTECEDENTES

La estación Faisanes es una estación de bombeo que compone el sistema de oleoducto Esmeraldas-Quito, se encuentra ubicada aproximadamente a 1.320 metros sobre el nivel del mar y a 90 Km. de la ciudad de Quito. El sistema de oleoducto Esmeraldas-Quito comprende cuatro estación de bombeo localizadas en Esmeraldas, Santo Domingo, Faisanes y Corazón y dos estaciones terminales, localizadas en la Estación de Santo Domingo y en el Beaterio (Quito). El oleoducto, con una longitud total de aproximadamente 250 Km., se origina en el punto próximo a la refinería de Esmeraldas y termina en la terminal el Beaterio localizada al sur de Quito. La estación Faisanes tiene grupos de bombeo para la línea principal, tuberías auxiliares, válvulas, edificio de control y sistemas auxiliares.

Entre los principales sistemas auxiliares con los que consta la estación se tienen:

- **Sistema de detección de interfase.** Sistema que permite detectar que líquido se transporta por el oleoducto.
- **Sistema de Alivio.** Es el sistema encargado de proteger a la estación de todas las sobre presiones que ocurran. Este sistema consta de las siguiente válvulas:
 - Tres válvulas de alivio de sobre presión de entrada
 - Tres válvulas de desfogue de presión de salida
 - Válvulas de retención sobre el oleoducto principal entra las líneas de succión y descarga.
- **Sistema de Combustible.** Es el encargado de proporcionar el diesel a los grupos de bombeo.
- **Sistema de distribución de energía.** Es el sistema que se encarga de abastecer de energía a la estación.
- **Sistema de protección catódica.** Este sistema esta diseñado para proteger toda la tubería enterrada de la estación así como los tanques.

La estación cuenta con tres grupos de bombeo impulsados a diesel para la línea principal los cuales están formadas por dos primarios y uno de repuesto alineados para operaciones en serie, etiquetados P - 301, P - 302 y P - 303 respectivamente. La operación de la estación Faisanes esta diseñada para utilizar dos grupos de bombeo simultáneamente. Pero, si fuera necesario, los tres grupos pueden ser operados simultáneamente.

Cada grupo tiene una válvula de compuerta accionada a motor sobre la línea de succión y una válvula motorizada de compuerta sobre la línea de descarga. Los grupos P-302 y P-303 también tienen una válvula de retención sobre la línea de descarga.



Estos grupos cuentan con una bomba Guinard de 5 etapas, Modelo DVMX 4*6*10C con una capacidad de diseño de 1710 GPM (388 m³/h) a una presión de descarga de 1777 PSI. Estas bombas son del tipo de cámara dual con conexiones de descarga de 4 y 6 pulgadas ANSI 900. Los cojinetes de un lado son del tipo encamisado sobre los del otro de empuje de bola. Requieren de lubricación forzada. Los acoplamientos son de tipo engranaje con separadores. Los sellos mecánicos son del tipo de resorte múltiple Flexiblok RRNCB 90 SB BSTML. Cada una de ellas cuenta con dos conmutadores de vibración RobertShaw modelo 365-A7.

Cada bomba esta activada por un motor a diesel de la Mtoeren-Werke Mannheim (MWM) Modelo TBD 440-8K. La bomba y el motor de diesel esta conectados a través de una caja de velocidad (multiplicador). Este motor diesel de 8 cilindros en línea es turbo cargado y esta calibrado para rendir 1200 HP a 900 RPM a una altura de 1.400 m. y a 18 °C de temperatura.

La circulación forzada de aceite de lubricación y el enfriamiento de los pistones se consigue por medio de una bomba de engranaje dual. También esta dotada de una bomba de pre-lubricación accionada por un motor eléctrico de 1.5 HP. Además cuenta con un motor de 20 HP que mueve el ventilador.

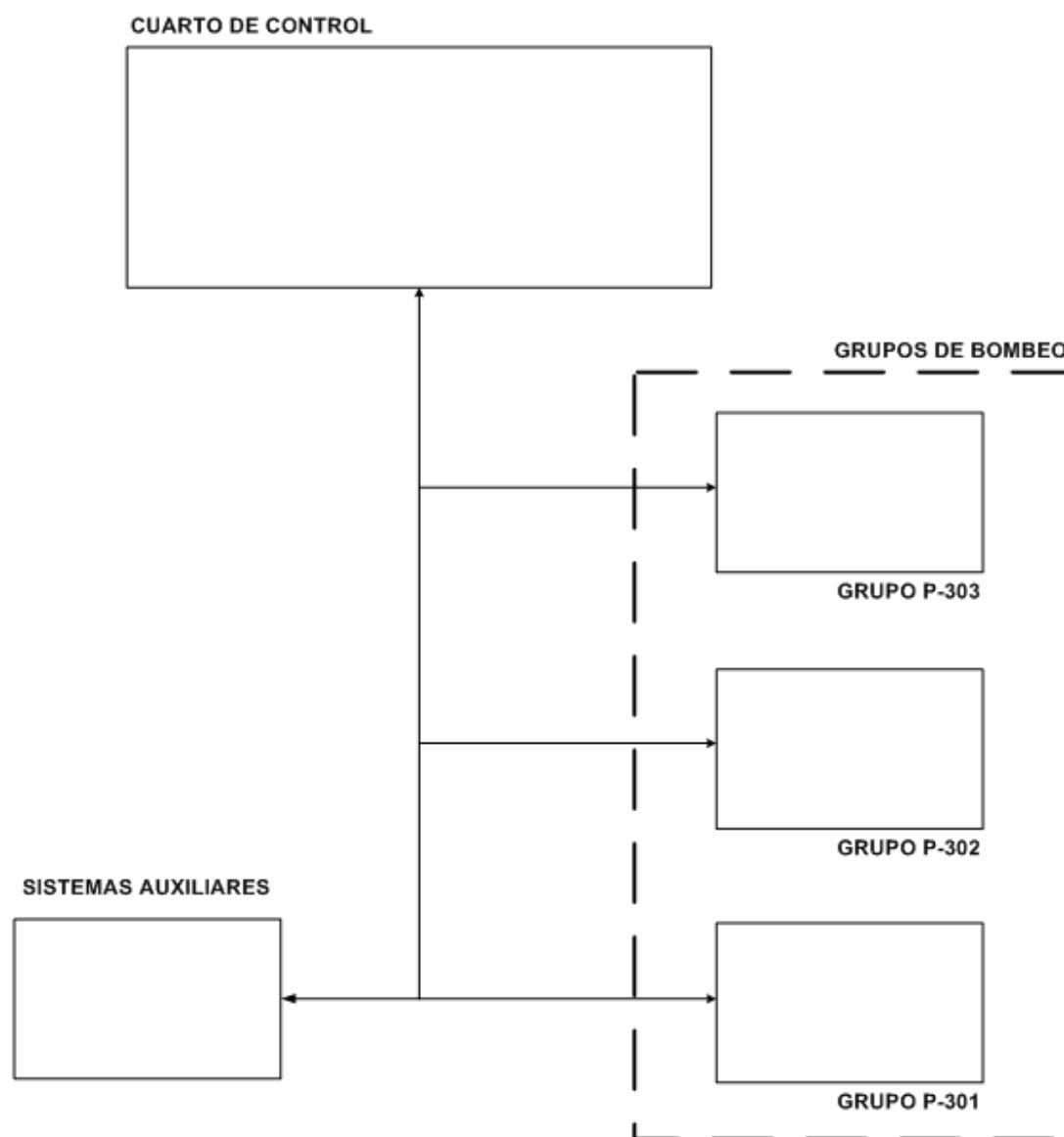
El aceite que lubrica el multiplicador circula gracias a una bomba activada por un motor eléctrico de 3 HP y es enfriado por el combustible diesel entrante mediante una carcasa y un tubo intercambiador. El combustible pasa a través del lado del tubo y el aceite lubricante a través de la carcasa.

Los motores diesel son arrancados con aire comprimido. El sistema de arrancado por aire consiste de dos motores eléctricos de 15 HP que impulsan los compresores WP 100 tipo L y dos botellones de almacenamiento de aire comprimido montados sobre estantes. Cada compresor es de dos cilindros y dos etapas. La presión de operación máxima es de 427 PSI.

La estación Faisanes se encuentra conformada por dos partes principales, las cuales son el cuarto de control y los grupos de bombeo.

Dentro del cuarto de control se encuentran elementos como controladores de motores auxiliares de los grupos, controladores de válvulas motorizadas, controladores de algunos sistemas auxiliares y el tablero de control original.

En la parte de los grupos de bombeo, se encuentran los tres grupos de bombeo con sus correspondientes elementos de control.



De acuerdo a la división de la estación Faisanes se procede a enumerar las señales del proceso en sus respectivos sitios.

Para el grupo P - 301, en cada parte de la estación antes mencionadas existen diferentes señales de entrada y salida, las cuales son:



CUARTO DE CONTROL

Señales de entrada

Discretas

READY del motor de la bomba del multiplicador del grupo P-301
CONTACTOR ON del motor de la bomba del multiplicador del grupo P-301
READY del motor del ventilador del radiador del grupo P-301
CONTACTOR ON del motor del ventilador del radiador del grupo P-301
READY del motor de la válvula de succión del grupo P-301
CONTACTOR ON del motor de la válvula de succión del grupo P-301 para abertura
CONTACTOR ON del motor de la válvula de succión del grupo P-301 para cierre
READY del motor de la válvula de descarga del grupo P-301
CONTACTOR ON del motor de la válvula de descarga del grupo P-301 para abertura
CONTACTOR ON del motor de la válvula de descarga del grupo P-301 para cierre
Parada de emergencia de la estación
Reconocimiento de alarmas para el grupo P-301
Reseteo de alarmas para el grupo P-301

Donde READY es el estado en el cual un motor se encuentra listo para arrancar y CONTACTOR ON es el estado en el cual el contacto para que funcione un motor se encuentra pegado, por lo tanto el motor se encuentra funcionando.

