

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERÍA**

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN  
DEL SISTEMA DE BOMBEO REDPOL”**

**JORGE LUIS ORELLANA ARTEAGA**

**SANGOLQUÍ – ECUADOR**

**2008**

## **CERTIFICACIÓN**

Por medio de la presente certificamos que el presente proyecto de grado titulado “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO REDPOL” ha sido realizado en su totalidad por el Sr. Jorge Luis Orellana Arteaga bajo nuestra dirección y supervisión.

Atentamente,

---

Ing. Hugo Ortiz  
Director

---

Ing. Paul Ayala  
Codirector

## **AGRADECIMIENTO**

Mis agradecimientos más sinceros primero a Dios por darme la voluntad y la fuerza para realizar este proyecto, a mis padres Jorge Humberto Orellana y Aracely Arteaga Andrade y a mi hermano Angel Arteaga que con su cariño me guiaron para poder superar todas las adversidades en este duro camino, a mi amada esposa Clara Mogro Parra y a mi querido hijo Jorge Mateo Orellana por apoyarme en los momentos difíciles de mi carrera y brindarme con su amor incondicional la luz y la felicidad.

Agradezco también a toda mi familia, en especial a Benjamín y Ana, quienes me brindaron su apoyo desinteresado en todo momento.

A mi director, Ing. Hugo Ortiz y codirector Ing. Paul Ayala por el tiempo y consejos entregados a mí en el transcurso de este trabajo.

Y para culminar, al personal de SEIN S.A. y a la Ing. Inés Jurado quienes me han brindado sus conocimientos para así ser un mejor profesional.

Jorge Luis Orellana Arteaga.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, mi esposa, mi hijo Jorge Mateo Orellana de quienes me siento muy orgulloso, con quienes he compartido mis alegrías y mis tristezas, mi hermano y amigos con quienes he compartido buenos momentos y a mis profesores quienes me obsequiaron su conocimiento.



# PRÓLOGO

El siguiente proyecto tiene como objetivo plantear un prototipo que pretende ser utilizado como sistema piloto para la automatización de estaciones de bombeo convencionales que se encuentran instaladas en el país.

Se ha hecho el estudio y diseño de la automatización de estaciones de bombeo de tres grupos usando equipos con tecnología de punta, para así brindar facilidades como seguridad, flexibilidad y administración. Además de mejorar la productividad, proteger al personal y alargar la vida de los equipos.

Con el sistema diseñado se ha automatizado la mayor parte de las tareas manuales que deben realizar los operadores de las estaciones de bombeo de los diferentes poliductos, pudiendo así evitar los errores humanos.

Una vez concluido el prototipo, al mostrar las bondades del sistema, será factible empezar con la automatización de estaciones de bombeo que así lo requieran.

Se diseñó una red Ethernet de 100 Mbps para enlazar los PLCs de control en las distintas áreas y los computadores de visualización y control, para dar facilidad de compartir recursos como impresoras, escáneres, etc.

Se realizó pantallas HMIs en InTouch y se programó la lógica de control de los PLC's en Concept, lo cual ha permitido realizar una simulación de todas las condiciones de operación.

El Sistema opera y monitorea los grupos de bombeo de la estación desde computadores, mediante una Interface Humano-Máquina instalada en los mismos.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

Pág.

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS Y DIAGRAMAS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	1
1.2.1 Objetivo general.....	1
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
1.3. DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	2
1.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO REDPOL .....	4
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO .....	10
2.1. CONDICIONES DE ARRANQUE Y PARALIZACIÓN DE OPERACIONES 10	
2.1.1. Procedimiento de inicio de operaciones .....	10
2.1.2. Procedimiento de Paralización de Operaciones.....	11
2.2. INCONVENIENTES DEL SISTEMAS Y EQUIPOS.....	12
2.3. ANÁLISIS GENERAL DE EQUIPOS .....	12
2.3.1. Manifold Principal. ....	12
2.3.2. Bomba Booster. ....	13
2.3.3. Contadores de Combustible.....	14
2.3.4. Grupos de Bombeo. ....	15
2.3.4.1. Motores de Combustión Interna. ....	15
2.3.4.2. Sistema de combustible: .....	15
2.3.4.3. Sistema de arranque:.....	16
2.3.4.4. Regulador:.....	16
2.3.4.5. Multiplicador de Velocidad. ....	16
2.3.4.6. Bombas Centrífugas Multi-etapas. ....	17
2.3.5. Compresores de Aire. ....	18
2.3.6. Cilindros de Aire.....	19
2.3.7 Manifold Entrada y Salida.....	19
2.3.8. Bomba de refrigeración aceite.....	20
2.3.9. Bombas de pre - lubricación.....	20
2.3.10. Niquelinas de pre - calentamiento de agua .....	20
2.3.11. Bujías de arranque .....	20
2.3.12. Motor de inhibición de corrosión .....	21
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>22</b>
REQUERIMIENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN.....	22
3.1. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS .....	22
3.2. NORMAS .....	24
3.3. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN.....	25
3.3.1. Requerimientos para operación .....	26
3.3.2. Fases de Operación .....	26
3.3.2.1. PRE – ARRANQUE.....	27
3.3.2.2. ARRANQUE .....	31
3.3.2.3. Operación normal .....	35

3.3.2.4. Parada normal .....	35
3.3.2.5. Parada emergencia .....	37
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>39</b>
<b>INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1. INGENIERÍA BÁSICA.....</b>	<b>39</b>
4.1.1 Arquitectura del sistema .....	39
4.1.2. Especificaciones de Equipos.....	40
4.1.2.1. Computadores.....	40
4.1.2.2. Impresora Láser. ....	41
4.1.2.3. Módulo CPU.....	41
4.1.2.4. Módulo Fuente de alimentación. ....	42
4.1.2.5. Kit para configuración de PLC's Redundantes.....	43
4.1.2.6. Módulo Ethernet 10/100 BASE T – 100 FX. ....	43
4.1.2.7. Backplane de 6 Slots.....	44
4.1.2.8. Fuente de poder Regulada modular 24 VDC – 5 A.....	44
4.1.2.9. Sistema de módulos remotos de entradas y salidas (RIO).....	45
4.1.2.10. Módulos RIO Head.....	45
4.1.2.11. Módulo RIO Drop.....	46
4.1.2.12. Backplane de 10 Slots.....	47
4.1.2.13. Módulo de 32 Entradas discretas.....	47
4.1.2.14. Módulo de 16 entradas analógicas.....	47
4.1.2.15. Módulo de 8 salidas analógicas.....	48
4.1.2.16. Módulo de 8 entradas de RTD.....	48
4.1.2.17. Módulo de 8 entradas de Termocupla.....	48
4.1.2.18. Fuente ininterrumpida de energía – UPS Online de 3 KVA.....	49
4.1.2.19. Switch Ethernet Industrial. ....	50
4.1.2.20. Accesorios para montaje de equipos, módulos y red.....	50
4.1.2.21. Splitter de derivación para coaxial.....	50
4.1.2.22. Taps de derivación para coaxial.....	51
4.1.2.23. Cable Shield and foild twisted pair con conectores RJ 45.....	51
4.1.3. Especificaciones de Diseño .....	51
4.1.3.1. Computadores.....	51
4.1.3.2. Sistema Central de Control.....	52
4.1.3.3. Sistema Primario.....	53
4.1.3.4. Sistema Secundario o Hot Standby.....	53
4.1.3.5. Sistema de Módulos Remotos de Entradas y Salidas. ....	54
4.1.3.6. DROP No. 1: Cuarto de Control.....	54
4.1.3.7. DROP No. 2: Grupo de Bombeo Reserva (GBD R).....	55
4.1.3.8. DROP No. 3: Grupos de Bombeo Diesel (GBD 1, 2 y 3). ....	55
4.1.3.9. DROP No. 4: Grupos de Bombeo Diesel (GBD 1, 2 y 3). ....	56
4.1.3.10. Gabinetes para equipos de instrumentación.....	56
4.1.3.11. Sistema Supervisorio. ....	57
4.1.3.12. Modos de Operación.....	58
4.1.3.12.1. Modo Automático.....	58
4.1.3.12.2. Modo Manual.....	59
4.1.3.13. Alarmas.....	60
4.1.3.13.1. Alarmas críticas (Alarma Roja). ....	60
4.1.3.13.2. Alarmas Preventivas (Alarma Amarilla). ....	60
4.1.3.13.3. Mensajes de Información (Eventos) (Alarma Blanca). ....	60
4.1.3.14. Sistema de Reporte. ....	61

4.1.3.15. Control de acceso.....	61
4.1.3.16. Programación de los PLC's.....	62
4.2. INGENIERÍA DE DETALLE.....	63
4.2.1. Estudio de Clasificación de áreas peligrosas.....	63
4.2.1.1. Consideraciones para la Clasificación de las Áreas.....	63
4.2.2. Listado de Entradas y Salidas.....	66
4.2.3. Típicos de Instalación.....	67
4.2.4. Documentación causa efecto.....	67
4.2.5. Documentación AsBuilt.....	67
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>68</b>
PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN.....	68
5.1. LÓGICA DE CONTROL.....	68
5.2. INTERFACES HMI's.....	96
5.3. SIMULACIÓN.....	101
<b>CAPITULO 6.....</b>	<b>107</b>
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	107
6.1. PRUEBAS Y RESULTADOS.....	107
6.1.1 Prueba realizadas.....	107
6.1.2 Prueba realizadas con el sistema automatizado en marcha.....	112
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>116</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
7.1. CONCLUSIONES.....	116
7.2. RECOMENDACIONES.....	118
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>A</b>
LISTADO DE ENTRADAS Y SALIDAS.....	A
<b>ANEXO B.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
TÍPICOS DE INSTALACIÓN.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>ANEXO C.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DOCUMENTACIÓN CAUSA EFECTO.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>ANEXO D.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DOCUMENTACIÓN ASBUILT.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS Y DIAGRAMAS

### CAPITULO 1

#### INTRODUCCIÓN

Figura 1.1. Descripción de la estación de bombeo .....	6
Figura 1.2. P&ID Grupo de Bombeo Diesel.....	8

### CAPITULO 2

#### CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO

Figura 2.1. Manifold Principal.....	13
Figura 2.2. Motor Bazan - Man .....	16
Figura 2.3. Multiplicador de Velocidad.....	17
Figura 2.4. Manifold Secundario de Salida. ....	19

### CAPITULO 3

#### REQUERIMIENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

Figura 3.1. Rampa de subida arranque – ralentí grupo de baja .....	32
Figura 3.2. Rampa de subida arranque – ralentí grupo de alta .....	33
Figura 3.3. Rampa de relación entre descarga y recirculación. ....	34
Figura 3.4. Rampa de subida ralentí – operación normal. ....	34
Figura 3.5. Rampa de bajada, operación normal – ralentí. ....	36
Figura 3.6. Rampa de bajada ralentí – apagado.....	36

### CAPITULO 4

#### INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE

Clasificación de equipos por División.....	65
--------------------------------------------	----

### CAPITULO 5

#### PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN

Diagrama 5.1. Inicio de la lógica de control.....	68
Diagrama 5.2. Verificación de orden para apertura de válvulas en modo manual .....	69
Diagrama 5.3. Verificación de orden para apertura de válvulas en modo manual .....	70
Diagrama 5.4. Verificación de orden para encendido de motores en modo manual .....	71
Diagrama 5.5. Verificación de orden para encendido de motores en modo manual. ....	72
Diagrama 5.6. Verificación de orden para cierre de válvulas en modo manual .....	73
Diagrama 5.7. Verificación de orden para cierre de válvulas en modo manual .....	74
Diagrama 5.8. Verificación de orden para cierre de válvulas y motores.....	75
Diagrama 5.9. Verificación de orden para cierre de válvulas y motores.....	76
Diagrama 5.10. Inicio Modo Automático.....	77
Diagrama 5.11. Verificación del tanque que del que se va a despachar el producto.....	78