Señales de salida

Discretas

Arranque del motor de la bomba de lubricación del multiplicador del grupo P - 301
Arranque del motor del ventilador del radiador del grupo P-301
Arranque del motor de la válvula de succión del grupo P-301 para abertura
Arranque del motor de la válvula de succión del grupo P-301 para cierre
Arranque del motor de la válvula de descarga del grupo P-301 para abertura
Arranque del motor de la válvula de descarga del grupo P-301 para cierre
Señal para sirena de la estación



GRUPO P - 301

Señales de entradas

Discretas

Sensor de presión para baja presión de succión del grupo P-301
Sensor de presión para alta presión de descarga del grupo P-301
Sensor para goteo del sello de la bomba del grupo P-301
Sensor de presión para baja presión de aire de control del grupo P-301
Sensor de presión para baja presión de aceite de lubricación del motor del grupo P-301
Sensor de presión para baja presión de aceite de lubricación del multiplicador del grupo P-301
Sensor de flujo para bajo flujo de aceite de lubricación del multiplicador del grupo P-301
Sensor de vibración para la bomba del grupo P-301
Sensor de vibración para el multiplicador del grupo P-301
Apertura local de válvula succión del grupo P-301
Cierre local de válvula succión del grupo P-301
Indicador de válvula de succión abierta del grupo P-301
Indicador de válvula de succión cerrada del grupo P-301
Apertura local de válvula descarga del grupo P-301
Cierre local de válvula descarga del grupo P-301
Indicador de válvula de descarga abierta del grupo P-301
Indicador de válvula de descarga cerrada del grupo P-301
Arranque del motor en tablero del grupo P-301
Detención del motor en tablero del grupo P-301
Selector para Local - Remoto del grupo P-301
Selector para Manual - Automático del grupo P-301
READY del motor de pre-lubricación del motor del grupo P-301
CONTACTOR ON del motor de pre-lubricación del motor del grupo P-301



Análogas

Presión de succión del grupo P-301
Presión de descarga del grupo P-301
Velocidad del motor (sensor 1) del grupo P-301
Velocidad del motor (sensor 2) del grupo P-301
Termocupla Culata 1 del grupo P-301
Termocupla Culata 2 del grupo P-301
Termocupla Culata 3 del grupo P-301
Termocupla Culata 4 del grupo P-301
Termocupla Culata 5 del grupo P-301
Termocupla Culata 6 del grupo P-301
Termocupla Culata 7 del grupo P-301
Termocupla Culata 8 del grupo P-301
RTD temperatura de agua del motor del grupo P-301
RTD temperatura de cojinete exterior baja velocidad del grupo P-301
RTD temperatura de cojinete exterior alta velocidad del grupo P-301
RTD temperatura de cojinete interior baja velocidad del grupo P-301
RTD temperatura de cojinete interior alta velocidad del grupo P-301
RTD temperatura de escape del motor del grupo P-301
RTD temperatura de cojinete interno de la bomba del grupo P-301
RTD temperatura de cojinete externo de la bomba del grupo P-301
RTD temperatura del case de la bomba del grupo P-301
RTD temperatura de cojinete de empuje de la bomba del grupo P-301
RTD temperatura de aceite de la bomba del grupo P-301
RTD temperatura de aceite del motor del grupo P-301

Salidas

Discretas

Arranque motor del grupo de bombeo P-301
Detener motor del grupo de bombeo P-301
Ingresar carga al motor del grupo de bombeo P-301
Apertura de la válvula de recirculación del grupo P-301
Arranque motor de la bomba de pre-lubricación del motor del grupo P-301



Análogas

Variación de velocidad (señal de entrada al governor) del grupo P-301

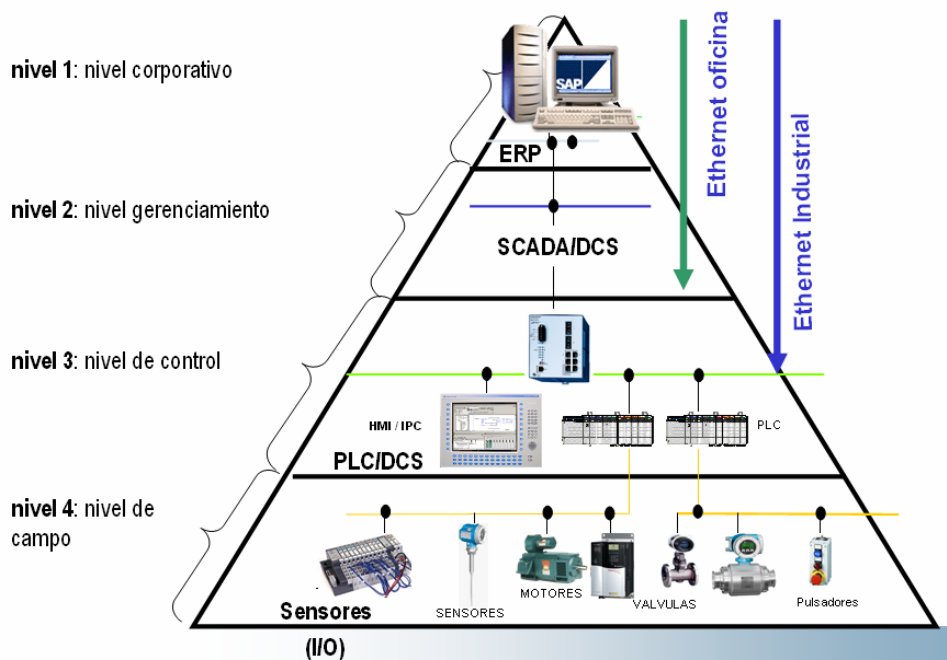


ARQUITECTURA DE CONTROL

La arquitectura del sistema está basada en una estructura jerárquica, la cual, en su parte superior esta compuesta por un sistema SCADA, el cual se implementará mediante el software INTOUCH propiedad de WONDERWARE.

En el siguiente nivel, denominado nivel de control, se encuentran dos Controladores Lógicos Programables marca MODICON-TELEMECANIQUE y una Terminal de operador TELEMECANIQUE. La interconexión entre ambos nivel se realiza mediante una red Ethernet Industrial.

En el nivel inferior se tiene toda la instrumentación de campo, la cual se conecta directamente a los diferentes módulos de entradas y salidas de los PLCs.



SISTEMA SCADA

InTouch es un programa para el desarrollo de una interfaz hombre-maquina (HMI), para la visualización y control de procesos industriales, que ofrece una manera sencilla de manejo y una configuración simple a través de gráficos. Las aplicaciones realizadas en InTouch pueden ser asesadas desde dispositivos móviles, terminales, nodos de computación e Internet. Adicionalmente, es abierto y extensible, ofreciendo una conectividad sin igual en el mercado, a la mayor parte de los dispositivos de automatización usados en la industria.



CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

Para este proyecto se han usado dos controladores lógicos programables (PLC) marca MODICON-TELEMECANIQUE modelo QUANTUM como responsables del control del proceso de bombeo del grupo P-301, los que independientemente tienen un programa residente en su memoria RAM que contendrá la lógica para el control y arranque secuencial del grupo así como de los motores auxiliares que intervienen en cada uno de los procesos.

Cada PLC consta de una CPU, una fuente de poder y módulos de entradas/salidas, sean estos análogos o discretos.

El controlador principal (P-PRINCIPAL) es el encargado de controlar el arranque y parada de los motores auxiliares del grupo P - 301 tales como motor del radiador, motor de lubricación del multiplicador. Asimismo se encarga de controlar las válvulas motorizadas de succión (MOV 311) y de descarga (MOV 312) Además este controlador gestiona la comunicación con el controlador del grupo P - 301. Entre las características de la CPU (QUANTUM 140-CPU-434-12A) del PLC principal se tienen:

Componente	Descripción
Puertos de comunicación	2 Modbus (RS-232/RS-485) 1 Modbus Plus
Procesador Matemático	sí
Procesador	Intel 486 DX 66 MHz
Tiempo de la lógica de resolución	0,1...0,5 ms/ 1K instrucciones de lógica de contactos
Memoria	
IEC 1131 memoria de programa	896 Kbytes
RAM	2 Mbytes
Flash	1 Mbyte
984LL user logic	64 Kbytes
Registros disponibles	57 K
Memoria Extendida	96 Kbytes
Batería y Reloj	
Tipo de batería	3 V de litio
Vida útil	1.200 mAh
Duración en condiciones de almacenamiento	10 años con una pérdida de capacidad de 0,5% por año
Corriente de carga de la batería cuando se encuentra apagado	Habitual: 14 µA Máx. 420 µA

En este caso, el controlador principal Quantum (P-PRINCIPAL), y de acuerdo al tipo de entradas y salidas que se tiene, se tienen los siguientes módulos de entradas/salidas:

- Módulo de 32 entradas discretas a 24 V 140-DDI-353-00
- Módulo de 32 salidas discretas a 24 V 140-DDO-353-00



- Módulo de comunicación Ethernet TCP/IP 140-NOE-771-11
- Fuente de poder 140-CPS-114-20

Dentro del sistema de control, el PLC principal tiene una dirección IP la cual es **172.10.141.40**. Además, para la comunicación con el PLC del grupo P - 301, cuenta con una dirección Modbus Plus igual a uno. (**MB+ = 1**)

El controlador lógico programable ubicado en el grupo P - 301 tiene una CPU de tipo QUANTUM 140-CPU-113-03, cuya dirección Modbus Plus es igual a dos **MB+=2**, y sus características principales son:

Componente	Descripción
Puertos de comunicación	1 Modbus (RS-232/RS-485) 1 Modbus Plus
Procesador Matemático	no
Procesador	Intel 186 20 MHz
Tiempo de la lógica de resolución	0,3 - 1,4 ms/ 1K instrucciones de lógica de contactos
Memoria	
IEC 1131 memoria de programa	368 Kbytes
RAM	512 Kbytes
Flash	256 Kbytes
984LL user logic	16 Kbytes
Registros disponibles	10 K
Memoria Extendida	ninguna
Batería y Reloj	
Tipo de batería	3 V de litio
Vida útil	1.200 mAh
Duración en condiciones de almacenamiento	10 años con una pérdida de capacidad de 0,5% por año
Corriente de carga de la batería cuando se encuentra apagado	Habitual: 7 µA Máx. 210 µA

En el caso de este controlador Quantum se dispone de los siguientes módulos de entradas/salidas:

- Módulo de 32 entradas discretas a 24 V 140-DDI-353-00
- Módulo de 32 salidas discretas a 24 V 140-DDO-353-00
- Módulo de entradas analógicas de 8 canales unipolares 140-ACI-030-00
- Módulo de salida analógicas de corriente de 4 canales 140-ACO-020-00



- 2 Módulos de entradas para RTD de 8 canales 140-ARI-030-10
- Módulo de entradas para Termocuplas de 8 canales 140-ATI-030-00
- Fuentes de poder 140-CPS-114-20

A continuación se describen ciertas características principales de los módulos usados:

- Fuentes de poder 140-CPS-114-20

Componente	Descripción
Tensión de entrada	~ 93 - 138 V ó ~ 170 - 276 V
Frecuencia	47 - 53 Hz
Corriente de entrada	1,1 A a.c. 115 V 0,5 A a.c. 230 V
Corriente de salida	5,0 A a 60°C
Fusible externo	Lento de 2,0 A
Interrupción de potencia máxima	8 ms
Contacto de relé de alarma	no

- Módulo de entradas discretas 140-DDI-353-00

Componente	Descripción
Número de puntos	32
Número de grupos	4
Puntos/Común	8
Aislamiento	por grupo
Tensión de entrada	24 V
Entrada máxima	30 V
Resistencia interna	2,5 KΩ
Requisitos de alimentación del bus	330 mA
Lógica	Colector



- Módulo de salidas discretas 140-DDO-353-00

Componente	Descripción
Número de puntos	32
Número de grupos	4
Puntos/Común	8
Tensión de funcionamiento	19,2 - 30 V
Corriente/punto	0,5 A con fusible por grupo
Corriente de carga máxima	0,5 A
Fusibles	5,0 A / grupo
Requisitos de direccionamiento	2 palabras de salida
Requisitos de alimentación del bus	330 mA
Lógica	Fuente

- Módulo de entradas analógicas de 8 canales unipolares 140-ACI-030-00

Componente	Descripción
Número de canales	8
Interfaces	1
Entrada de tensión	1 - 5 VDC
Entrada de tensión máxima	50 VDC
Entrada de corriente	4 - 20 mA
Entrada de corriente máxima	25 mA
Resolución	12 bits
Aislamiento canal-canal	30 V
Requisitos de direccionamiento	9 palabras de entrada
Requisitos de alimentación del bus	240 mA

- Módulo de salida analógicas de corriente 140-ACO-020-00

Componente	Descripción
Número de canales	4
Corriente de salida	4 - 20 mA
Resolución	12 bits
Aislamiento canal-canal	500 V
Tensión de bucle	12 - 30 V
Requisitos de direccionamiento	4 palabras de salida
Requisitos de alimentación del bus	480 mA



- Módulos de entradas para RTD 140-ARI-030-10

Componente	Descripción
Número de canales	8
Rango de funcionamiento	RTD (2,3 ó 4 cables), PT
Interfaces	1
Resolución	12 bits más signo
Aislamiento canal-canal	200 V
Requisitos de direccionamiento	10 palabras de entrada
Requisitos de alimentación del bus	200 mA

- Módulo de entradas para Termocuplas 140-ATI-030-00

Componente	Descripción
Número de canales	8
Rango de funcionamiento	Termopar
Interfaces	1
Resolución	16 bits
Aislamiento canal-canal	220 V
Requisitos de direccionamiento	10 palabras de entrada
Requisitos de alimentación del bus	280 mA

- Módulo de comunicación Ethernet TCP/IP 140-NOE-771-11

Componente	Descripción
Puertos de comunicación	Un puerto 10/100Base-T (conector RJ-45) de par trenzado blindado un puerto (conector MT-RJ) 100Base-FX.
Corriente de bus requerida	750 mA
Potencia de pérdidas	3,8 W
Fusible	Ninguno
NOE actualizable	Campo actualizable a través de FTP o panel de programación

TERMINAL DE OPERADOR

Para facilitar la operación del grupo de bombeo, se dispone, en el tablero de control del cuarto de control, una terminal de operador de tipo MAGELIS modelo XBTG4330, de la compañía TELEMECANIQUE, la cual tiene las siguientes características:

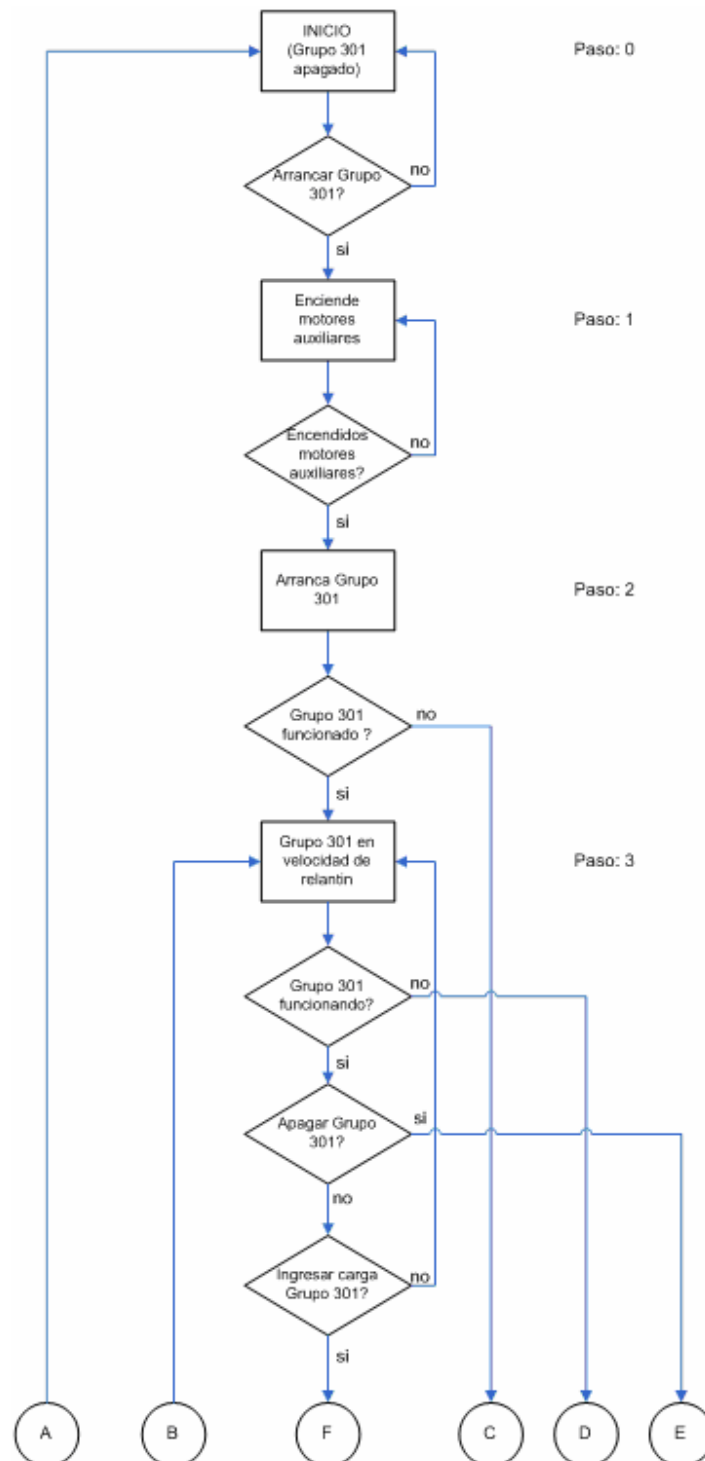


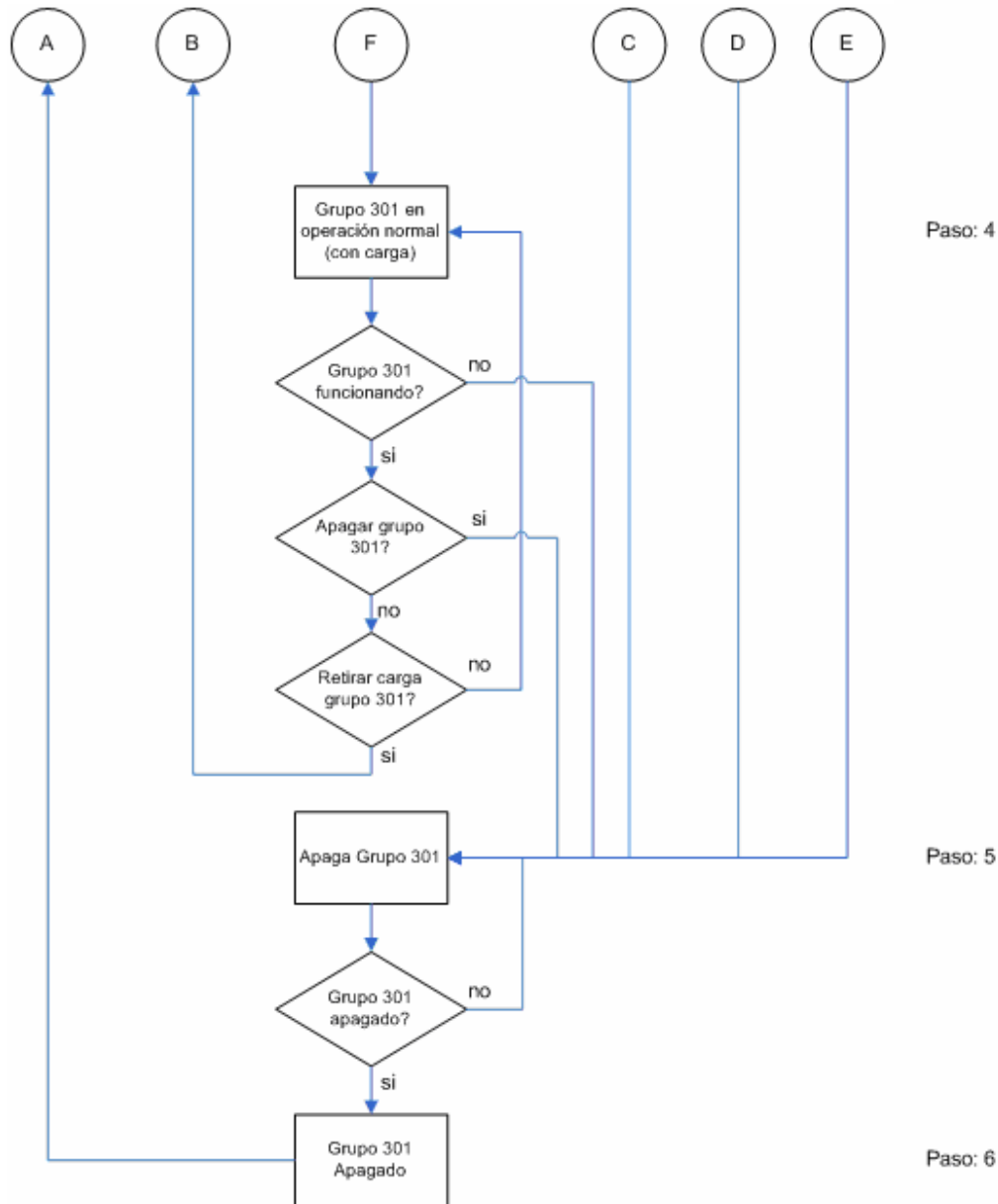
Componente	Descripción
Tipo LCD	Color TFT
Colores	256 colores
Resolución	640 x 480
Tamaño	7,4 pulgadas
Memoria interna para aplicación	8Mbytes
Procesador	100 MHz RISC
Puerto de comunicación	Ethernet 10 Base T RJ45



DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso de funcionamiento del nuevo sistema de control se describe a continuación:





PASO 0: INICIO

Es el paso inicial del proceso de funcionamiento. El sistema se encuentra apagado, todos los motores se encuentran apagados y las válvulas cerradas (a excepción de la válvula de succión MOV 311 y la de recirculación). En este paso, el motor de pre-lubricación del motor opera durante 2 minutos cada 30 minutos.



PASO 1: ENCIENDE MOTORES AUXILIARES

En este paso se encienden los motores del ventilador del motor y del lubricador del multiplicador.

PASO 2: ARRANCA GRUPO 301

En este paso el grupo 301 arranca. La solenoide de arranque se energiza provocando que la válvula de arranque se abra. Si el grupo 301 no alcanza la velocidad de relantín en menos de 30 segundos este se apagará.