Diagrama 5.12. Verificación de orden para apertura de válvulas y encendido de motores en modo automático.....	79
Diagrama 5.13. Verificación de orden para apertura de válvulas y encendido de motores en modo automático.....	80
Diagrama 5.14. Verificación de orden para apertura de válvulas y encendido de motores en modo automático.....	81
Diagrama 5.15. Verificación de orden para encendido de motores en modo manual.....	82
Diagrama 5.17. Llamado a secuencia de Reset Stop.....	84
Diagrama 5.18. Inicio de Secuencia de apertura de Válvulas.....	85
Diagrama 5.20. Inicio de Secuencia de encendido de Bombas.....	87
Diagrama 5.21. Inicio de Secuencia de encendido de Bombas.....	88
Diagrama 5.22. Inicio de Secuencia de encendido de Bombas.....	89
Diagrama 5.23. Inicio de Secuencia de cierre de Válvulas.....	90
Diagrama 5.24. Inicio de secuencia de Reset Stop.....	91
Diagrama 5.25. Inicio de función Gen.....	92
Diagrama 5.26. Inicio de función Gen.....	93
Diagrama 5.28. Inicio de secuencia de arranque de grupos de bombeo Diesel.....	95
Figura 5.1. Pantalla de Ingreso de usuario.....	96
Figura 5.2. Barra de Navegación.....	96
Figura 5.3. Barra de Estado.....	97
Figura 5.4. Pantalla de ingreso de parámetros.....	97
Figura 5.5. Ventana de Alerta.....	97
Figura 5.6. Histórico de Alarmas.....	98
Figura 5.7. Vantana de modo manual para mantenimiento.....	98
Figura 5.8. Ventana de Condiciones de Grupos.....	99
Figura 5.9. Visión de grupos operativos.....	100
Figura 5.10. Históricos de condiciones.....	100
Figura 5.11. Control de Velocidad.....	100
Figura 5.12. Visión general de la estación.....	101
Figura 5.13. Simulador propio de Concept V 2.6.....	102
Figura 5.14. Descarga de lógica de Control en Simulador.....	102
Figura 5.15. Simulación de apertura de válvulas.....	103
Figura 5.16. Estado de variables simuladas.....	103
Figura 5.17. Habilidad de variables para simulación.....	104
Figura 5.18. Simulación de parada de emergencia.....	105
Figura 5.19. Simulación de condiciones de paro.....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

Tabla 1.1. Listado De Variables .....	7
---------------------------------------	---

### CAPITULO 2 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO

Tabla 2.1. Detalles de Bombas Booster .....	14
Tabla 2.2. Detalles de Contadores de Combustible .....	14
Tabla 2.3. Detalles Bomba Centrífuga Byron - Jackson .....	18
Tabla 2.4. Detalles Compresor de Aire. ....	18

### CAPITULO 4 INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE

Tabla 4.1. Características principales de Computadores .....	41
Tabla 4.1. Características principales de Impresoras .....	41
Tabla 4.3. Características principales del CPU del PLC .....	42
Tabla 4.4. Características principales de la Fuente de Alimentación .....	42
Tabla 4.5. Características principales del Módulo Ethernet .....	44
Tabla 4.6. Características principales de la Fuente de Poder .....	44
Tabla 4.7. Características principales del módulo RIO Head .....	46
Tabla 4.8. Características principales del módulo RIO Drop .....	46
Tabla 4.9. Características principales del módulo 140 DDO 353 00. ....	47
Tabla 4.10. Características principales del módulo de entradas analógicas. ....	47
Tabla 4.11. Características principales del módulo de salidas analógicas .....	48
Tabla 4.12. Características principales del módulo de entradas a RTD. ....	48
Tabla 4.13. Características principales del módulo de entradas de Termocupla. ....	48
Tabla 4.14. Características principales del sistema UPS .....	49
Tabla 4.15. Características principales del Switch Industrial .....	50
Tabla 4.16. Elementos del sistema primario .....	53
Tabla 4.17. Elementos del Sistema secundario .....	53
Tabla 4.18. Elementos del DROP No. 1 .....	54
Tabla 4.19. Elementos del DROP No. 2 .....	55
Tabla 4.20. Elementos del DROP No. 3 .....	55
Tabla 4.21. Elementos del DROP No. 4 .....	56
Tabla 4.22. Clasificación por Áreas y Grupos .....	64
Tabla 4.23. Clasificación por División .....	65

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

REDPOL es un Sistema de Bombeo prototipo que pretende ser utilizado como sistema piloto para la automatización de estaciones de bombeo convencionales que se encuentran instaladas en el país, las cuales se encuentran funcionando actualmente con tecnología basada en contactores y tarjetas electrónicas.

La Estación de Bombeo REDPOL prototipo consta de tres grupos de bombeo, cada uno con motores marca MAN a diesel aproximadamente de 500 HP, un multiplicador de 1500 a 3800 RPM y una bomba de 8 etapas. El objetivo principal de la estación es abastecer de gasolina extra, gasolina súper, diesel 1 y diesel 2 por medio de un poliducto a cualquier Terminal de Productos Limpios.

Los sistemas de control en diferentes estaciones de bombeo tienen una tecnología de hace 25 años, lo que ha implicado que los repuestos ya no se fabriquen o se los haga bajo pedido, resultando su adquisición muy onerosa, elevándose también los costos de mantenimiento y presentado por ello la necesidad empezar con la modernización y automatización de dichas Estaciones.

### 1.2. OBJETIVOS

#### 1.2.1 Objetivo general

Realizar la Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalle y Simulación de la Automatización del Sistema de Bombeo REDPOL



### 1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar las condiciones de operación para un sistema de bombeo de tres Grupos
- Determinar los requerimientos mínimos, normas y especificaciones que se deben tomar en cuenta para la automatización del sistema de bombeo para la estación Piloto REDPOL
- Realizar la Ingeniería Básica y de Detalle del sistema
- Desarrollar las HMIs que permitirán la operación y supervisión del sistema
- Programar y Simular la lógica de control (basada en PLCs) del sistema
- Documentar adecuadamente el proyecto

### 1.3. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

El sistema que se va a diseñar y simular pretende automatizar la mayor parte de las tareas que deben realizar los operadores de las estaciones de bombeo de los diferentes poliductos, evitando así los errores humanos, o ayudando a detectar errores, tanto mecánicos como de operación.

Una vez concluido el Plan Piloto, al mostrar las bondades del sistema, será factible empezar con la automatización de estaciones de bombeo que así lo requieran.

El Sistema operará y monitoreará los grupos de bombeo de la estación desde computadores, mediante una HMI se activarán los grupos de bombeo eludiendo así realizar una complicada secuencia de activación de Switchs, pulsadores y selectores de un complejo tablero.

Por lo anteriormente citado la ejecución de este proyecto se justifica y es importante por cuanto:

- El sistema de control y supervisión integrará efectivamente los distintos subsistemas que componen la estación para conseguir organizar, sincronizar y comunicar entre si todos los procesos.
- Optimizará la operación de la estación, reduciendo los tiempos muertos y las operaciones improductivas, con lo cual se reducirá los costos de operación, además se eliminará los inconvenientes actuales con respecto a equipos discontinuados.
- Se diseñará el sistema de control de manera redundante principal, a través de un PLC primario y un PLC secundario en StandBy, con lo cual se garantizará la seguridad en su operación, incrementando así tanto la seguridad del personal como la de los equipos dentro del poliducto.
- La solución a diseñarse será flexible y estándar por lo cual permitirá en lo posterior la integración con sistemas existentes ya automatizados, así como acceder sin inconvenientes a partes, repuestos y una eficiente asesoría técnica.
- Se diseñará una red Ethernet de 100 Mbps para enlazar los PLCs de control en las distintas áreas y los computadores de visualización y control, para dar facilidad de compartir recursos como impresoras, escáneres, etc.
- Se extenderá el proyecto al área administrativa, en razón de que el sistema supervisorio contará con un control de accesos, con lo cual se podrá, al final de cada turno, imprimir los procesos mayormente relevantes en este periodo como son alarmas, acciones tomadas, operaciones, etc.

Este proyecto en su totalidad pretende realizar la ingeniería básica y de detalle de la automatización del sistema de bombeo de la Estación Piloto REDPOL. Para ello se determinarán los requerimientos y especificaciones mínimos para el diseño, fabricación, selección de materiales, pruebas y entrega de documentación técnica rigiéndose en las normas API 610 o similar para el manejo de productos limpios (gasolina, diesel, etc.)

El sistema de control automático constará de dos PLCs configurados de manera redundante con sus respectivos Remote I/O, una HMI, dos PCs y un Terminal de Operador Touch Screen.

Se realizarán pantallas HMIs en InTouch y se programará la lógica de control de los PLCs en Concept, lo cual permitirá realizar una simulación de todas las condiciones de operación, gracias al simulador que viene incluido con el software (Concept), el cual puede ejecutarse desde cualquier computador dentro de la red, emulando a un PLC.

#### **1.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO REDPOL**

REDPOL es un Sistema de Bombeo prototipo que pretende ser utilizado como sistema piloto para la automatización de estaciones de bombeo convencionales que se encuentran instaladas en el país, las cuales se encuentran funcionando actualmente con tecnología basada en contactores y tarjetas electrónicas.

La Estación de Bombeo REDPOL prototipo consta de tres grupos de bombeo, cada uno con motores marca MAN a diesel aproximadamente de 500 HP, un multiplicador de 1500 a 3800 RPM y una bomba de 8 etapas. El objetivo principal de la estación es abastecer de gasolina extra, gasolina súper, diesel 1 y diesel 2 por medio de un poliducto a cualquier Terminal de Productos Limpios.

La estación de bombeo REDPOL no cuenta con una instrumentación acorde a los avances tecnológicos de la época, por lo que ha sido necesario realizar un plan para automatizar los equipos y actualizar el sistema.

Actualmente todas las válvulas son de accionamiento manual, lo cual retrasa el inicio de operaciones y además por la dificultad de manejo ha hecho que los operadores acostumbren dejarlas abiertas, pudiendo ocasionar fugas y otros problemas.

De manera general la estación de bombeo REDPOL está constituida por los siguientes equipos de campo como se puede ver en la figura 1.1.

- Un Manifold Principal.

Es el encargado de direccionar los productos hacia la bomba Booster, abriendo la válvula correspondiente al tanque del que se va a evacuar el producto y ubicando la válvula de tres vías al lado del mismo.

- Bombas Booster.

Se encarga de aumentar la presión del producto por sobre la mínima requerida para el correcto funcionamiento de las bombas, siendo esta por lo menos 50 PSI, evitando así que exista cavitación en las bombas.

- Contadores de Combustible.

Son contadores mecánicos de paletas giratorias, los cuales se usan para medir el caudal bombeado a lo largo de la partida.

- Grupos de Bombeo.

Son los que se encargan de proporcionar el giro necesario para el funcionamiento de las bombas, trabajando siempre dos equipos en serie, el primero llamado de baja presión y el segundo de alta presión, proporcionando así, en conjunto con las bombas, la presión necesaria para empujar el producto a lo largo del poliducto.

- Manifold Entrada y Salida.

Se usa para alinear cual de los equipos recibirá el producto, dando así la oportunidad de tener un grupo de bombeo en Standby en caso de que alguno de los otros llegara a tener problemas en su funcionamiento.

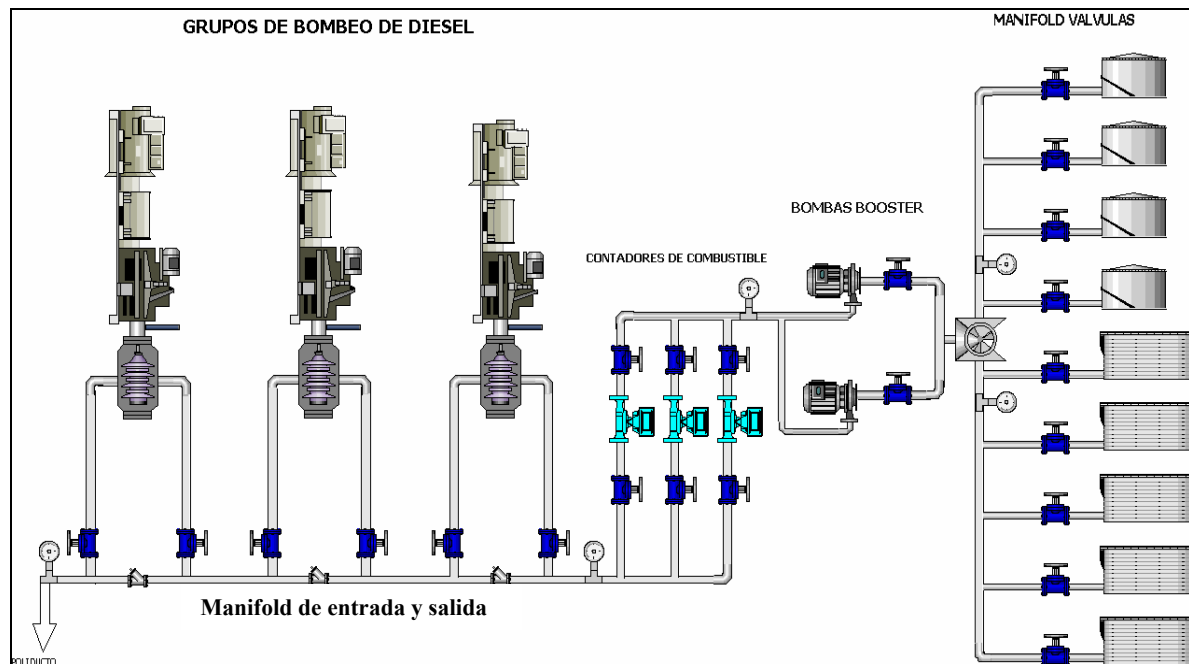


Figura 1.1. Descripción de la estación de bombeo

El procedimiento para inicio y paralización de operaciones se muestra en el capítulo II sección 1 y las especificaciones de estos equipos se detallan a continuación en el capítulo II sección tres.