PASO 3: GRUPO 301 EN VELOCIDAD DE RELANTIN

Este es un estado de stand-by donde el grupo 301 ha alcanzado la velocidad de relantín y se encuentra listo para ingresar carga y entrar en modo normal de operación. Además, en este paso se abre la válvula de descarga MOV 312.

PASO 4: GRUPO 301 EN OPERACIÓN NORMAL (CON CARGA)

El grupo 301 se encuentra en operación normal (bombeando). La válvula de recirculación se encuentra cerrada. En este paso el grupo 301 puede permanecer por un largo periodo de tiempo siempre y cuando las condiciones de operación se cumplan. De este paso se puede pasar al anterior y viceversa.

PASO 5: APAGA GRUPO 301

Este paso es el encargado de iniciar el subproceso de apagado. Una vez que el grupo 301 se encuentre en relantín (de forma manual o automática), se procede a abrir la válvula de recirculación, a cerrar la válvula de descarga MOV 312 y a apagar el motor.

PASO 6: GRUPO 301 APAGADO

En este paso los motores del radiador y del pre-lubricador del multiplicador se encuentran operando por 10 minutos, además el sistema volverá al paso 0 y estará listo para volver a operar.



INTOUCH - FAISANES



Manual de Usuario



LICENCIA DE SOFTWARE INTOUCH

Para visualizar todas las pantallas o ventanas del proceso se requiere que en el computador estén instaladas las llaves de la licencia de InTouch. Estas licencias son conocidas como llave de hardware (hardware key) y llave de software (software key).

La llave de software debe ser instalada en un directorio específico dentro del disco duro del computador de control y de supervisión. La llave de hardware debe ser conectada en el puerto paralelo del computador.

Si por cualquier razón, alguna de estas dos llaves no está instalada en los sitios especificados, entonces la computadora mostrará un mensaje de precaución y el acceso al programa de control será negado.

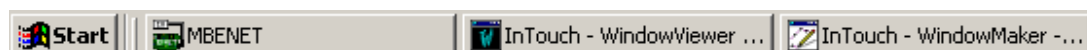
IMPORTANTE: Se debe tener mucho cuidado con la llave de hardware y el uso del puerto paralelo; cualquier tarea de impresión puede ser realizada con la llave de hardware colocada en el puerto paralelo, sin embargo actividades de transferencia de datos como Laplink a través de este puerto con la llave conectada pueden causar daños irreparables a la misma, por lo que se recomienda ante la necesidad de realizar este tipo de tareas, desconectar la llave de hardware del puerto paralelo.

EJECUCIÓN Y OPERACIÓN DEL SISTEMA

Para iniciar la operación del sistema debe encenderse el computador y automáticamente después de unos segundos aparecerá una pantalla en donde se solicitará ingresar un password de acceso del sistema operativo para el usuario Administrator, para este caso el password es FAISANES. Se presiona la tecla **Enter** y esperar a que la computadora continúe arrancando con todos sus servicios automáticamente.

Una vez que la máquina ha arrancado con todos los servicios de su sistema operativo, procederá a arrancar en forma automática el servidor de comunicaciones de la red industrial Modbus TCP/IP. Este driver de comunicaciones permite acceder y conocer el estatus de comunicación (GOOD o BAD) de todos los equipos de control (PLC) que pertenecen a la red.

Para observar el estatus de cada uno de los equipos dentro de la red, se debe presionar el icono **MBENET** ubicado en la barra de tareas en la parte inferior de la pantalla.



Si se ha presionado este icono, entonces se debe observar en el monitor una ventana que muestra el estatus de comunicación de todos los elementos de la red Modbus TCP/IP. Si



todo esto está funcionando correctamente, entonces debe desplegarse una ventana como la mostrada a continuación.

```
MBENET
Configure Help
ENET1 Use:0.0 Percent
PLC_ALIMENTACION Lag:50ms () Status:GOOD
  READ Disc 1- 80
  READ Coil 7- 635
  READ Reg 299- 310
PLC_DESPACHO Lag:57ms () Status:GOOD
  READ Coil 1- 406
  READ Reg 700- 701
  READ Disc 1- 58
  READ Reg 299- 302
```

Después del arranque del servidor de comunicaciones Modbus Ethernet, el computador iniciará automáticamente el software InTouch en su ambiente WindowViewer o de operación. Si no se presentan inconvenientes, el sistema mostrará la ventana de acceso principal.

CONVENCIONES USADAS EN EL SISTEMA

Las ventanas desarrolladas para la visualización del proceso proporcionan información en tiempo real de las variables y equipos del sistema. Para que esta información se presente de manera amigable y sea fácilmente comprensible para el operador se hace uso de ciertos colores y/o gráficas especiales que están asociados con variables medidas y con el estado de operación de los equipos.

Colores fijos

El color rojo  se usa en este caso para indicar:

- Switch de válvula cerrada activado
- Nivel OFF
- Solenoide de válvula desenergizado



El color verde  se utiliza para indicar:

- Motor encendido
- Switch de válvula abierta activado
- Nivel ON
- Solenoide de válvula energizado
- Alimentación de PLC OK, Batería OK, PLC Run
- Módulo de entradas o módulo de salidas OK



Se usa el color azul  para indicar:

- Motor apagado y listo para arrancar (READY)
- Válvula energizada

Colores Intermitentes

Se mostrarán cuando se presente una situación de falla, cuando la protección térmica de un motor se haya activado, cuando un hongo de seguridad haya sido presionado, etc.

Por ejemplo, la intermitencia entre:

El color gris  y amarillo  indica:

- Protección térmica de motor activada
- Stop de campo activado
- Breaker Off

El color blanco  y rojo  indica:

- Error en módulo de entradas/salidas

El color negro  y rojo  indica:

- Error en canal de módulo de entradas analógicas.



Valores Numéricos

Indicarán las unidades de ingeniería de variables del proceso

INTERFASE HOMBRE-MÁQUINA

Cuando la aplicación en ambiente Runtime ya ha sido ejecutada automáticamente por el computador, se desplegará una ventana como la mostrada.

Acceso SALIR

**Estación de Bombeo
FAISANES**

PETROCOMERCIAL
FILIAL DE PETROECUADOR

Desarrollado por: **eST**
eSystec S.A.
Electricidad Sistemas y Tecnología

Nombre del Operador

Clave

Acceso

Salir Usuario

INTERFACE DE OPERACIÓN
ESTACIÓN DE BOMBEO - FAISANES

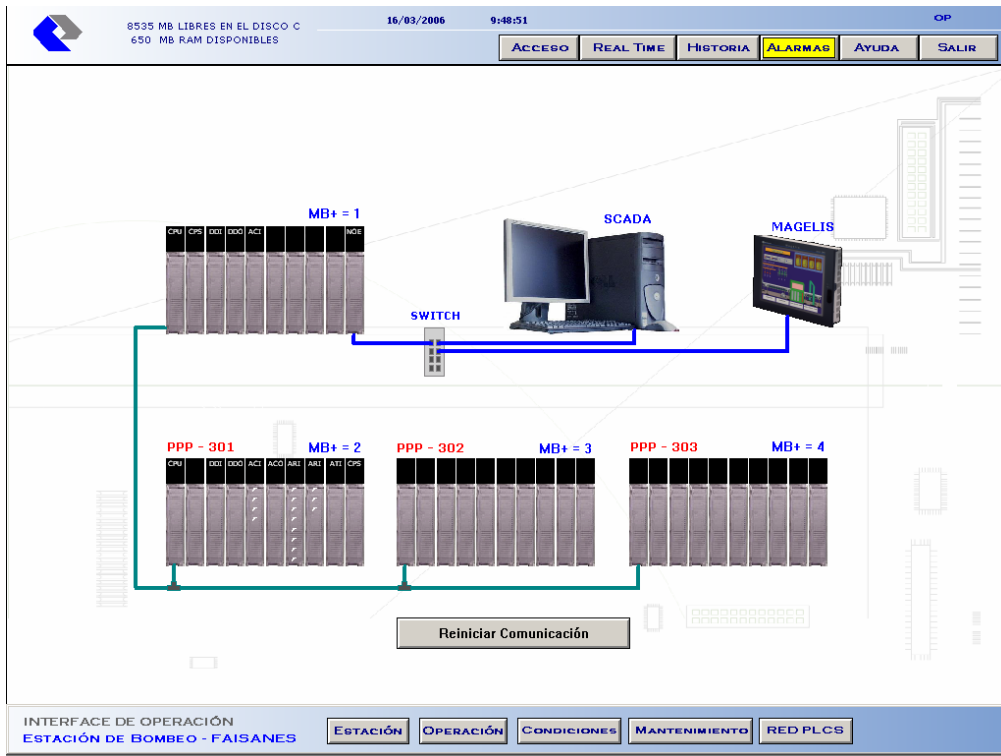
Esta ventana contiene dos Text Box, en las cuales se deberá ingresar el nombre del operador y su password. En el caso de que los datos ingresados no sean los correctos, no se podrá acceder al sistema de visualización. Caso contrario, se tendrá una ventana como la siguiente:



MENU INFERIOR

En la parte inferior de la ventana desplegada se observarán botones como:

- **Estación:** En esta pantalla se pueden monitorear y operar los grupos en funcionamiento. En este caso únicamente se operará el grupo P-301.
- **Operación:** Con esta pantalla se puede operar y manipular únicamente el grupo P-301.
- **Condiciones:** Contiene información de los set points de proceso del grupo.
- **Mantenimiento:** Muestra el tiempo de trabajo de los diferentes motores.
- **Red PLCs:** En esta pantalla se visualiza la arquitectura y el status de la red de PLCs. Además en esta pantalla se puede Reiniciar la comunicación en caso de falla.



MENU SUPERIOR

En la parte superior existe otro menú de opciones que permite acceder a:

- **Acceso:** Permite ir a la pantalla principal de acceso.
- **Real Time:** En pantalla se visualiza los datos de las datos principales variables (velocidad, presión succión y descarga) en tiempo real.
- **Historia:** Que corresponde a un histórico del comportamiento de las variables más sobresalientes del proceso. Para ésto, se dispone de botones en la parte inferior de la ventana que pemiten desplegar el histórico correspondiente al grupo etiquetado en cada uno de ellos.



- **Alarmas:** Ventana que enlista un resumen y un histórico sobre la activación de alarmas vinculadas a variables de control crítico del proceso.