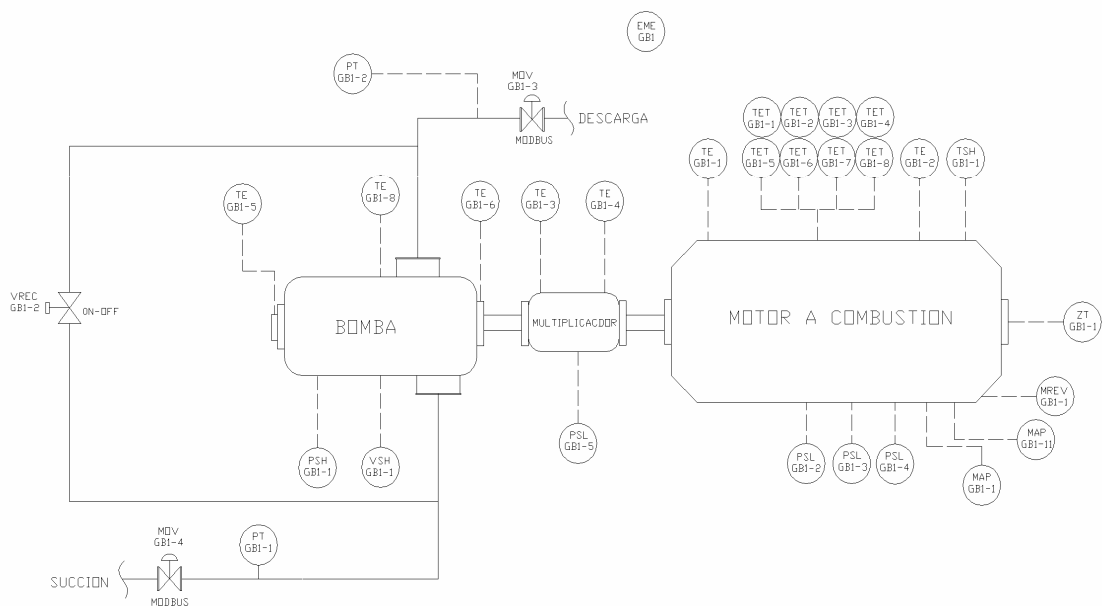
Con el propósito de automatizar la operación y control de los grupos de bombeo indicados se deberá integrar las variables que se muestran en la Tabla 1.1 considerándose estas básicas dentro del sistema para así poder tener un correcto control y una buena supervisión de los equipos que componen la estación de bombeo.

Tabla 1.1. Listado De Variables

GRUPOS DE BOMBEO DIESEL (GRUPO TIPO)			
TAG	SERVICIO	TIPO	OBSERVACIÓN
PT-03	Transmisor de presión en la descarga	4-20 mA, Hart	
PT-04	Transmisor de presión en la succión	4-20 mA, Hart	
VREC-01	Válvula de recirculación	4-20 mA, Hart	
PSH-02	Alta presión en la descarga	Discreta	General para estación
PSL-02	Baja presión en la succión	Discreta	General para estación
MOV-DES	Actuador para Válvula de descarga	Modbus RS-485	
MOV-SUC	Actuador para Válvula de succión	Modbus RS-485	
TE-13	Temperatura agua de enfriamiento	RTD	Antes termómetro de Hg
TE-14	Temperatura aceite	RTD	Antes termómetro de Hg
TET-1	Temperatura culata 1	Termocupla	Antes termómetro de Hg
TET-2	Temperatura culata 2	Termocupla	Antes termómetro de Hg
TET-3	Temperatura culata 3	Termocupla	Antes termómetro de Hg
TET-4	Temperatura culata 4	Termocupla	Antes termómetro de Hg
TET-5	Temperatura culata 5	Termocupla	Antes termómetro de Hg
TET-6	Temperatura culata 6	Termocupla	Antes termómetro de Hg
TET-7	Temperatura culata 7	Termocupla	Antes termómetro de Hg
TET-8	Temperatura culata 8	Termocupla	Antes termómetro de Hg
PSL-05	Baja presión de aceite	Discreta	
PSH-05	Alta presión de aceite	Discreta	
PSL-06	Baja presión de agua	Discreta	
PSL-07	Baja presión de aire	Discreta	
TSH-01	Alta Temperatura de aceite	Discreta	
MAP-01	Control de arranque/parada	Discreta	Remoto
MAP-11	Control de arranque/parada	Discreta	Local
ZT-01	Revoluciones	4-20 mA	
MREV-01	Control de revoluciones	4-20 mA	
TE-15	Temperatura aceite de multiplicador	RTD	Antes termómetro de Hg
TE-16	Temperatura aceite de multiplicador	RTD	Antes termómetro de Hg
PSL-08	Baja presión de aceite multiplicador	Discreta	
TE-17	Temperatura cojinete anterior	RTD	Antes termómetro de Hg
TE-18	Temperatura cojinete posterior	RTD	Antes termómetro de Hg
TE-19	Temperatura cojinete de empuje	RTD	Antes termómetro de Hg
TE-20	Temperatura de la carcasa	RTD	Antes termómetro de Hg
VSH-05	Vibración excesiva	4-20 mA	
EME-01	Paro de emergencia	Discreta	

Todos estos sensores serán colocados y monitoreados para tener un control más preciso y así garantizar la seguridad del personal y los equipos.

La figura 1.2 muestra la ubicación de los sensores detallados en la tabla 1.1, los cuales son indispensables para el monitoreo de las condiciones de un grupo de bombeo, tanto como los sensores del motor como los de la bomba y el multiplicador deben ser integrados al sistema automatizado.



**Figura 1.2. P&ID Grupo de Bombeo Diesel**

Entre estos sensores y actuadores se tienen:

Transmisores de presión (PTs) en las líneas succión y descarga de los grupos, los cuales dan parámetros operativos para proteger la bomba y controlar la presión de salida de la estación.

Una válvula On – Off acoplada a la línea de recirculación (VREC) para controlar la secuencia de arranque de los grupos de bombeo.

Switchs de presión (PSL) y temperatura (TSH) para alertar al personal de operación sobre condiciones incorrectas en el estado del aceite del motor, debiendo este trabajar con no menos de 50 PSI y una temperatura menor a 60 °C. Si se dan condiciones erróneas los Switches conmutan y detienen los grupos de bombeo.

Termocuplas tipo J (TET), instaladas en las culatas de los grupos de bombeo con el fin de controlar la correcta operación de los pistones y las cámaras de explosión. Si existe una diferencia de temperatura de más de 70 °C existe un problema con el funcionamiento del motor.

RTDs (TE) instaladas en los cojinetes y carcasa de la bomba, en la línea de aceite de refrigeración del multiplicador y en la línea de agua de enfriamiento del motor.

Un sensor de velocidad (ZT) el cual monitorea la velocidad del motor, no debiendo este sobrepasar las 1300 RPM y un sensor de Vibración (VSH) para verificar que no existan vibraciones indeseadas en todo el grupo de bombeo.

Y botoneras (MAP) y (EME) para poder arrancar y detener los motores localmente y adicionalmente ejecutar una parada de emergencia si existiesen condiciones que así lo requieran.



## **CAPÍTULO 2**

### **CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO**

A continuación se definirá las condiciones de arranque y paralización de operaciones de la estación de bombeo REDPOL:

#### **2.1. CONDICIONES DE ARRANQUE Y PARALIZACIÓN DE OPERACIONES**

##### **2.1.1. Procedimiento de inicio de operaciones**

1. Aforo manual del tanque a evacuar.
2. Apertura manual de la válvula correspondiente al producto deseado del manifold de la estación de bombeo REDPOL.
3. Alineación manual de las válvulas de entrada y salida del medidor de caudal seleccionado.
4. Lectura y registro de inicio para contabilización del medidor de caudal.
5. Alineación manual de las válvulas de Succión y Descarga de dos grupos principales de bombeo.
6. Arranque manual de los motores principales hasta el punto de ralentí (Aproximado 800 RPM)
7. Arranque manual de las bombas Booster y de Enfriamiento de aceite de los motores.

8. Embrague manual para acoplar MOTOR – INCREMENTADOR – BOMBA, y puesta en línea del grupo principal de baja.
9. Embrague manual para acoplar MOTOR – INCREMENTADOR – BOMBA, y puesta en línea del grupo principal de alta.
10. Regulación manual de las RPM de los dos grupos que se encuentran en operación.
11. Verificación de presiones requeridas de operación de Succión y Descarga de la estación, (Para el procedimiento comparamos lecturas de manómetros en la salas de bombas)
12. Control y registro visual horario del caudal bombeado en la sala de contadores.
13. Control horario de temperaturas, presiones de operación y equipos principales en la sala de máquinas con la ayuda de manómetros y termómetros instalados en los equipos.

### **2.1.2. Procedimiento de Paralización de Operaciones**

1. Disminución o “Baja de RPM”, del grupo de alta.
2. Disminución o “Baja de RPM”, del grupo de baja.
3. Desacople de BOMBA – MULTIPLICADOR – MOTOR DE ALTA.
4. Desacople de BOMBA – MULTIPLICADOR – MOTOR DE BAJA.
5. Desactivación de la bomba booster y apagado de motores principales.
6. Cierre manual de válvulas de los medidores.

7. Cierre manual de la válvula del manifold del tanque de la estación de bombeo REDPOL.
8. Contabilización final de volúmenes evacuados.
9. Cierre manual de válvulas de Succión y Descarga de los grupos principales de bombeo.
10. Cierre de válvula del pie de tanque.
11. Aforo manual y fiscalización del final del Tanque.

## **2.2. INCONVENIENTES DEL SISTEMAS Y EQUIPOS**

Los sistemas de control tienen una tecnología de hace 25 años, lo que implica que los repuestos ya no se fabriquen o se los haga bajo pedido, resultando su adquisición muy onerosa, elevándose también los costos de mantenimiento.

Su sistema de control se basa en controlar la presión de succión mínima de funcionamiento de las bombas.

Los instrumentos existentes debido a su antigüedad han perdido precisión, lo que implica que se deba hacer verificaciones con equipos certificados constantemente, por lo que al instalar equipos nuevos y precisos la frecuencia de este procedimiento se podrá reducir significativamente, dando mayor seguridad al personal de operaciones.

## **2.3. ANÁLISIS GENERAL DE EQUIPOS**

### **2.3.1. Manifold Principal.**

El Manifold Principal es el encargado de direccionar los productos hacia la Bomba Booster.

El manifold principal ostenta dentro de su arreglo un juego de válvulas de diferentes tipos, sus especificaciones más relevantes son:

- Válvulas de compuerta Cameron de 8" ANSI 150
- Válvulas Check Walwort de 8" ANSI 150
- Válvulas de compuerta Cameron de 4" ANSI 150




**Figura 2.1. Manifold Principal.**

Las válvulas de 4 pulgadas de diámetro son manipuladas cuando se requiere vaciar el manifold para realizar procesos como trabajos de limpieza o cambio de equipos, estas válvulas se encuentran conectadas a la tubería que se dirige hacia el tanque sumidero.

### **2.3.2. Bomba Booster.**

La Bomba Booster se encarga de aumentar la presión del producto por sobre la mínima requerida para el correcto funcionamiento de las bombas multi-etapas, ya que al momento de salir el manifold principal tienen una presión aproximada de 20 PSI, siendo la presión mínima 50 PSI.

**Tabla 2.1. Detalles de Bombas Booster**

Equipo	Características
	Bombas Byron Jackson
	Caudal 163 m <sup>3</sup> / h
	Voltaje de Entrada 230 V - 60 Hz
	Corriente 20.8 A
	Velocidad de Giro 3540 RPM

### 2.3.3. Contadores de Combustible.

Los contadores de combustible son marca BROOKS INSTRUMENTS DIVISION EMERSON ELECTRIC C.O.

Los contadores funcionan mediante medidores de paletas giratorias las cuales miden el caudal en forma directa por medio de dos alabes engranados entre sí que giran en sentidos opuestos manteniendo una posición relativamente fija y desplazando en cada revolución un volumen fijo de producto.

**Tabla 2.2. Detalles de Contadores de Combustible.**

Equipo	Características
	Flujo Mínimo 120 GPM
	Presión Máx. 150 PSI
	Flujo Máximo 600 GPH

### **2.3.4. Grupos de Bombeo.**

Los grupos de bombeo se encuentran constituidos por los siguientes equipos:

#### **2.3.4.1. Motores de Combustión Interna.**

Los tres motores que conforman la estación de bombeo REDPOL son de marca BAZAN – MAN.

Estos poseen un sistema de precalentamiento que los mantienen en condiciones necesarias para encenderlos en el momento que se necesite realizar el bombeo el cual es encendido solo cuando los grupos se encuentran detenidos.

Estos motores son los que se encargan de proporcionar el giro que necesitan las bombas para poder operar, teniendo las siguientes características:

Características generales de los motores

Potencia: 495 KW

Velocidad: 1500 RPM

Año de fabricación: 1970

Tipo: R8V 16/18 TLS

#### **2.3.4.2. Sistema de combustible:**

Las bombas de inyección de combustible están diseñadas como bombas de bloque; trabajan con distribución de canto oblicuo y son refrigeradas por el combustible sobrante.