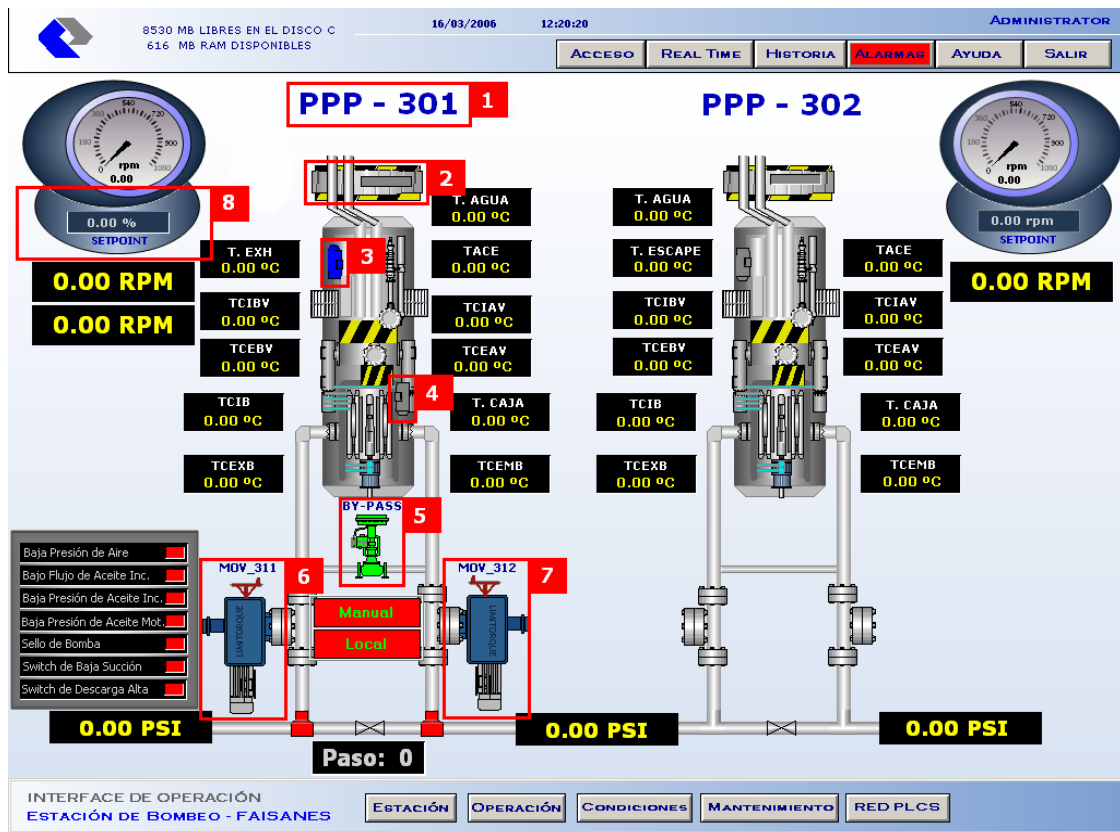




- **Ayuda:** información sobre la versión del software de monitoreo y adquisición de datos.

PANTALLA DE ESTACION

En esta pantalla se muestra el estado de los grupos que se encuentran trabajando en la estación. Al momento únicamente se puede operar el grupo P-301.



En la pantalla existen distintos lugares donde, al dar click, aparecen distintos menús; estos sitios se encuentran resaltados en un recuadro y son:

1. Control del grupo P-301.
2. Control del ventilador del radiador del grupo P-301.
3. Control de la bomba de pre-lubricación de motor del grupo P-301.
4. Control de la bomba de lubricación del multiplicador del grupo P-301.
5. Control de la válvula de By-Pass del grupo P-301.



6. Control de la válvula de succión (MOV-311) del grupo P-301.
7. Control de la válvula de descarga (MOV-312) del grupo P-301.
8. Control de velocidad del grupo P-301.

- **MENU CONTROL DEL GRUPO P-301 (1)**

Con este menú se opera el grupo P-301. Entre las opciones de operaciones se tienen:



- **Arrancar:** Como su nombre indica este botón permite arrancar el grupo P-301.
- **Carga:** Con este botón se procede a introducir carga en el grupo P-301.
- **Vacío:** En esta opción se retira carga al grupo P-301.
- **Detener:** Permite detener el grupo P-301.

Para cerrar esta ventana únicamente se debe dar click en el botón inferior.

- **Control del ventilador del radiador del grupo P-301 (2)**





En este menú se cuenta con dos botones, el primero, START, permite arrancar este motor auxiliar, el segundo, STOP, detenerlo. Para cerrar este menú auxiliar se ubica el mouse en el nombre VENT - GP301 y se da un click.

- Control de la bomba de pre-lubricación de motor (3), de la bomba de lubricación del multiplicador (4) y control de la válvula de By-Pass del grupo P-301 (5).



En los diferentes menús se cuenta con un botón de START, el cual permite arrancar las diferentes bombas así como arrancar la válvula de By-Pass; y un botón de STOP, el cual permite detenerlos. Al dar un click en los diferentes títulos de las ventanas (SV-301 como en la figura superior) se cierra la misma.

- Control de la válvula de succión (MOV-311) y descarga (MOV-312) del grupo P-301.

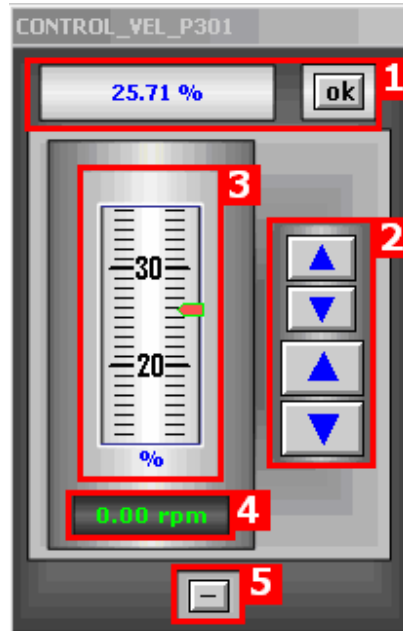


En ambos menús se cuenta con tres botones:

- **Abrir:** Sirve para empezar el recorrido de apertura de la válvula.
- **Cerrar:** Con este botón se empieza el recorrido de cierre de la válvula.
- **Parar:** Este botón sirve para detener a la válvula en una posición de su recorrido tanto de apertura como de cierre.



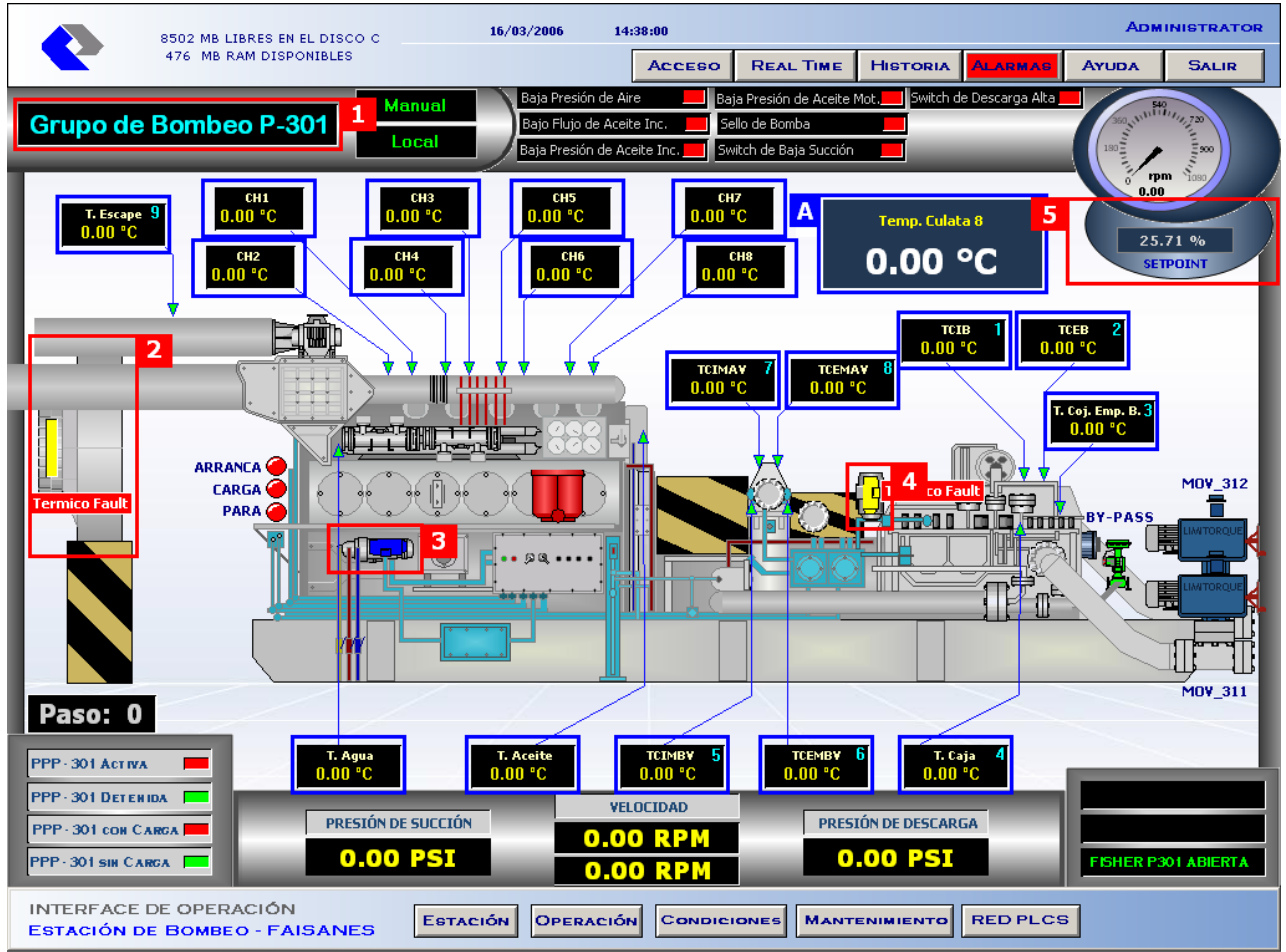
- Control de velocidad del grupo P-301.



Con este menú se puede variar la velocidad de operación del grupo P-301. Con los elementos ubicados en el ítem (1) se puede subir el porcentaje de velocidad ingresándolo a un valor fijo mediante el teclado. Con los botones del ítem (2) se modifica el porcentaje de velocidad en cantidades fijas. Los botones grandes modifican en saltos muchos mayores que los botones pequeños. En el indicador encerrado en el número (4) se visualiza el valor actual de la velocidad el grupo. Con el botón inferior (5) se cerrará esta ventana auxiliar.



PANTALLA DE OPERACION



Los puntos de la pantalla, resaltados en recuadro, donde se encuentran los diferentes menús son:

1. Control del grupo P-301.
2. Control del ventilador del radiador del grupo P-301.
3. Control de la bomba de pre-lubricación de motor del grupo P-301.
4. Control de la bomba de lubricación del multiplicador del grupo P-301.
5. Control de velocidad del grupo P-301.



Los puntos resaltados en color azul son los diferentes datos que sirven para monitorear el grupo. Al dar click en alguno de estos el valor se mostrará en el recuadro A resaltado en azul. Para ocultar este valor se da click en el mismo recuadro (el recuadro A).

EL ítem denominado PASO indica el paso en el que se encuentra el proceso del bombeo.



SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

ERROR DE COMUNICACIÓN

Cable de comunicación suelto

Revise conectores y cable de comunicación Ethernet. Adicionalmente verificar el estado de comunicación en el computador

PLC está apagado

Revise con el plano correspondiente, si el breaker que alimenta al PLC está en posición ON.

Tarjeta de comunicación del computador no está activada

Salga de cualquier programa y apague el computador, espere unos segundos y vuelva a encenderlo.

ERROR EN LA APLICACIÓN

El operador provocó un error interno en el programa

Salir de todos los programas, si es posible y reiniciar el computador

COMPUTADOR INHIBIDO

El operador provocó un error interno en el programa

Cierre el programa con las teclas ALT+F4 y proceda a resetear el computador.

NO PUEDE EJECUTARSE EL PROGRAMA DE InTouch

La llave del InTouch no está instalada en el puerto paralelo o no está ajustada.

En el mensaje que le muestra el programa seleccione la opción de ANULAR o ABORT, apague el equipo y proceda a colocar la llave correspondiente en el puerto paralelo, ajústela correctamente y encienda el equipo.

La llave del InTouch está defectuosa o quemada.

En el mensaje que le muestra el programa seleccione la opción de ANULAR o ABORT, apague el equipo y proceda a comunicarse con ELSYTEC S.A.



VALORES Y DATOS NO SE MUESTRAN EN InTouch

Asegúrese de que el driver MBENET esté corriendo.

Reiniciar nuevamente los I/O, para reiniciar la comunicación.

SI EL INCONVENIENTE DETECTADO AÚN PERSISTE,

Llame a nuestro Departamento de Ingeniería y Proyectos al teléfono 02 2456755 ó comunicarse a los celulares del Ing. Fernando Ortiz 099660715 o el Ing. Edwin Ordóñez 099052506

Envíe un fax al teléfono 02 2456755

Envíe un correo electrónico a: tech.est@uio.satnet.net



MAGELIS - FAISANES



Manual de Usuario



CONVENCIONES USADAS EN EL SISTEMA

Las pantallas desarrolladas para la visualización del proceso proporcionan información en tiempo real de las variables y equipos del sistema. Para que esta información se presente de manera amigable y sea fácilmente comprensible para el operador se hace uso de ciertos colores y/o gráficas especiales que están asociados con variables, medidas y con el estado de operación de los equipos.

Colores fijos

El color rojo  se usa en este caso para indicar:

- Switch de válvula cerrada activado
- Nivel OFF
- Solenoide de válvula desenergizado

El color verde  se utiliza para indicar:

- Switch de válvula abierta activado
- Nivel ON
- Solenoide de válvula energizado

Valores Numéricos

Indicarán las unidades de ingeniería de variables del proceso

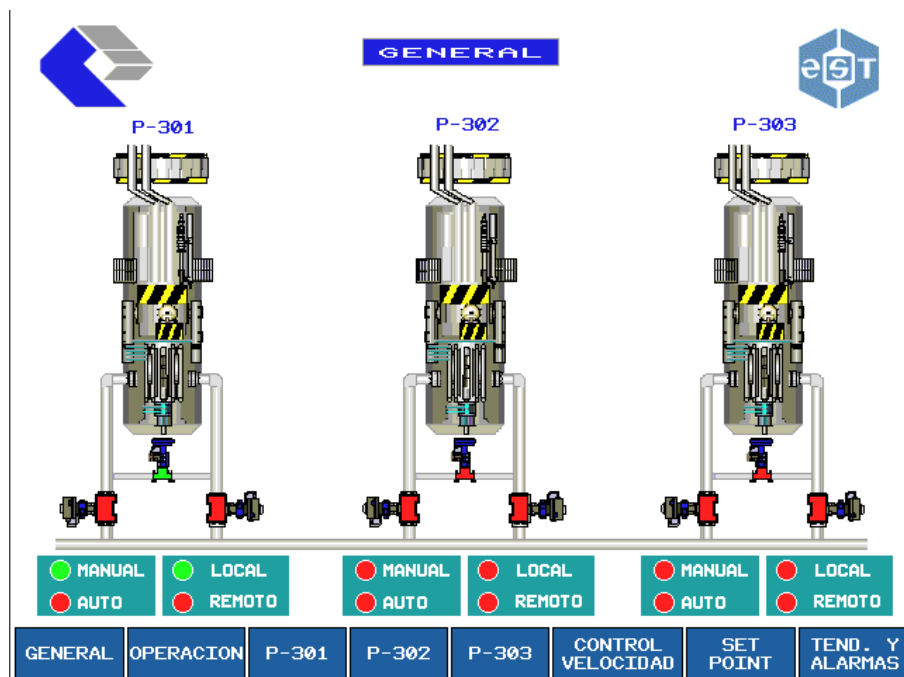
EJECUCIÓN Y OPERACIÓN DEL SISTEMA

Para iniciar la operación del sistema debe encenderse la terminal de operador Magelis y automáticamente, después de carga el RUNTIME, aparecerá la pantalla principal del sistema.



Esta pantalla, al igual que las demás, cuenta con un menú inferior el cual consta de botones como:

- **General:** En esta pantalla se monitorea el estado de las valvulas y del los switches, tanto de LOCAL-REMOTO como de MANUAL-AUTOMATICO, de toda la estacion.





- **Operación:** Con esta pantalla se seleccionarán los grupos que con los que se quiera trabajar y, así mismo, operar independientemente los grupos seleccionados.
- **P-301:** Esta pantalla contiene todos los datos del grupo P-301. Además, en esta pantalla se operará el grupo.
- **P-302:** Esta pantalla contendrá todos los datos del grupo P-302. Esta pantalla no se encuentra disponible en este momento.
- **P-303:** Esta pantalla contendrá todos los datos del grupo P-303. Esta pantalla no se encuentra disponible en este momento.
- **Control de Velocidad:** En esta pantalla se realiza el control de velocidad del grupo P-301, además contiene los datos de presión de dicho grupo.
- **Set Point:** Con esta pantalla se modifica los datos de set point de los diferentes sensores. Esta pantalla se encuentra protegida con un usuario y password.

USUARIO:

CLAVE:

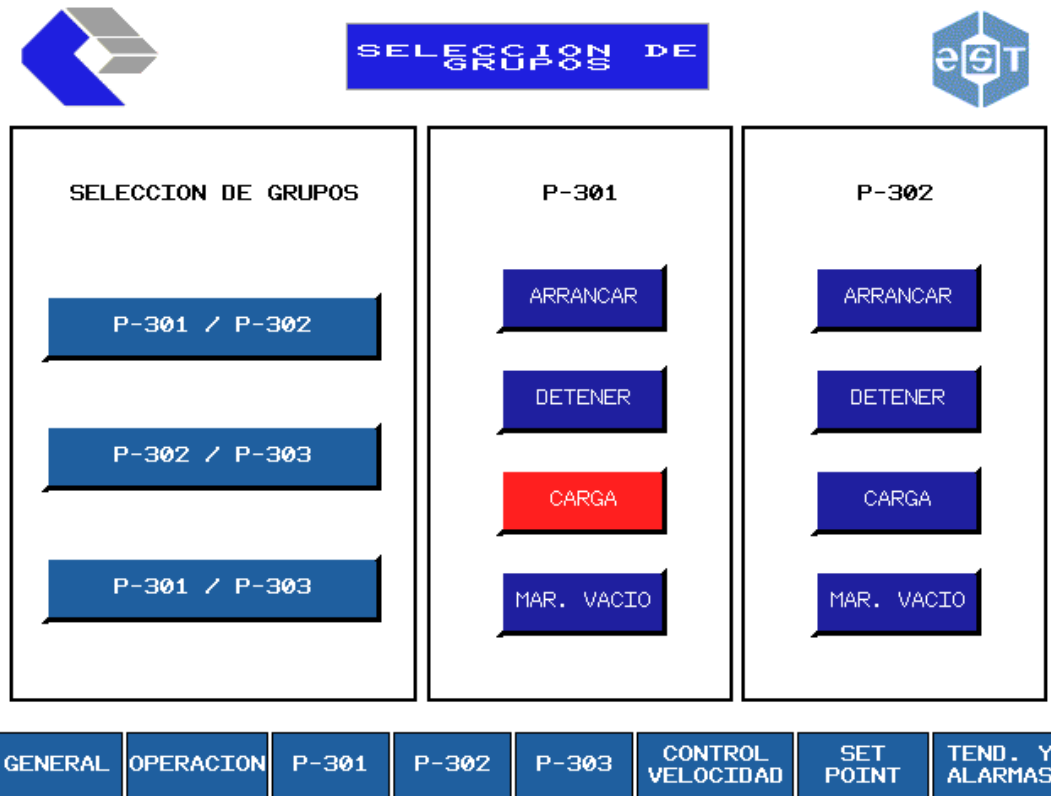
INGRESAR

GENERAL OPERACION P-301 P-302 P-303 CONTROL VELOCIDAD SET POINT TEND. Y ALARMAS

- **Tend. y alarmas:** Al pulsar en este boton aparecerá un menu en el cual se mostraran las diferentes tendencias asi como las alarmas. Para cerrar este menú se pulsa en el botón inferior.



PANTALLA OPERACIÓN



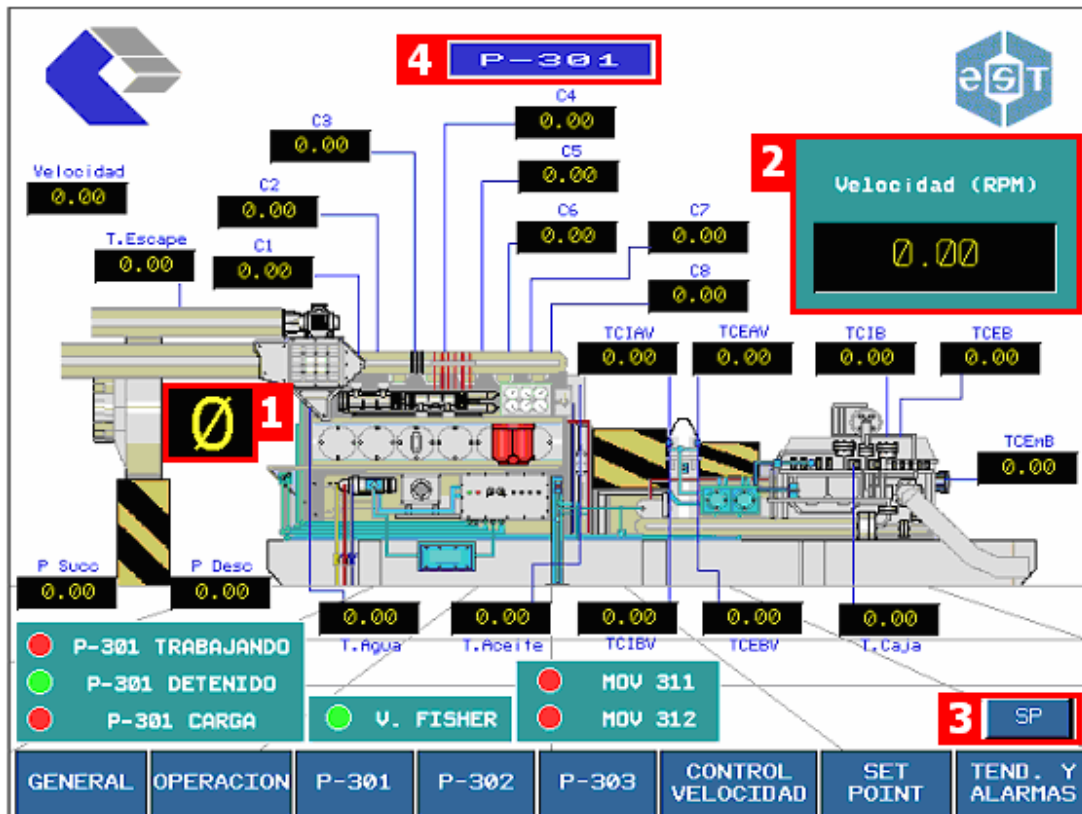
Esta pantalla consta de dos partes; la primera es la denominada **SELECCIÓN DE GRUPOS** y es donde el operador decide que grupos entrarán a trabajar. En este momento la única opción disponible es **P-301 / P-302**.