Las bombas inyectoras están enlazadas al accionamiento mediante acoplamientos de láminas. Se ha provisto a los motores de reguladores automáticos de inyección.

### 2.3.4.3. Sistema de arranque:

Puesta en marcha neumática mediante motor de aire comprimido y válvulas de arranque en distintos cilindros.

### 2.3.4.4. Regulador:

Regulador hidráulico, con poca caída de velocidad y provisto de instalaciones adicionales para la regulación del servo campo. El ajuste de revoluciones es manual, o puede ser neumático para tener telemando.

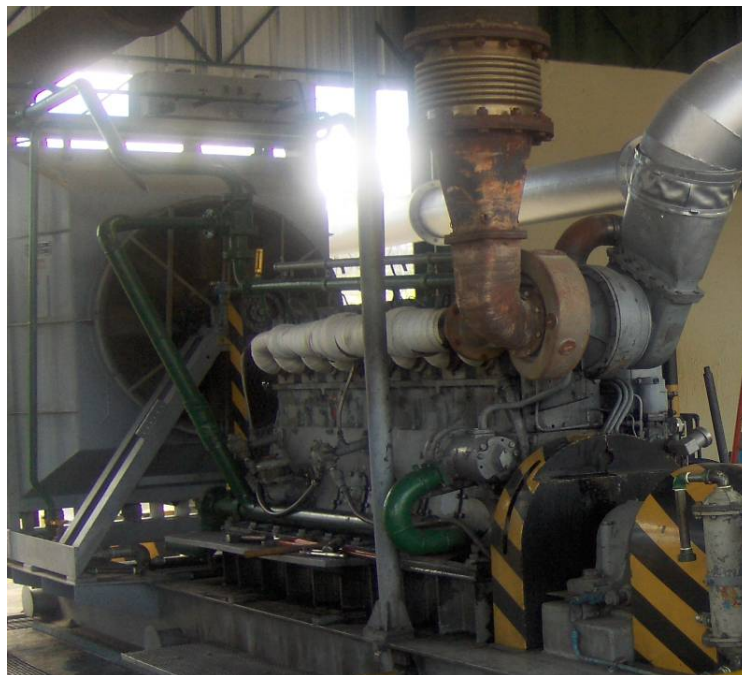


Figura 2.2. Motor Bazan - Man

### 2.3.4.5. Multiplicador de Velocidad.

Cada uno de los motores antes mencionados posee dentro de su estructura de funcionamiento un multiplicador de velocidad marca CITROEN CAMPABADAL, de fabricación Argentina año 1990 este multiplicador permite incrementar la velocidad de giro para que se pueda acoplar a la bomba.

En el extremo izquierdo de cada motor se encuentra el multiplicador sujeto por medio de un juego de engranajes los cuales a su vez son los encargados de aumentar las R.P.M., esta velocidad de giro es transmitida a la Bomba Multi-etapas por medio de un matrimonio que se encuentra al otro lado del multiplicador.



**Figura 2.3. Multiplicador de Velocidad.**

#### **2.3.4.6. Bombas Centrífugas Multi-etapas.**

Una vez que el producto ha pasado por los contadores, este se dirige por medio del manifold de entrada y salida hacia las Bombas Centrífugas Multi-etapas, estas bombas son las encargadas de elevar la presión mediante la velocidad de giro proporcionada por los Motores y los Multiplicadores de Velocidad.

Las bombas centrífugas multi-etapas son de origen argentino de marca BYRON JACKSON, estas bombas pueden bombear fluidos, además se encuentran asociadas a los multiplicadores de velocidad.

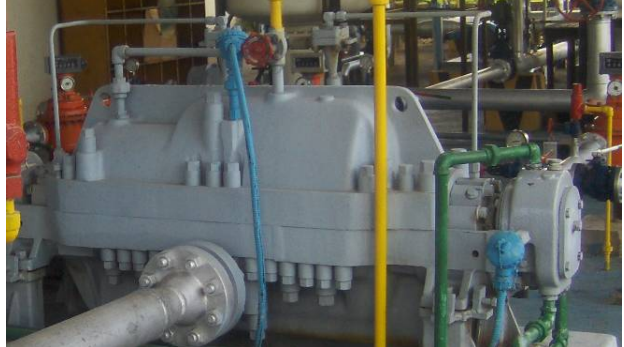
Al transportar los diferentes productos hacia las estaciones, de los tres grupos de bombeo solo operan dos, mientras el otro se encuentra parado sirviendo así de respaldo en caso de que uno de los dos haya fallado.

El producto llega al primer grupo (grupo de Baja presión) a través de su respectiva válvula de succión, teniendo a la entrada 50 PSI y a la salida 450 PSI, para que así luego el producto pase por la válvula de descarga del grupo de baja presión e ingrese por la de succión



del segundo grupo (grupo de Alta Presión) teniendo a la entrada 430 PSI y a su salida alrededor de 1100 PSI dependiendo esta presión del Producto que se encuentre antes y después de la línea y su respectiva densidad saliendo por la válvula de descarga e ingresando a la línea del poliducto para así transportar el producto hasta la terminal receptora.

**Tabla 2.3. Detalles Bomba Centrífuga Byron - Jackson**

Equipo	Características
	Flujo Máximo 600 GPM
	Velocidad de giro Max. 3774 RPM

Se tiene equipos adicionales para el funcionamiento de los grupos de bombeo que los mencionamos a continuación:

### 2.3.5. Compresores de Aire.

Los compresores de aire tienen motores eléctricos trifásicos, son de marca ANGA contruidos en el año de 1990, tienen la función de llenar las botellas de aire que para permitir el arranque de los motores, estas tienen las siguientes características de diseño:

**Tabla 2.4. Detalles Compresor de Aire.**

Equipo	Características
	Voltaje de Entrada 440 V
	Corriente 15.3 A
	Potencia 8.7 KW

### 2.3.6. Cilindros de Aire.

En la estación de bombeo REDPOL existen cinco cilindros que albergan el aire comprimido por el compresor.

El aire que se encuentra contenido en los cilindros, es utilizado al momento de encender los motores estacionarios de los grupos de bombeo Diesel.

### 2.3.7 Manifold Entrada y Salida.

Cuando los productos han alcanzado la presión necesaria para ser transportados por la línea que conecta las terminales correspondientes, el combustible atraviesa un arreglo de válvulas de diferentes tipos que son:

- Válvulas de compuerta Cameron de 6" ANSI 900 en la succión de los grupos.
- Válvulas de compuerta Cameron de 4" ANSI 900 en la descarga de los grupos
- Válvulas Check Walwort de 6" ANSI 900



Figura 2.4. Manifold Secundario de Salida.

### **2.3.8. Bomba de refrigeración aceite**

Existe una bomba de refrigeración de aceite para los tres grupos de bombeo a diesel existentes, esta bomba arranca automáticamente el momento que arranca el grupo de bombeo de baja presión con el fin de establecer la refrigeración de aceite necesaria para las unidades que van a operar.

### **2.3.9. Bombas de pre - lubricación**

Para establecer la lubricación necesaria existe una bomba de pre - lubricación para cada grupo de bombeo.

Estas bombas se encienden periódicamente de forma manual por 10 minutos cada hora mientras el grupo se encuentra apagado.

Además es una condición para el arranque de cualquiera de los grupos que esta bomba se encuentre prendida por 3 minutos antes del arranque del motor de la unidad.

### **2.3.10. Niquelinas de pre - calentamiento de agua**

Para establecer la temperatura adecuada de agua para el funcionamiento existen niquelinas de pre - calentamiento para cada grupo de bombeo. Si la temperatura de agua de enfriamiento es menor a 40°C se dificulta el arranque del motor.

Estas niquelinas se deben encender cuando el motor se encuentra apagado.

### **2.3.11. Bujías de arranque**

Para permitir la combustión en el arranque existen 8 bujías por cada grupo de bombeo.

Estas bujías se encienden manualmente por 50 segundos antes de arrancar el grupo y permanecen conectadas por 10 segundos más luego del arranque.

---

### **2.3.12. Motor de inhibición de corrosión**

Para evitar la corrosión interna de la tubería del poliducto existe un motor de inhibición el cual inyecta un químico a la tubería. El arranque de este es bajo consideración del personal de operaciones, puesto que no siempre cuentan con el químico anticorrosivo para ponerlo en la línea.

## CAPÍTULO 3

### REQUERIMIENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

#### 3.1. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS

El sistema que se va a implementar debe cumplir con las siguientes características Generales:

- Debe ser de fácil manejo gracias a un montaje simple y sencillez en cuanto a conexiones.
- Debe presentar estructura modular con las diferentes funciones repartidas en distintos módulos.
- Debe ser de gran adaptabilidad debido a los variados rangos de I/O ofrecidos.
- Su funcionamiento debe ser sin ventiladores para todas las aplicaciones normales.
- El montaje será sencillo, los módulos resistentes a vibraciones, polvo, ruido, suciedad, etc.
- La programación será relativamente sencilla y bastante modular.
- Debe ofrecer posibilidades de comunicación con otros PLCs o con PCs.
- El cableado será restringido a la conexión de los sensores y actuadores ubicados en el proceso.
- Debe requerir poco espacio.

- Debe facilitar la modificación del diseño en la tarea de control.
- Debe permitir un diagnóstico directo de falla.
- El sistema debe ser controlado en su totalidad desde un computador ubicado en el cuarto de control.
- Se deberá eliminar todas las tareas manuales que realizan los operadores.
- Las bombas deberán operar bajo cubierta bajo las siguientes condiciones ambientales:
  - Altitud 2910 m
  - Temperatura ambiente: de 5 a 25 Grados Celsius
  - Humedad Relativa media anual: 35 %
- Todos los equipos eléctricos deben ser a prueba de explosión adecuados para el uso en áreas clasificadas como clase 1, División 1, Grupo D, como lo prescribe NEC.
- Todo el cableado de los equipos eléctricos deberán tener las dimensiones establecidas por el NEC y su instalación igualmente se conformará a dichas normas.
- Los cables deben ser conductores de cobre, y con aislamiento resistente al calor y a la humedad, adecuado para sitios húmedos y secos.
- El sistema deberá tener un medidor de flujo másico que reemplace a los contadores mecánicos.

- Todos los instrumentos instalados deben ser accesibles para limpieza, reemplazo, reparos y mantenimiento sin tener que remover otros equipos, y sin tener que sacar de operaciones otros equipos.

### **3.2. NORMAS**

Las bombas deben cumplir la norma API 610 ó similar para el manejo de productos limpios (gasolina, diesel, etc.)

Para el dimensionamiento, y adquisición de la bomba se han aplicado las siguientes normas, especificaciones y códigos de referencia:

- American Petroleum Institute (API), Norma 610 “Centrifugal Pumps for General Refinery Services”, última edición.
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA), RN-1 Conductos rígidos de acero galvanizado (Parte 1) ICS 6 Adjuntos
- National Fire Protection Association (NFPA), 70-1894 National Electrical Code (NEC)

Los equipos, materiales y accesorios deberán cumplir con la última emisión de las siguientes normas y estándares.

- American National Standard Institute (ANSI)
- Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)
- American Petroleum Institute (API)
- Instrument Society of America (ISA)

- 
- National Electrical Manufactures Association (NEMA)
  - Electronic Industries Association (EIA)
  - National Fire Protection Association (NFPA)
  - American Society for Testing and Materials (ASTM)
  - American Welding Society (AWS)
  - Steel Structures Painting Council (SSPC)
  - Factory Mutual Engineering Corporations (FM)
  - National Electrical Manufacture (NEC)
  - Underwriters Laboratories (UL)
  - Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)
  - Organización Internacional de Metrología Legal (OIML)

Estas normas, códigos y estándares se consideran complementarios entre sí. Sin embargo, en caso de presentarse diferencias o contradicciones, se considerará la más estricta o exigente desde el punto de vista de seguridad y operación.

### **3.3. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN**

El presente apartado tiene como objetivo describir las especificaciones que se deben tomar en cuenta para la correcta operación del sistema de bombeo REDPOL



### 3.3.1. Requerimientos para operación

Para la correcta operación del sistema es necesario tener claros y cumplir con los siguientes requerimientos:

- Antes de iniciar cualquier operación se debe observar y verificar que existan los niveles mínimos de agua, aceite y químicos necesarios para el funcionamiento de los equipos del sistema. El operador debe garantizar estos niveles debido a que no son parte del sistema automático.
- Para realizar cualquier operación es necesario ingresar al sistema con el nombre de usuario y contraseña los cuales permiten realizar las acciones específicas de acuerdo a grados de seguridad y además permite controlar el desempeño del sistema durante cada turno de operación.
- El sistema permite dos modos de operación los cuales son manual y automático.
- En modo manual se puede accionar cada uno de los elementos de las unidades de bombeo en forma independiente. Este modo se utilizara únicamente por el personal mantenimiento y se accederá a este modo solamente cuando se tiene los permisos respectivos.
- En modo automático se operara normalmente el sistema de acuerdo a las fases que se detallan a continuación.

### 3.3.2. Fases de Operación

La operación de la estación de bombeo REDPOL se divide en las siguientes fases:

- Pre-arranque
- Arranque
- Operación normal
- Parada
- Parada de emergencia

### **3.3.2.1. PRE – ARRANQUE**

Esta fase tiene como objetivo garantizar los requerimientos mínimos para la operación del sistema de tal manera que se minimicen los riesgos tanto para los equipos como para los operadores.

Para cumplir con estos requerimientos se deben seguir los siguientes pasos en orden secuencial:

#### **a. Seteo de parámetros de operación**

El operador debe ingresar a la pantalla de parámetros en la cual establecerá lo siguiente:

Selección de unidad a utilizar:

- El operador debe seleccionar si va a realizar el despacho con el grupo de bombeo eléctrico o con el grupo de bombeo a diesel.
- Si va a realizar el despacho con el grupo de bombeo a diesel debe seleccionar los grupos que va a utilizar. Además se debe determinar la velocidad a la cual se desea realizar el bombeo para lo cual existirá un valor previamente seteado el cual podrá ser modificado por el operador.
- El sistema desplegará un contador de las horas de operación de cada unidad.
- La estación dispone de dos bombas booster las cuales funcionaran alternadamente por un tiempo determinado por el operador, existirá un valor de tiempo de funcionamiento previamente coordinado por el personal de operaciones.

### **b. Ingreso programación**

El operador debe ingresar los datos definidos en la programación de despacho los cuales son:

- Numero de partida
- Producto que se desea despachar sea este gasolina extra, gasolina súper, diesel 2 o diesel 1.
- Tanques de los cuales se desea bombear el producto y cantidad de cada tanque.

### **c. Alineación de válvulas**

Antes de poner en marcha cualquiera de las unidades de bombeo de la estación se debe abrir manualmente al 100% la válvula de pie del tanque del cual se desea realizar el despacho, ya que esta no forma parte del sistema automático.

Se abrirá al 100% la válvula del manifold correspondiente al tanque del cual se desea realizar el despacho, y la válvula correspondiente a la succión de la bomba booster que va a trabajar.

### **d. Requisitos para arranque de unidades de bombeo a diesel**

Si se han seleccionado los grupos de bombeo a diesel para realizar el despacho se sobreentiende cual será el grupo de bombeo que trabajara como grupo de baja presión y el grupo de bombeo que trabajara como grupo de alta presión. Para más detalle se explica a continuación el modo de funcionamiento de cada grupo dependiendo de la selección realizada.

- **GB1 y GB3**

GB1 Trabaja en baja presión

GB3 Trabaja en alta presión.

- **GB2 y GB3**

GB2 Trabaja en baja presión

GB3 Trabaja en alta presión.

- **GB1 y GB2**

GB1 Trabaja en baja presión

GB2 Trabaja en alta presión.

Además se deben cumplir las siguientes condiciones necesarias para el arranque de los grupos de bombeo:

**e. Compresores**

Si el switch de baja presión de aire de los grupos seleccionados como de alta y baja presión se encuentra activado se debe encender uno de los compresores, la selección de cual compresor debe trabajar debe ser definido por el operador.

El compresor seleccionado permanecerá encendido hasta que proporcione la suficiente presión de aire para el arranque de las unidades de bombeo a diesel. Esta presión es de 450 psi.

Existe un presóstato el cual indica la presión de aire, el cual da la señal de control para el funcionamiento de los compresores.

**f. Bomba de refrigeración aceite**

Existe una bomba de refrigeración de aceite para los tres grupos de bombeo a diesel existentes, esta bomba arranca automáticamente el momento que arranca el grupo de bombeo de baja presión con el fin de establecer la refrigeración de aceite necesaria para las unidades que van a operar.

**g. Bombas de pre - lubricación**

Para establecer la lubricación necesaria existe una bomba de pre - lubricación para cada grupo de bombeo.

Estas bombas se encienden automáticamente por 10 minutos cada hora mientras el grupo se encuentra apagado.

Además es una condición para el arranque de cualquiera de los grupos que esta bomba se encuentre prendida por 3 minutos antes del arranque del motor de la unidad.

**h. Niquelinas de pre - calentamiento de agua**

Para establecer la temperatura adecuada de agua para el funcionamiento existen niquelinas de pre - calentamiento para cada grupo de bombeo. Si la temperatura de agua de enfriamiento es menor a 40°C no permite el arranque del motor.

Estas niquelinas se deben encender automáticamente cuando el motor se encuentra apagado.

**i. Bujías de arranque**

Para permitir la combustión en el arranque existen 8 bujías por cada grupo de bombeo.

Estas bujías se deben encender automáticamente por 50 segundos antes de arrancar el grupo y permanecen conectadas por 10 segundos más luego del arranque.

#### **j. Motor inhibición de corrosión**

Para evitar la corrosión interna de la tubería del poliducto existe un motor de inhibición el cual inyecta un químico a la tubería. Este motor arranca solo cuando el personal de operaciones así lo requiera.

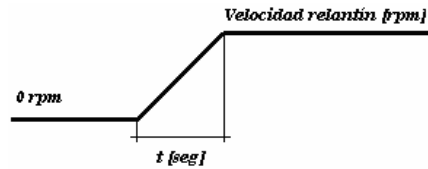
#### **3.3.2.2. ARRANQUE**

Esta fase tiene como objetivo realizar el arranque propiamente dicho de las unidades seleccionadas para el despacho del producto escogido, una vez completadas todas las tareas descritas en la fase de pre - arranque.

Si se han seleccionado los dos grupos de bombeo a diesel, los pasos que realizará el controlador para el arranque son los siguientes:

- Dar señal de arranque a los grupos de bombeo de diesel.
- Verificar la apertura al 100% de la válvula de recirculación del grupo de bombeo de baja presión.
- Abrir la válvula de succión del grupo de bombeo de baja presión al 100%.
- Arrancar la bomba Booster y verificar que exista una presión mínima de entrada de 50 psi, si la presión no es suficiente los grupos no arrancarán.
- Enviar la señal a la válvula la que permitirá que pase el aire necesario para el arranque del motor. El tiempo que debe permanecer abierta la válvula es de 10 segundos o hasta que el motor arranque.

- Se controla las revoluciones del motor del grupo de bombeo de baja presión mediante la rampa mostrada en la figura 3.1 que permite al gobernador del motor alcanzar la velocidad de ralentí establecida de 800 RPM en 20 seg.



**Figura 3.1. Rampa de subida arranque – ralentí grupo de baja**

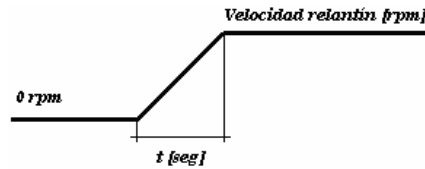
Si la velocidad del motor del grupo de bombeo de baja presión no alcanza la velocidad de ralentí de 800 RPM en 40 segundos se para el motor y se genera una falla de encendido.

Se puede resetear la falla de encendido y reintentar el arranque, o intentar el arranque con otro grupo.

Se puede realizar un máximo de 3 intentos de arranque continuos por una falla de encendido luego de lo cual se bloquea el arranque para que el operador cheque si existe algún problema mecánico con la con el grupo antes de realizar otro arranque. Este nuevo intento de arranque se podrá hacer luego de 20 min con el ingreso de contraseña y bajo responsabilidad del personal de mantenimiento el cual debe solucionar los problemas mecánicos que puedan presentarse.

- Abrir la válvula de descarga del grupo de bombeo de baja presión al 100%.
- Verificar la apertura al 100% de la válvula de recirculación del grupo de bombeo de alta presión.
- Abrir la válvula de succión del grupo de bombeo de alta presión al 100%.
- Enviar la señal a la válvula la que permitirá que pase el aire necesario para el arranque del motor. El tiempo que debe permanecer abierta la válvula es de 10 segundos.

Se controla las revoluciones del motor del grupo de bombeo de alta presión mediante la rampa mostrada en la figura 3.2 que permite al gobernador del motor alcanzar la velocidad de ralentí establecida de 800 RPM en 20 seg.



**Figura 3.2. Rampa de subida arranque – ralentí grupo de alta**

Si la velocidad del motor del grupo de bombeo de alta presión no alcanza la velocidad de ralentí de 800 RPM en 40 segundos se para el motor y se genera una falla de encendido.

Se puede resetear la falla de encendido y reintentar el arranque, o intentar el arranque con otro grupo.

Se puede realizar un máximo de 3 re-arranques continuos por una falla de encendido luego de lo cual se bloquea el arranque para que el operador cheque si existe algún problema mecánico con el grupo antes de realizar otro arranque. Este nuevo intento de arranque se podrá hacer luego de 20 min con el ingreso de contraseña y bajo responsabilidad del personal de mantenimiento el cual debe solucionar los problemas mecánicos que puedan presentarse.

Para iniciar el bombeo el sistema debe abrir la válvula de descarga del grupo de alta presión y cerrar las válvulas de recirculación de ambos grupos.

La relación de apertura y cierre de las válvulas de descarga y recirculación se muestra en la figura 3.3.



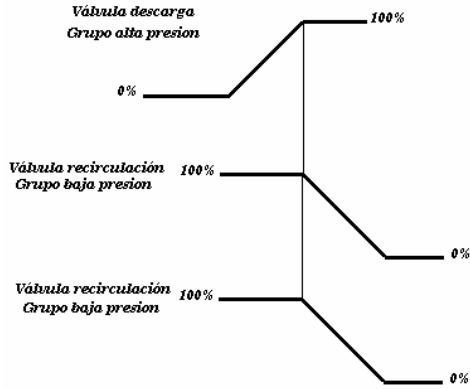


Figura 3.3. Rampa de relación entre descarga y recirculación.

Si no existen problemas con el arranque de las unidades se puede empezar con la operación de bombeo para lo cual se controla las revoluciones de los motores de los grupos de alta y baja presión.

El control de revoluciones lo realiza mediante las siguientes rampas que permiten al gobernador del motor alcanzar la velocidad de bombeo establecida de 1100 rpm en 3 minutos para el grupo de baja presión y de 1150 RPM en 4 minutos para el grupo de alta presión. Las rampas de incremento de velocidades de los grupos de baja y alta presión inician cuando la válvula de recirculación del grupo de baja presión se ha cerrado totalmente, como se muestra en la figura 3.4.

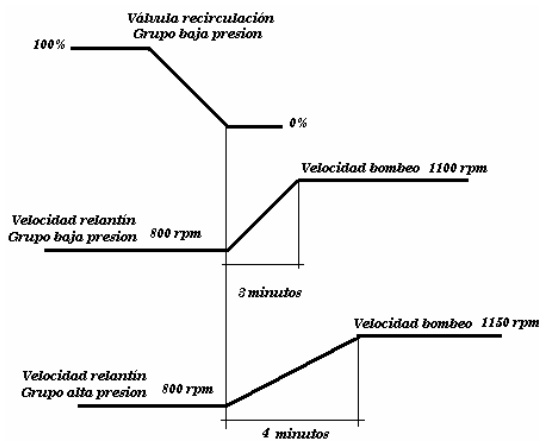


Figura 3.4. Rampa de subida ralentí – operación normal.

### **3.3.2.3. Operación normal**

Esta fase se realizará a una velocidad de bombeo establecida con la unidad seleccionada por el operador para el bombeo.

La operación de bombeo permite el cambio de producto sin necesidad de detener las unidades. Simplemente se requiere ingresar la programación para que el sistema alinee las válvulas correspondientes, y considerar las válvulas que requieren una alineación manual.

Se realizará el bombeo hasta que se complete la programación ingresada por el operador para ser despachada.

Durante esta fase se monitorean continuamente los parámetros de operación de la bomba definidos por el cliente.

Durante la operación normal de bombeo existirá un botón el cual permitirá un cambio de grupo controlado mediante el cual le permitirá al operador realizar una parada normal de un grupo y arrancar el que se encuentra de respaldo. Mientras se realiza el arranque del grupo de respaldo se debe bajar las revoluciones del motor que quedo funcionando a velocidad de ralenti.

### **3.3.2.4. Parada normal**

Se realiza una parada normal de la unidad por las siguientes razones:

- Una vez alcanzada programación definida por el operador para ser despachada.
- Cuando se generan alarmas no criticas de parámetros definidos por el cliente, luego de una confirmación por parte del operador.

Los pasos que se siguen para una parada normal de la unidad son los siguientes:

- Se reduce las revoluciones de los motores de los grupos de bombeo de alta y baja presión de acuerdo a las rampas mostradas en la figura 3.5 que permiten al gobernador de cada motor llegar a la velocidad de ralentí (800rpm).

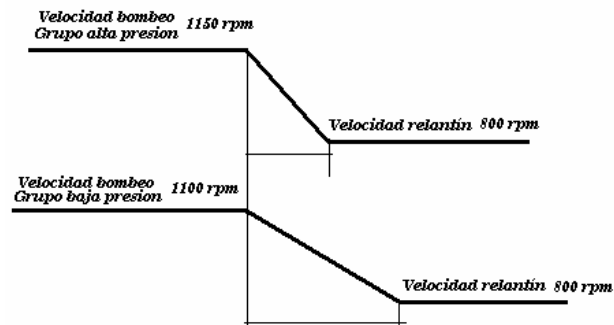


Figura 3.5. Rampa de bajada, operación normal – ralentí.