La segunda parte es la operación de los grupos seleccionados. Para esta parte se tienen las siguientes opciones:

- **Arrancar:** Como su nombre indica, este permite arrancar el grupo P-301.
- **Detener:** Permite detener el grupo P-301.
- **Carga:** Con este botón se procede a introducir carga en el grupo P-301. Para introducir carga se debe esperar que el mismo cambie a color verde.
- **Mar. Vacío:** En esta opción se quita carga al grupo P-301.



PANTALLA P-301



Esta pantalla contiene todos los datos necesarios para el monitoreo del grupo P-301. Estos datos se encuentran distribuidos alrededor de la grafica del grupo. Al pulsar en cualquiera de estos se abrirá el recuadro grande del lado izquierdo (2) donde se visualiza el valor numérico en un tamaño mayor. Para cerrar este recuadro únicamente se pulsara en el mismo recuadro (2).

El valor numérico del recuadro (1) es el paso en el que se encuentra el proceso de bombeo.

Al pulsar el ítem denominado SP (recuadro (3)) se abrigará una pantalla indicando los valores de set points para las diferentes variables del grupo P-301.

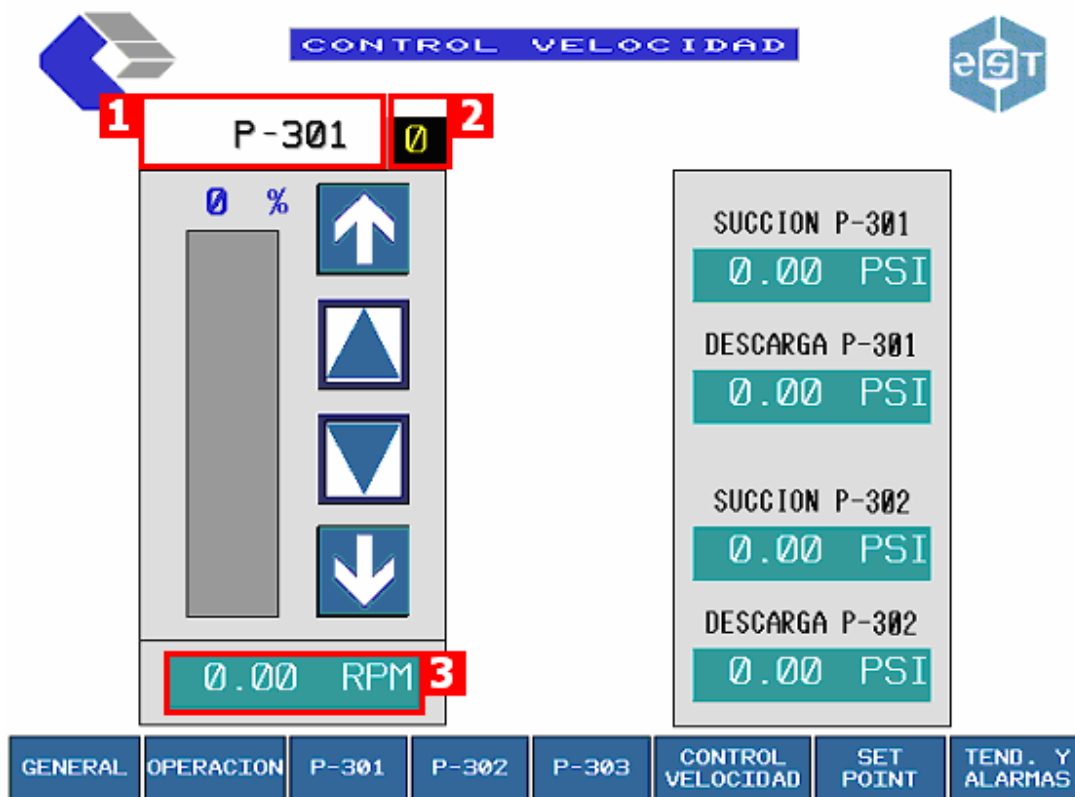
Al pulsar en el titulo de la pantalla P-301 ítem (4) aparecerá una pantalla para poder control el grupo. Este menú es el siguiente:



Las funciones de este menú fueron explicadas en el punto anterior.

En esta pantalla también se cuenta con el estado del grupo, del la válvula de By-Pass (V. Fisher) y de las válvulas MOV (succión y descarga).

PANTALLA DE CONTROL DE VELOCIDAD

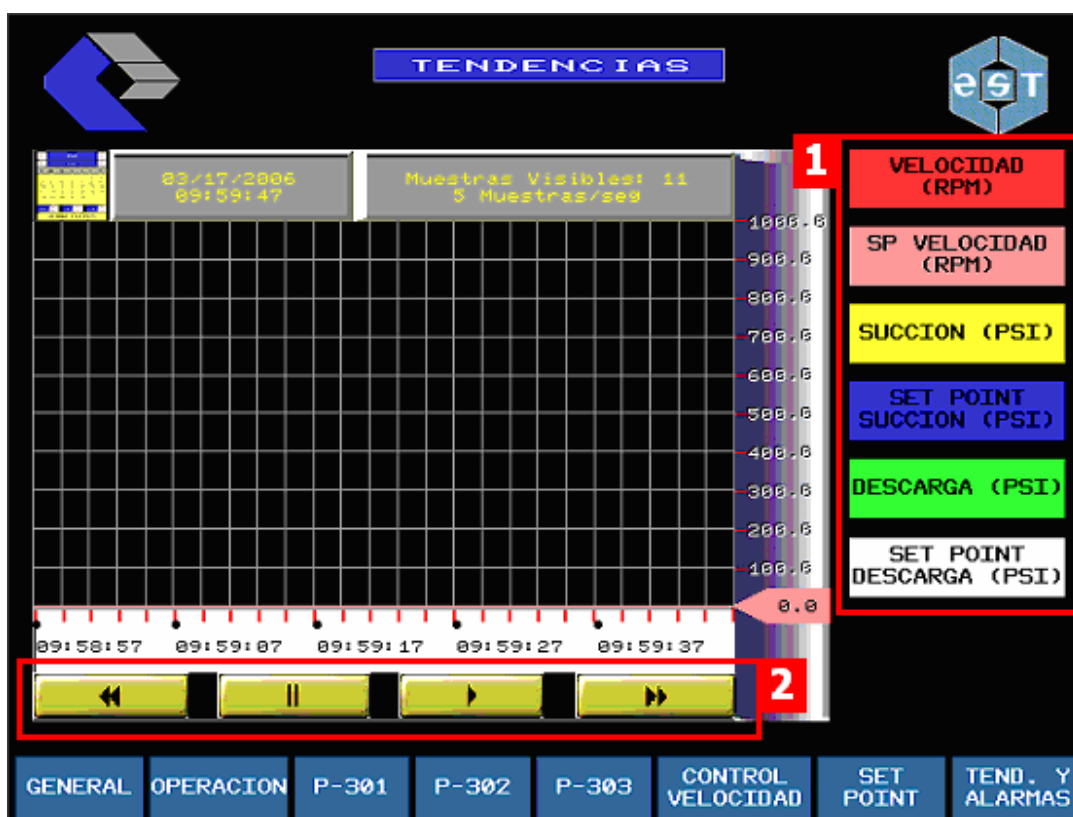




Esta pantalla contiene el control de velocidad del grupo P-301. Las flechas de los extremos (flechas blancas en fondo azul) modifican la velocidad en un porcentaje mayor, mientras que las flechas internas (flechas azul en fondo blanco) modifican en un porcentaje menor la velocidad del grupo P-301. En el recuadro (3) se encuentra la velocidad actual del grupo de bombeo. El recuadro (2) indica el paso en que se encuentra el proceso de bombeo.

Al pulsar en el lugar indicado por el recuadro (1) aparecerá el menú de control del grupo previamente explicado.

PANTALLA DE TENDENCIAS



La pantalla de tendencias muestra el comportamiento de las diferentes variables del proceso. Estas variables serán guardadas únicamente un día. En el recuadro (1) se muestran los nombres de las variables que se encuentran en esta tendencia. Los botones ubicados en el recuadro (2) sirven para navegar a través del histórico de la tendencia. Existen dos páginas de tendencias las cuales agrupan a diferentes variables.



SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

ERROR DE COMUNICACIÓN

Cable de comunicación suelto

Revise conectores y cable de comunicación Ethernet. Además revisar si el switch ethernet se encuentra encendido y operando.

Terminal de operador está apagada

Revise con el plano correspondiente, si el breaker que alimenta a la Terminal de operador está en posición ON.

ERROR EN LA TERMINAL DE OPERADOR

La Terminal de operador se bloqueo

Revisar el plano correspondiente, ubicar el breaker que alimenta a la Terminal de operador y apagarlo, esperar un tiempo prudencial (5 minutos) y volverla a encender.

VALORES Y DATOS NO SE MUESTRAN EN InTouch

Asegúrese que no exista un error de comunicación

Asegúrese que se encuentren encendidos todos los elementos del sistema (fuentes, plcs, etc.)