- Se debe abrir la válvula de recirculación del grupo de alta presión al 100%
- Se debe abrir la válvula de recirculación del grupo de baja presión al 100%
- Se debe cerrar la válvula de descarga del grupo de bombeo de alta presión.
- Se reduce las revoluciones de los motores de los grupos de bombeo de alta y baja presión de acuerdo a las rampas mostradas en la figura 3.6 que permiten al gobernador de cada motor reducir las revoluciones hasta detenerlos completamente.

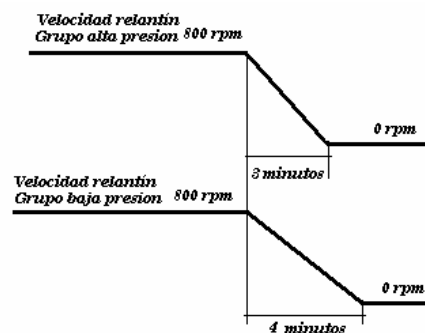


Figura 3.6. Rampa de bajada ralentí – apagado

- Una vez detenidas las unidades principales se apaga la bomba booster.

- Se cierra la válvula correspondiente a la succión del grupo de alta presión.
- Se cierra la válvula correspondiente a la descarga del grupo de baja presión.
- Se cierra la válvula correspondiente a la succión del grupo de baja presión.
- Se cierra la válvula correspondiente al tanque del cual se ha realizado el despacho.
- Se cierran las válvulas correspondientes a la succión de la bomba booster

#### **3.3.2.5. Parada emergencia**

Se realiza una parada de emergencia o shutdown de la estación cuando se generan alarmas críticas de parámetros definidos por el cliente y cuando se presionan los botones de parada de emergencia.

En una parada de emergencia se siguen los siguientes pasos:

- Se abren las válvulas de recirculación de la unidad que se encuentre operando.
- Se apaga el motor de la unidad o unidades que se encuentren operando.
- Se cierran las válvulas de succión, descarga y recirculación de la unidad que se encuentre operando.
- Se cierra la válvula correspondiente al tanque del cual se está realizado el despacho.
- Se cierran la válvula correspondiente a la succión de la bomba booster que se encuentra operando.

- Se genera una falla general del sistema que apaga cualquier unidad asociada al funcionamiento de las unidades principales y bloquea el encendido de cualquier unidad hasta que la falla sea reseteada por el personal de mantenimiento.

## CAPÍTULO 4

### INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE

#### 4.1. INGENIERÍA BÁSICA

##### 4.1.1 Arquitectura del sistema

Se instalará un Sistema de Control Redundante Principal, compuesto por un PLC Primario y un PLC Secundario en StandBy.

El Sistema de Control Redundante Principal se encargará de realizar el control de toda la estación de bombeo por lo cual se integrarán a este sistema las señales de campo de todos los sensores y equipos que componen la estación.

Los PLC's primario y secundario del Sistema de Control Redundante Principal serán de similares características tanto para procesamiento como para comunicación.

Sistemas remotos de adquisición de datos (Sistemas Remotos de Entradas y Salidas – Sistema RIO) serán instalados para la integración de señales concentradas en el campo. Estos sistemas remotos estarán compuestos por módulos de comunicación para enlazarse con el Sistema de Control Redundante Principal, como también se añadirán módulos de entradas y salidas de acuerdo a los requerimientos.

La arquitectura distribuida permitirá tener varios sistemas remotos de entradas y salidas (RIO Drops) ubicados en el cuarto de control y enlazadas al sistema de control principal (RIO Head) por medio de un enlace de comunicación físico de al menos 1 Mbps de velocidad.

Se instalarán los sistemas de control de cada una de los grupos de bombeo. Estos sistemas remotos serán instalados en un gabinete de control ubicado en un cuarto de control, como también los accesorios de conexión, control y protección.

Se instalarán PLC's que permitan integrar los actuadores al sistema de control. Los PLC's para este propósito deberán tener al menos un puerto con protocolo Modbus RS – 232 para el lazo entre actuadores.

La interfaz Hombre máquina la conformará es Sistema de Control Supervisorio, el cual será instalado en computadoras y será la interfaz gráfica que permita ver el estatus de la estación y operarla.

Se creará una carpeta donde se guarde todos los históricos de las variables relevantes para permitir una simple y fácil creación de curvas, reportes, vistas generales del sistema, etc. Se requiere que estos datos históricos almacenados sean de al menos 6 meses.

Se implementará una red Ethernet de 100 Mbps para enlazar los PLC's de control en las distintas áreas de manera que se de facilidades para compartir recursos como impresoras, scanner, etc.

Los PLC's deberán ser programados de manera que se permita realizar todos los procesos inherentes a la operación de la estación, en base a las señales de los equipos de campo y comandos del operador, cuya interface es el sistema supervisorio instalado en las computadoras.

La arquitectura del sistema se muestra en el anexo D, plano Arq-RP-001

#### **4.1.2. Especificaciones de Equipos**

##### **4.1.2.1. Computadores.**

Los computadores serán de marca HP que garanticen trabajo ininterrumpido y estable con las siguientes características principales:

**Tabla 4.1. Características principales de Computadores**

Arquitectura:	De escritorio, Minitower
Procesador:	Intel Pentium D, 2.2 GHz
Memoria RAM:	2 Gb
Disco Duro:	200 Gb
Puertos:	1 Serial, 6 USBs, 1 Paralelo.
Tarjeta de Red:	10/100 Mbps
Monitor:	21", color de alta resolución, flat panel.
CD ROM:	CD R/RW, DVD R/RW
Memoria de Video:	Intel Extreme Graphics
Periféricos:	Mouse, Teclados, Parlantes

**4.1.2.2. Impresora Láser.****Tabla 4.1. Características principales de Impresoras**

Interfaz	Paralelo / USB 2.0
Memoria	56 Mb de RAM
Compatibilidad	Windows XP, 200, ME, NT
Resolución	Hasta 1200 PPP (puntos por pulgada)
Velocidad de Impresión	20 ppm (páginas por minuto)
Capacidad	250 hojas de 75 mg en bandeja de entrada

**4.1.2.3. Módulo CPU.**

El PLC debe tener un reloj en tiempo real y ser modular y expandible con módulos I/O donde serán conectadas todas las señales externas.

En general las características comunes de los controladores deberán ser las siguientes:



**Tabla 4.3. Características principales del CPU del PLC**

Procesador	Intel 486 DX de 66 MHz con coprocesador Matemático
Memoria máxima de programa	886 Kbyte
Memoria RAM	2 Mbyte
Memoria Flash	1 Mbyte
984LL lógica de usuario	64 Kbyte
Registros Disponibles	57 K
Memoria Extendida	96 Kbyte
Puertos de comunicación	2 Modbus y 1 Modbus Plus
Referencia	140 CPU 434 12 A

**4.1.2.4. Módulo Fuente de alimentación.**

Provee energía eléctrica a todos los módulos que se encuentran conectados en el backplane local.

Se instalarán módulos de Fuentes de Energía de similares características para el PLC principal y el PLC secundario del sistema de control redundante principal.

**Tabla 4.4. Características principales de la Fuente de Alimentación**

Voltaje de Entrada	93V a 138 V de CA 170V a 264 V de CA
Frecuencia	47 – 63 Hz
Corriente de entrada	1.3 A a 115 V 0.75 A a 230 V
Corriente de Salida	Standalone: 11 A

	Summable: 20 A
Voltaje de Salida	24 V CC
Referencia	140 CPS 114 20

#### **4.1.2.5. Kit para configuración de PLC's Redundantes.**

Para implementar una configuración redundante “Hot Standby” en el sistema de control redundante principal se instalará, configurará y se pondrá en servicio un conjunto de componentes que permitirán la indicada configuración de redundancia

El Kit de Configuración redundante permitirá tener redundancia a nivel de procesamiento en el sistema central de control.

Para el correcto funcionamiento del Kit para configuración redundante, este se compondrá de los siguientes elementos:

- 2 módulos para configuración Hot StandBy, compatible con las CPU's
- Cable dúplex de fibra óptica con conectores tipo SC
- Referencia: 140 CHS 210 10

#### **4.1.2.6. Módulo Ethernet 10/100 BASE T – 100 FX.**

Para enlazar los equipos al sistema de control supervisorio se implementará una red Ethernet Industrial.

En los módulos principal y redundante del sistema de control se instalarán módulos Ethernet de las siguientes características:

**Tabla 4.5. Características principales del Módulo Ethernet**

Opciones Ethernet	I/O Scanner Embedded Web Server FactoryCaste Global Data
Compatibilidad	Concept 2.5 o mayor
Puertos	1 puerto 10 Base T / 100 Base TX (RJ45) 1 puerto 100 base – FX (Fibra Óptica SC)
Referencia	140 NOE 771 11

**4.1.2.7. Backplane de 6 Slots.**

Se instalarán backplane's de 6 slots para cada uno de los PLC's principal y secundario del sistema de control redundante.

Referencia: 140 XBP 006 00

**4.1.2.8. Fuente de poder Regulada modular 24 VDC – 5 A.**

La fuente de alimentación regulada modular servirá para proveer de voltaje necesario para los circuitos y el equipamiento de control.

La fuente de poder regulada deberá ser totalmente electrónica y regulada y deberá cumplir las siguientes características:

**Tabla 4.6. Características principales de la Fuente de Poder**

Voltaje de Entrada	100 a 240 Vac
Voltajes Permisibles	85 a 264 Vac una fase
Frecuencia de Entrada	47 a 63 Hz
Corriente de Entrada	< 30 A

Voltaje de Salida	24 Vdc
Tiempo de sostenimiento a I <sub>max</sub> y V <sub>e min</sub>	>10 ms
Protección para cortocircuito	Permanente / Reinicio Automático
Sobrecarga	1.1 I <sub>n</sub>
Sobrevoltaje	1.5 V <sub>n</sub>
Bajovoltaje	0.8 V <sub>n</sub>

#### 4.1.2.9. Sistema de módulos remotos de entradas y salidas (RIO).

Una topología distribuida de sistemas remotos de entradas y salidas (RIO) se implementará con el propósito de recoger y generar señales de control en distintas áreas.

Los RIO drops se enlazarán mediante un cable coaxial al sistema de control principal redundante, en el cual se instalarán módulos que permitan esta configuración (RIO Head).

La configuración de RIO está basada en un cable coaxial, el cual brinda capacidad para largas distancias de hasta 5 Km y una velocidad de transferencia de datos de 1.54 Mbits/s.

Todas las señales recogidas en los sistemas RIO serán transferidas al sistema de control principal redundante mediante módulos de comunicación instalados en cada subsistema y en los PLC's primario y secundario.

#### 4.1.2.10. Módulos RIO Head.

Se instalarán módulos RIO Head de similares características en los PLC's primario y secundario del sistema de control principal redundante.

Este módulo transferirá los datos bidireccionalmente entre la CPU y los subsistemas RIO Drops instalados en forma distribuida.

Se utilizará un cable coaxial en configuración “multidrop” para enlazar los RIO Drops con el RIO Head.

El módulo RIO Head tendrá las siguientes características:

**Tabla 4.7. Características principales del módulo RIO Head.**

Número de Drops	31 Max
Terminación Coaxial	Interno 75 Ohm
Velocidad de transferencia De datos	1.544 Mbps
Rango Dinámico	35 dB
Canales:	1 Canal Conector hembra tipo F
Referencia	140 CRP 931 00

#### 4.1.2.11. Módulo RIO Drop.

Los módulos RIO Drops transferirán bidireccionalmente sobre cable coaxial los datos entre los módulos RIO y el sistema de control redundante principal.

Los módulos RIO tendrán las siguientes características:

**Tabla 4.8. Características principales del módulo RIO Drop.**

Módulos / Drops	14 Máximo
Terminación Coaxial	Interno 75 Ohm
Velocidad de transferencia De datos	1.544 Mbps
Rango Dinámico	35 dB
Canales:	1 Canal Conector hembra tipo F
Referencia	140 CRA 931 00

**4.1.2.12. Backplane de 10 Slots.**

Para cada uno de los módulos RIO drops se utilizará un backplane de 10 slots.

**4.1.2.13. Módulo de 32 Entradas discretas.**

Tarjeta de 32 entradas discretas a voltaje a DC y módulos relay

**Tabla 4.9. Características principales del módulo 140 DDO 353 00.**

Número de puntos	32
Número de grupos	4
Puertos Comunes	8
Aislamiento	Por grupo
Máxima carga	Corriente por punto: 25 mA Corriente por grupo: 600 mA Corriente por módulo: 2.4 A
Tipo de Contacto	Contacto seco sin Voltaje
Referencia	140 DDO 353 00

**4.1.2.14. Módulo de 16 entradas analógicas.**

**Tabla 4.10. Características principales del módulo de entradas analógicas.**

Número de Canales	16
Rango de operación	0 ... 25 mA 0 ... 20 mA 4 ... 20 mA
Aislamiento	30 V canal a canal
Referencia	140 ACI 040 00

**4.1.2.15. Módulo de 8 salidas analógicas.****Tabla 4.11. Características principales del módulo de salidas analógicas.**

Número de Canales	8
Rango de operación	0 ... 25 mA 0 ... 20 mA 4 ... 20 mA
Aislamiento	ninguno
Referencia	140 ACO 130 00

**4.1.2.16. Módulo de 8 entradas de RTD.****Tabla 4.12. Características principales del módulo de entradas a RTD.**

Número de Canales	8
Rango de operación	RTD (2,3 o alambres) Pt, Ni
Aislamiento	300 V pico a pico
Resolución	12 bits + signo
Referencia	140 ARI 030 00

**4.1.2.17. Módulo de 8 entradas de Termocupla.****Tabla 4.13. Características principales del módulo de entradas de Termocupla.**

Número de Canales	16
Rango de operación	Termocupla Tipo: B, E, J, K, R, S, T, mV
Resolución	16 bits
Referencia	140 ATI 030 00

#### 4.1.2.18. Fuente ininterrumpida de energía – UPS Online de 3 KVA.

El sistema UPS proveerá de energía eléctrica a los equipos de control y sensores. Incluirá las siguientes opciones:

- Corrector del factor de potencia.
- Baterías Internas
- Conversión de frecuencia
- Conectividad ilimitada para baterías externas.
- Capacidad para Bypass interno de manual a automático.

El sistema UPS cumplirá las siguientes características:

**Tabla 4.14. Características principales del sistema UPS**

Rango	3 KVA
Rango de voltaje de entrada	120 Vac nominal
Frecuencia de entrada	40 – 70 Hz
Voltaje de salida	120 Vac
Frecuencia de Salida	50 / 60 Hz
Tiempo de respaldo	Mayor a 15 min con máxima carga
Tiempo de recarga	Máximo 5 horas para 95 % después Del 100 % de descarga a full carga
Batería Interna	Celdas de ácido de plomo
Factor de Potencia Interno	0.97



Rango de corriente de Entrada	12.5 A
Inmunidad a trascientes de entrada	De acuerdo a IEEE 587, Categoría A & B

#### 4.1.2.19. Switch Ethernet Industrial.

Para la conformación de la red Ethernet Industrial es necesaria la utilización de Switchs Industriales que permitan la integración de los diferentes equipos a este nivel de comunicación.

**Tabla 4.15. Características principales del Switch Industrial**

Tecnología	Ethernet 10/100 Mbps
Interfaces	5 puertos 10 Base T / 100 Base Tx 2 puertos 100 base Fx
Tipo de conexión	5 Conectores RJ 45 cable entorchado 3 conectores SC de fibra óptica
Voltaje de operación	18 – 32 Vdc
Redundancia	Fuente de alimentación
Referencia	499 NOS 171 00

#### 4.1.2.20. Accesorios para montaje de equipos, módulos y red.

Para el montaje de equipos, tarjetas y red se utilizará accesorios prefabricados en lo que respecta a cableado, terminales, conectores y regleta, de tal manera que las conexiones se realicen de la manera más ordenada, estructurada y nítida, como también se optimice al máximo el espacio de los tableros. Las conexiones entre equipos cumplirán con los más altos estándares relativos a este tipo de instalaciones.

#### 4.1.2.21. Splitter de derivación para coaxial.

El splitter para coaxial es utilizado para separar la señal a dos cables coaxiales desde un solo cable, y se requiere para conectar el cable coaxial de la red RIO a los RIO Drops y Head.

Referencia: MA - 0186 – 100

#### **4.1.2.22. Taps de derivación para coaxial.**

Los Taps para coaxial permiten realizar la derivación del cable coaxial desde el cable principal de la red RIO.

#### **4.1.2.23. Cable Shield and foild twistied pair con conectores RJ 45.**

Los shield and foild twistied pair cords se utilizarán para enlazar los equipos de control al Switch. Dispondrán de conectores RJ 45 en los extremos y tendrá las aprobaciones: UL y CSA (22.1)

### **4.1.3. Especificaciones de Diseño**

#### **4.1.3.1. Computadores.**

Los computadores permitirán realizar la supervisión y control de la estación por medio del sistema supervisorio. Desde cada una de los computadores se podrá visualizar a través de pantallas HMI y se podrá acceder a cualquier información de acuerdo al nivel de acceso de usuario.

Los computadores se enlazarán a la red Ethernet industrial que se implementará a través del puerto RJ 45 de la tarjeta de Red.

La función principal del primer computadores será el de realizar la supervisión y control de la estación. En el cual se desplegará en la primera pantalla una visualización general de toda la estación, de manera que permita el acceso a las diferentes áreas de manera rápida. El primer computador permitirá también el control de la estación, pero se podrá también visualizar las alarmas como en el segundo computador y de manera resumida.

El segundo computador tiene como función principal el sistema de alarmas, en este equipo se desplegará como primera pantalla un listado de todas las alarmas indiciando su

estado y la información relevante. Este computador permitirá también realizar el control de la estación simultáneamente con el primero sin que se interfieran las operaciones y de tal forma que los datos se muestren en tiempo real en los dos computadores.

#### **4.1.3.2. Sistema Central de Control.**

Como sistema de control redundante principal para la estación, se implementará un sistema redundante “Hot StandBy” para proveer seguridad y confiabilidad en el proceso.

Este sistema se encargará de realizar el control de los 3 grupos de bombeo Diesel, Bombas Booster, válvulas motorizadas y demás equipos de la estación.

La configuración Hot StandBy se compone de un sistema primario y un sistema StandBy, los cuales poseen similares características en Software y Hardware y están enlazados mediante fibra óptica por dos módulos especialmente especificados para este propósito.

Cada uno de los sistemas, primario y en StandBy, se enlazarán a la red Ethernet Industrial independientemente, lo que permitirá dar redundancia a este nivel de comunicación.

El sistema en StandBy entra en funcionamiento cuando en el sistema primario ocurre una falla o se requiere hacer mantenimiento del software y no permite que el sistema de control se afecte, siendo este procedimiento “Transparente” para el usuario y la estación. Con esta facilidad se puede disminuir el tiempo de parada para mantenimiento pues existe un sistema de respaldo.

Este sistema se encargará especialmente de realizar el control total de la estación y no incluirá en ninguno de sus backplane’s algún módulo de entrada o salidas.

El sistema de control redundante principal, sistema central de control con la configuración Hot StandBy está compuesto por dos sistemas cada uno de los cuales contiene los siguientes elementos:

### 4.1.3.3. Sistema Primario.

**Tabla 4.16. Elementos del sistema primario**

Cantidad	Descripción
1	Módulo CPU
1	Módulo Fuente de Alimentación
1	Kit de Configuración Redundante
1	Módulo Ethernet
1	Backplane 6 Slots
1	Módulo RIO Head
1	Accesorios de conexión

### 4.1.3.4. Sistema Secundario o Hot Standby.

**Tabla 4.17. Elementos del Sistema secundario**

Cantidad	Descripción
1	Módulo CPU
1	Módulo Fuente de Alimentación
1	Kit de Configuración Redundante
1	Módulo Ethernet
1	Backplane 6 Slots
1	Módulo RIO Head
1	Accesorios de conexión

#### 4.1.3.5. Sistema de Módulos Remotos de Entradas y Salidas.

Una topología de módulos RIO se implementará para poder recoger y generar señales que controlen distintas áreas de la estación, las cuales serán transferidas por medio de comunicación bidireccional al sistema de control principal redundante.

La configuración RIO está basada en un cable coaxial, el cual brinda capacidad para largas distancias de hasta 5 Km y una velocidad de transferencia de 1.544 Mbits/s.

Cada uno de los RIO Drops dispondrá de un módulo para esta configuración así como los PLC's primario y secundario.

#### 4.1.3.6. DROP No. 1: Cuarto de Control.

Se conectarán las señales que físicamente se encuentran en el cuarto de control. Consta de los siguientes elementos:

**Tabla 4.18. Elementos del DROP No. 1**

Cantidad	Descripción
1	Módulo Fuente de Alimentación
1	Backplane de 10 Slots
1	Módulo RIO Drop
1	Módulo de 8 entradas análogas
1	Módulo de 8 salidas análogas
1	Módulo de 8 salidas analógicas
1	Accesorios de conexión

#### 4.1.3.7. DROP No. 2: Grupo de Bombeo Reserva (GBD R).

Se conectarán las señales que físicamente se encuentran en el área destinada a un nuevo grupo de bombeo a ser implementado a futuro. Consta de los siguientes elementos:

**Tabla 4.19. Elementos del DROP No. 2**

Cantidad	Descripción
1	Módulo Fuente de Alimentación
1	Backplane de 10 Slots
1	Módulo RIO Drop
1	Módulo de 32 entradas discretas
1	Módulo de 32 salidas discretas
2	Módulo de 8 entradas RTD
1	Módulo de 8 entradas Termocupla
1	Accesorios de conexión

#### 4.1.3.8. DROP No. 3: Grupos de Bombeo Diesel (GBD 1, 2 y 3).

Se conectarán las señales que físicamente se encuentran en el área de los grupos de bombeo diesel existentes. Consta de los siguientes elementos:

**Tabla 4.20. Elementos del DROP No. 3**

Cantidad	Descripción
1	Módulo Fuente de Alimentación
1	Backplane de 10 Slots
1	Módulo RIO Drop
1	Módulo de 32 entradas discretas
1	Módulo de 32 salidas discretas

2	Módulo de 8 entradas RTD
1	Módulo de 8 entradas Termocupla
1	Accesorios de conexión

#### 4.1.3.9. DROP No. 4: Grupos de Bombeo Diesel (GBD 1, 2 y 3).

Se conectarán las señales que físicamente se encuentran en el área de los grupos de bombeo diesel existentes. Consta de los siguientes elementos:

**Tabla 4.21. Elementos del DROP No. 4**

Cantidad	Descripción
1	Módulo Fuente de Alimentación
1	Backplane de 10 Slots
1	Módulo RIO Drop
2	Módulo de 32 entradas discretas
1	Módulo de 32 salidas discretas
1	Módulo de 8 entradas RTD
1	Módulo de 8 entradas Termocupla
1	Accesorios de conexión

#### 4.1.3.10. Gabinetes para equipos de instrumentación.

Se instalará un gabinete en el cuarto de control (TC1), el cual será utilizado para la instalación de los equipos de instrumentación y de red.

El gabinete deberá ser construido con lámina de acero normal ASTM a569 de 2,5 mm para los elementos estructurales y laminado en frío según ASTM A366 de 1,5 mm para puerta y tapas con tratamiento de des-engrasamiento y por el medio electrostático se aplica pintura en

polvo epoxi poliuretano, color beige curada al horno a 200 grados centígrados, grado de protección IP 33 o equivalente Nema 12.

El gabinete permitirá ser abierto desde el frente, es decir dispondrá de tapas en la parte frontal, de acuerdo a la necesidad, tipo de instalación y ubicación.

Deberá disponer de una división intermedia para sujeción de equipos y el paso de cables de lado a lado así como facilitará la sujeción de los mismos a la estructura, paredes y división.

Dispondrá de un sistema de enfriamiento, el cual permitirá mantener a los equipos instalados en el interior del gabinete mantenerse a una temperatura óptima de trabajo sin que se perjudique su integridad.

Todos los cables de entrada al gabinete y los auxiliares deberán ser plenamente identificados con marquillas en cada uno de ellos, además en los circuitos de protección de fuerza y los circuitos de las señales.

El gabinete proveerá de todas las facilidades para el sistema de puesta a tierra, tanto eléctrico como de equipos electrónicos.

#### **4.1.3.11. Sistema Supervisorio.**

El sistema supervisorio estará diseñado esencialmente para dos áreas de operación, en la primera cuya función esencial será la operación de la estación y la segunda, cuya función principal será la indicación de alarmas. Se debe indicar que cada una de las funciones de operación de alarmas deben ser instaladas en los dos computadores, de manera que se pueda utilizar cualquiera de las funciones indistintamente.

El sistema supervisorio debe presentar, en tiempo real, toda la información de estatus, de la estación de bombeo. Es importante que la información presentada sea correcta, de modo que se asegure una operación segura tanto como para el personal como para los equipos.



Todas las funcionalidades operativas que se desarrollan con los equipos y control actualmente instalados deberán ser provistas para el sistema supervisorio, por tanto no se podrá dejar sin funcionamiento ninguno de los equipos o subsistemas.

El diseño del sistema supervisorio debe encaminarse a la integración de los distintos subsistemas que componen la estación en un solo sistema central de control que permita organizar, sincronizar y comunicar entre sí todos los procesos con el fin de optimizar las operaciones, reducen los tiempos muertos y las operaciones improductivas, con lo cual se reducirá los costos de operación, como por ejemplo el consumo de combustible o d energía eléctrica.