SI EL INCONVENIENTE DETECTADO AÚN PERSISTE,

Llame a nuestro Departamento de Ingeniería y Proyectos al teléfono 02 2456755 ó comunicarse a los celulares del Ing. Fernando Ortiz 099660715 o el Ing. Edwin Ordóñez 099052506

Envíe un fax al teléfono 02 2456755

Envíe un correo electrónico a: tech.est@uio.satnet.net



INDICE

MANUAL DE USUARIO	1
ACERCA DE ESTE DOCUMENTO	2
INTRODUCCION	3
ANTECEDENTES	5
ARQUITECTURA DE CONTROL	12
SISTEMA SCADA	12
CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES	13
TERMINAL DE OPERADOR	17
DESCRIPCION DEL PROCESO	19
MANUAL DE USUARIO INTOUCH	22
LICENCIA DE SOFTWARE INTOUCH	23
EJECUCION Y OPERACIÓN DEL SISTEMA	23
CONVENCIONES USADAS EN EL SISTEMA	24
INTERFASE HOMBRE-MAQUINA	26
MENU INFERIOR	27
MENU SUPERIOR	28
PANTALLA DE ESTACION	30
PANTALLA DE OPERACIÓN	34
SOLUCION DE PROBLEMAS	36
MANUAL DE USUARIO MAGELIS	38
CONVENCIONES USADAS EN EL SISTEMA	39
EJECUCION Y OPERACIÓN DEL SISTEMA	39
PANTALLA OPERACIÓN	43
PANTALLA P-301	44
PANTALLA DE CONTROL DE VELOCIDAD	45
PANTALLA DE TENDECIAS	46
SOLUCION DE PROBLEMAS	47
INDICE	48

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1: INTRODUCCION

Figura 1.1. Clasificación de las bombas.....	2
Figura 1.2. Componentes básicos de un sistema de control.....	9
Figura 1.3. Sistema de control en lazo abierto	10
Figura 1.4. Sistema de control en lazo cerrado.....	11

CAPITULO 2: ESTACION FAISANES

Figura 2.1. Tuberías auxiliares y válvulas de la estación Faisanes.....	19
Figura 2.2. Válvulas de alivio de sobre presión de entrada.....	20
Figura 2.3. Grupos de bombeo de la estación Faisanes.....	21
Figura 2.4. Válvulas de succión y descarga.....	22
Figura 2.5. Válvula de recirculación de combustible	22
Figura 2.6. Bomba del grupo P – 302	23
Figura 2.7. Motor del grupo P – 303.....	24
Figura 2.8. Radiador del grupo P – 303	25
Figura 2.9. Descripción de los elementos de un grupo de bombeo	26
Figura 2.10. Sistema de inyección de combustible	29
Figura 2.11. Relés ubicados en el interior del tablero de control	33
Figura 2.12. Tablero de control de los grupos de bombeo.....	33

CAPITULO 3: DISEÑO DE HARDWARE DE CONTROL

Figura 3.1. Diagrama de las partes de la estación Faisanes	35
Figura 3.2. Diagrama de ubicación de los tableros de control	36
Figura 3.3. Diagrama del nuevo sistema de control con las señales de entradas y salidas	41
Figura 3.4. Arquitectura del nuevo sistema de control	48
Figura 3.5. Diagrama de alimentación de elementos en el cuarto de control...	49
Figura 3.6. Diagrama de alimentación de elementos en grupo P – 301.....	51
Figura 3.7. Diagrama de ubicación de instrumentos de medición en el grupo de bombeo.....	52
Figura 3.8. Conexión de instrumentos de medición con controlador lógico	54

Figura 3.9. Relación del sistema neumático con el nuevo sistema de control del grupo de bombeo P – 301	55
--	----

CAPITULO 4: DESARROLLO DE SOFTWARE PARA

CONTROLADORES LOGICOS

Figura 4.1. Diagrama de flujo del proceso de bombeo, primera parte	58
Figura 4.2. Diagrama de flujo del proceso de bombeo, segunda parte.....	59
Figura 4.3. Representación de lenguajes de programación IEC 61131 – 3.....	61
Figura 4.4. Programación SFC.....	62
Figura 4.5. Ventana PLC CONFIGURATION de Concept	63
Figura 4.6. Ventana I/O MAP de Concept.....	64
Figura 4.7. Configuración del RACK de PLC GP-301	65
Figura 4.8. Diagrama de bloques del acondicionamiento de señal.....	66
Figura 4.9. Función QUANTUM de Concept.....	67
Figura 4.10. Funciones de módulos análogos de Concept	68
Figura 4.11. Función de acondicionamiento de Concept	68
Figura 4.12. Diagrama de registros intercambiados en la comunicación de ambos PLCs	70
Figura 4.13. Secuencia SFC del programa del PLC GP-301	76
Figura 4.14. Diagrama de funcionamiento de la sección GP-301	79
Figura 4.15. Diagrama de bloques de la activación de una alarma.....	81
Figura 4.16. Configuración del RACK de PLC PRINCIPAL	82
Figura 4.17. Diagrama de bloques de la configuración de la función MBP_MSTR	83
Figura 4.18. Función MBP_MSTR de Concept.....	84
Figura 4.19. Herramienta Simulador 32 bits.....	92
Figura 4.20. Ventana CONNECT de Concept.....	93
Figura 4.21. Sección de programa en Concept simulando	93

CAPITULO 5: DESARROLLO DE SOFTWARE HMI

Figura 5.1. Application Manager de InTouch	96
Figura 5.2. WindowMaker de InTouch	97
Figura 5.3 Ambiente de la aplicación HMI.....	101
Figura 5.4. Menú superior de la aplicación HMI.....	101
Figura 5.5. Menú inferior de la aplicación HMI	103
Figura 5.6. Pantalla de acceso del HMI	104

Figura 5.7. Pantalla Real Time de la aplicación HMI.....	105
Figura 5.8. Pantalla Historia del HMI.....	106
Figura 5.9. Pantalla Alarmas del HMI.....	107
Figura 5.10. Pantalla Estación del HMI	109
Figura 5.11. Menú Control del grupo P – 301 de la aplicación HMI	110
Figura 5.12. Menú control del ventilador del radiador del grupo P – 301	111
Figura 5.13. Menú de control de la válvula de recirculación de combustible .	111
Figura 5.14. Menú de control de la válvula de succión	112
Figura 5.15. Menú de control de velocidad del grupo P – 301	113
Figura 5.16. Pantalla de Operación de la aplicación HMI	115
Figura 5.17. Ventana de creación de proyecto	116
Figura 5.18. Entorno gráfico de la aplicación Vijeo Designer	117
Figura 5.19. Ambiente de la aplicación HMI de la interfaz de operador.....	119
Figura 5.20. Pantalla de presentación del HMI interfaz de operador	122
Figura 5.21. Pantalla Operación del HMI interfaz de operador	123
Figura 5.23. Ventana de control del grupo P – 301	124
Figura 5.22. Pantalla P-301 de HMI de la interfaz de operador	125
Figura 5.24. Pantalla control de velocidad de HMI de la interfaz de operador.....	126
Figura 5.25. Pantalla de Tendencias de HMI de la interfaz de operador	127
Figura 5.26. Ventana Simulador de dispositivo de la aplicación Vijeo Designer.....	128

CAPITULO 6: IMPLEMENTACION

Figura 6.1. Representación de conexión de señales discretas del sistema de control actual.....	129
Figura 6.2. Módulos de recepción y visualización de valores de las señales análogas	130
Figura 6.3. Abundante número de cables en el sistema de control actual	131
Figura 6.4. Representación de conexión de señales discretas en el nuevo sistema de control	132
Figura 6.5. Representación de conexión de señales análogas y conexión entre PLCs	132
Figura 6.6. Módulos Telefast.....	133

Figura 6.7. Etiqueta del esquema eléctrico en módulo Telefast implementado	135
Figura 6.8. Caja explosion-proof del grupo de bombeo P – 301	136
Figura 6.9. Diagrama de distribución de cajas explosion-proof en el grupo P – 301.....	137
Figura 6.10. Ubicación de los elementos en caja explosion-proof principal ...	138
FIGURA 6.11. Ubicación de elementos de alimentación del nuevo sistema de control en caja explosion-proof	139
Figura 6.12. Interior de caja explosion-proof del sistema de control actual....	140
Figura 6.13. Elementos del sistema de control actual.....	140
Figura 6.14. Bornera del grupo de bombeo P – 301 en el sistema de control actual.....	141
Figura 6.15. Bornera del grupo de bombeo en el sistema de control actual ..	141
Figura 6.16. Caja explosion-proof principal vacía	142
Figura 6.17. Caja de borneras una vez retirado el cableado.....	142
Figura 6.18. Exceso de cable retirado del grupo de bombeo P – 301.....	143
Figura 6.19. Tubería que contenía cables de conexión en el grupo de bombeo P – 301.....	143
Figura 6.20. Colocación del nuevo tablero de control en la caja explosion-proof	144
Figura 6.21. Proceso de cableado en la caja explosion-proof del grupo P – 301	145
Figura 6.22. PLC del grupo de bombeo P – 301	145
Figura 6.23. Proceso de cableado de la válvula de succión del grupo de bombeo	146
Figura 6.24. Transductores de velocidad ubicados en una caja explosion-proof	146
Figura 6.25. Finalización del proceso de cableado del grupo de bombeo	147
Figura 6.26. Cableado finalizado en la caja de alimentación del nuevo sistema de control.....	147
Figura 6.27. Estado final del grupo de bombeo P – 301	148
Figura 6.28. Ubicación de los elementos en el tablero de cuarto de control ..	149
Figura 6.29. Proceso de cableado de los controladores de motores auxiliares.....	150

Figura 6.30. Proceso de cableado del tablero de control.....	151
Figura 6.31. Bloque de alimentación de los elementos de la estación de bombeo.....	151
Figura 6.32. Interfaz de operador en el tablero de control antiguo.....	152

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 3: DISEÑO DE HARDWARE DE CONTROL

Tabla 3.1. Señales de entrada discretas en el cuarto de control	37
Tabla 3.2. Señales de salida discretas en el cuarto de control	37
Tabla 3.3. Señales de entradas discretas en el grupo P – 301	38
Tabla 3.4. Señales de entradas análogas en el grupo P – 301	38
Tabla 3.5. Señales de salidas discretas en el grupo P – 301	39
Tabla 3.6. Señales de salidas análogas en el grupo P – 301	39
Tabla 3.7. Cantidad de señales para el nuevo sistema de control	41
Tabla 3.8. Características de la CPU del controlador lógico programable del cuarto de control	44
Tabla 3.9. Características de la CPU del controlador lógico programable del grupo P – 301	46
Tabla 3.10. Características de la interfaz de operador del tablero de control ..	47
Tabla 3.11. Descripción de los instrumentos de medición en el grupo de bombeo	53

CAPITULO 4: DESARROLLO DE SOFTWARE PARA CONTROLADORES LOGICOS

Tabla 4.1. Registros del PLC GP-301 para escritura en el PLC principal	70
Tabla 4.2. Registros del PLC GP-301 para lectura en el PLC principal	73
Tabla 4.3. Descripción de los registros de control.....	84
Tabla 4.4. Parámetros de configuración de la función MBP_MSTR	86
Tabla 4.5. Registros del PLC principal para escritura en el PLC GP-301	87
Tabla 4.6. Registros del PLC principal para lectura en el PLC GP-301	88

Ing. Tcrn. Xavier Martínez
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA

Ab. Jorge Carvajal
SECRETARIO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA

Juan Marco Villagómez Correa
AUTOR