El sistema deberá ser diseñado para el uso de personas que no tengan un amplio conocimiento de computación, por tanto se creará una interfaz de fácil manejo.

El sistema supervisorio debe ser configurado de tal manera que permita una fácil expansión y modificación, por tanto el programa se desarrollará en base a sub rutinas genéricas mientras sea posible y serán totalmente documentadas con “Comentarios” en el programa de fuente.

#### **4.1.3.12. Modos de Operación.**

El sistema permitirá dos modos de operación: AUTOMÁTICO Y MANUAL.

En todos los despliegues debe aparecer la información del modo en el cual se está operando y los controles que permitan cambiar de modo.

##### **4.1.3.12.1. Modo Automático.**

Este modo de operación deberá ser diseñado de manera que la estación se opere siempre en este modo. Se ejecutará las maniobras pre establecidas y elegidas por el operador, generando a más de las operaciones secuenciales, una serie de restricciones y enclavamientos que impidan una incorrecta acción, por ejemplo el encendido de una o varias bombas

involucra que previamente se ajusten parámetros como: a donde se va a transferir el producto, grupos con los que se va a trabajar, etc. Y las secuencias propias de operación como aperturas de válvulas, chequeo de parámetros de presión y temperatura, encendido el motor, etc., de la misma manera no se podrá cerrar la válvula de descarga de la bomba cuando esta esté en funcionamiento.

Permitirá ajustar valores de parámetros de trabajo, como por ejemplo: velocidad. Y en base a los cuales se ejecutarán los procesos de operación automáticamente.

Las máquinas y demás equipos serán protegidos por el sistema con paros de maniobras, si los parámetros de operación son excedidos, por ejemplo paros por alta presión de descarga o por baja presión de succión, etc. en una bomba.

El operador podrá visualizar el estado de todos los equipos de campo, pero no podrá actuar sobre ellos si esa acción interfiere a la acción que en ese momento se está ejecutando.

#### **4.1.3.12.2. Modo Manual.**

Será recomendado para realizar mantenimiento de los equipos y pruebas.

En este modo de operación se podrá actuar cualquier equipo de campo, ya sea de apertura y cierre, Seteo de parámetros en tiempo real y todos los demás equipos deben seguir su funcionamiento normas, sin embargo se deberá incluir mensajes de ayuda en los cuales se indique los efectos de cada acción.

Al pasar del modo automático al manual se mantendrá los estados últimos al momento de la transferencia y permanecerán de ese modo hasta que hayan transferencia nuevamente de automático a manual.

Se diseñará el interfaz necesario para que el cambio de parámetros analógicos se realice con facilidad y que se visualice la medida de cambio.

#### **4.1.3.13. Alarmas.**

Se diseñará una aplicación que permita visualizar solamente las señales de alarma, de manera que se puedan observar fácilmente los parámetros de cada una de ellas. Las alarmas deberán ser identificadas también en el monitor de control.

Las alarmas y los cambios de status deben ser actualizados inmediatamente en los despliegues gráficos, sin cambiar necesariamente el despliegue. Las alarmas entrantes y reconocidas deben ser presentadas en los despliegues con un color separado para el texto y la indicación.

Las alarmas deben estar agrupadas según las prioridades siguientes:

##### **4.1.3.13.1. Alarmas críticas (Alarma Roja).**

Las situaciones de error que son tan serias que requieren acción inmediata de los operadores. Estas alarmas deberán iniciar con una señal acústica y un indicador titilante. Estas alarmas deben ser reconocidas por el operador, y el reconocimiento será registrado en el reporte.

##### **4.1.3.13.2. Alarmas Preventivas (Alarma Amarilla).**

Mensaje de error que no requiere respuesta inmediata de los operadores. Las alarmas deben ser mostradas en los despliegues. Estas alarmas deben ser reconocidas por el operador, y el reconocimiento será registrado en el reporte.

##### **4.1.3.13.3. Mensajes de Información (Eventos) (Alarma Blanca).**

Los mensajes operacionales normales, por ejemplo el reconocimiento de un comando que ha sido ejecutado, por ejemplo, el encendido de un motor, registro de un nuevo operador, etc. Estos mensajes deben ser registrados en el reporte y mostrados en los despliegues.

Todas las alarmas se guardarán en el reporte de alarmas; la siguiente información debe estar incluida en dicho reporte:

- Fecha
- Hora de Registro
- Prioridad de la alarma
- Razón para alarma y situación
- Valor que causó la alarma
- Texto de notificación
- Indicación del operador que reconoció la alarma.

#### **4.1.3.14. Sistema de Reporte.**

El sistema de reporte deberá presentar información operativa en un periodo de tiempo horario.

Todos los reportes diarios serán impresos automáticamente al finalizar cada turno de operación, es decir a las 6: 00 am y a las 6: 00 pm.

El sistema de reporte debe ser capaz de hacer todos los cálculos, escalas e impresiones necesarios.

#### **4.1.3.15. Control de acceso.**

Se deberá crear una aplicación que permita que el administrador del sistema diseñe los niveles jerárquicos de acceso al sistema y que establezca que a que despliegues y comandos

tenga acceso cada usuario o grupos de usuario para evitar que el personal no autorizado haga cambios al sistema y/o ejecute comandos de control

El sistema generará en el reporte un apartado que indique los horarios de entrada y salida de cada operador.

#### **4.1.3.16. Programación de los PLC's.**

El programa para el sistema central de control deberá contener las funciones que respalden las siguientes opciones:

- Adquisición de datos del proceso
- Generación de comandos de control
- Registro de alarmas
- Transmitir mediciones al sistema supervisorio
- Funciones de regulación
- Funciones de tiempo y conteo
- Bloque de función de motores
- Bloque de función para válvulas

La programación del PLC, será orientada a los componentes de la estación, los nombres de identificación de los componentes y otros objetos deben ser inambiguos y serán los mismos que los actuales.

En la programación se deberá utilizar en tanto sea posible, rutinas independientes para que las modificaciones y copia a otras instalaciones pueda hacerse con un mínimo de cambios y serán totalmente documentadas con comentarios en el programa fuente.

## **4.2. INGENIERÍA DE DETALLE**

### **4.2.1. Estudio de Clasificación de áreas peligrosas**

La mayoría de los procesos industriales del ámbito petrolero o petroquímico son de alto grado de complejidad y criticidad. Por ello, se amerita que las instalaciones posean sistemas de instrumentación complejos con alto rendimiento y eficiencia, considerando en todo momento la confiabilidad y la seguridad de los procesos. Para el control de cualquier sistema existe una amplia gama de instrumentos, cuyas características varían según la variable a controlar, las propiedades físicas de la variable, las características mecánicas de instalación, expectativas operacionales que se tienen en relación al instrumento, y *las características de sitio de operación*, entre otras.

Este último aspecto, se considera uno de los más importantes a la hora de seleccionar un instrumento en cualquier proceso. Mucho antes de decidir la adquisición de un instrumento, debemos conocer los aspectos principales del proceso y las características de las áreas involucradas. Para facilitar esta labor las áreas operativas en la industria se han clasificado en relación a los riesgos presentes en ellas. Derivadas de esta clasificación obtenemos las herramientas necesarias para seleccionar el instrumento adecuado para operar de forma segura en un área específica.

#### **4.2.1.1. Consideraciones para la Clasificación de las Áreas.**

Como ya se mencionó anteriormente, si tenemos el propósito de seleccionar el equipamiento para un proceso cualquiera uno de los parámetros más importantes es determinar las características del área donde finalmente operará la instrumentación seleccionada. Debido a la diversidad de procesos, estas áreas pueden ser de diferentes tipos donde pueden existir

atmósferas de gases o vapores inflamables, por lo que es necesario definir una clasificación de las mismas.

El sistema de clasificación utilizado para definir los tipos de áreas se basa en los siguientes criterios:

- Para determinar la Clase de área se toma en cuenta la naturaleza del producto que en ella escapa a la atmósfera.
- La frecuencia y extensión con las que las mezclas inflamables estarán presentes, se utiliza para definir la División.
- Dependiendo de las propiedades químicas del producto liberado a la atmósfera, que determinan específicamente la facilidad con la que este tiende a incendiarse, define el Grupo.

En general, uno de los aspectos más importantes al seleccionar el equipamiento adecuado a ser utilizado en un proceso determinado es realizar un minucioso estudio del área, dando lugar a una exacta ubicación de la misma dentro de la clasificación respectiva. Esta actividad trae como beneficio una serie de ventajas en cuanto a seguridad, durabilidad y confiabilidad de los equipos instalados.

A continuación se muestra los cuadros que resumen las áreas clasificadas por grupos y por división según la frecuencia y el tipo de producto que puede estar presente en la atmósfera.

**Tabla 4.22. Clasificación por Áreas y Grupos**

<b>Clasificación por Clase</b>	<b>Grupo de Sustancias</b>
<b>Clase I:</b> donde hay o puede haber gases o vapores en cantidad suficiente para producir mezclas inflamables.	<b>A:</b> Acetileno. <b>B:</b> Hidrógeno. <b>C:</b> Ethil, Ether y Etileno. <b>D:</b> Acetona, Ammonia, Benceno, Gasolina.

<b>Clase II:</b> son aquellas en las que estas presentes productos como: Polvos orgánicos, carbón o metales flamables.	<b>E:</b> Aluminio, Magnesio. <b>F:</b> Carbón, Coque. <b>G:</b> Harina, Granos, Madera, Plásticos y Químicos.
<b>Clase III:</b> áreas en las que se encuentran presentes Materiales fibrosos flamables.	Fibras naturales o sintéticas.

**Tabla 4.23. Clasificación por División**

<b>Clasificación por División</b>
<b>División 1:</b> Áreas donde bajo condiciones normales de operación o debido a labores frecuentes de reparación y mantenimiento, existen fugas de gases o vapores en concentraciones inflamables.
<b>División 2:</b> Áreas donde se manejan, procesan o almacenan productos inflamables, pero en la que normalmente no existen concentraciones peligrosas.

Las Estaciones de Bombeo de Productos Limpios, entre ellas REDPOL, son establecimientos en los que se almacenan y manejan líquidos volátiles e inflamables, por lo que el equipo y los materiales eléctricos se seleccionarán en función de la peligrosidad que representa la clase de atmósfera explosiva que exista o pueda existir en sus diferentes áreas.

De acuerdo a la clasificación de áreas peligrosas, las Estaciones de Combustible han sido ubicadas para efectos de determinación de grado de riesgo de explosividad, dentro del grupo D, clase I, divisiones 1 y 2.

La clasificación correspondiente al grupo D, clase I, división 1, incluye áreas donde los líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables son transportados de un recipiente a otro. Sus características son las siguientes:

Áreas en las cuales la concentración de gases o vapores existe de manera continua, intermitente o periódicamente en el ambiente, bajo condiciones normales de operación.



Zonas en las que la concentración de algunos gases o vapores puede existir frecuentemente por reparaciones de mantenimiento o por fugas de combustibles.

Áreas en las cuales por falla del equipo de operación, los gases o vapores inflamables pudieran fugarse hasta alcanzar concentraciones peligrosas y simultáneamente ocurrir fallas del equipo eléctrico.

Las áreas clasificadas dentro del grupo D, clase I, división 2, incluyen sitios donde se usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables que llegarían a ser peligrosos sólo en caso de accidente u operación anormal del equipo.

Estas áreas tienen las características siguientes:

Áreas en las cuales se manejan o usan líquidos volátiles o gases inflamables que normalmente se encuentran dentro de recipientes o sistemas cerrados, de los que pueden escaparse sólo en caso de ruptura accidental u operación anormal del equipo.

Áreas adyacentes a zonas de la clase I división 1, en donde las concentraciones peligrosas de gases o vapores pudieran ocasionalmente llegar a comunicarse.

#### **4.2.2. Listado de Entradas y Salidas.**

En este listado se detalla el Tag correspondiente a cada instrumento, el carrier y slot donde será conectado, el tipo de señal, ubicación y descripción del mismo.

Adicionalmente se muestra las unidades de ingeniería, si se va a historiar la variable y si le corresponden alarmas a dicha variable. En el caso de que se le adjudique una alarma a dicha variable, los valores de alarma, tanto las HH, H, LL y L.

Este listado es un complemento para ubicar de manera rápida todas las señales, el tipo y donde está conectada la misma.

Este listado se muestra en el anexo A.

#### **4.2.3. Típicos de Instalación.**

Aquí se detallan los accesorios necesarios para realizar las conexiones eléctricas de cada instrumento.

Incluye los planos en 3D y un listado de conexiones de accesorios a prueba de explosión clasificados para áreas peligrosas.

Estos planos se presentan en el anexo B.

#### **4.2.4. Documentación causa efecto.**

Es la matriz causa efecto, en la cual al lado izquierdo tenemos detalladas las variables de entrada, y en la parte superior las variables de salida, para así tener un punto de intersección en el cual se marca con una X si la variable de salida debe activarse como consecuencia de una acción generada por una variable de entrada.

Este documento se presenta en el anexo C.

#### **4.2.5. Documentación AsBuilt.**

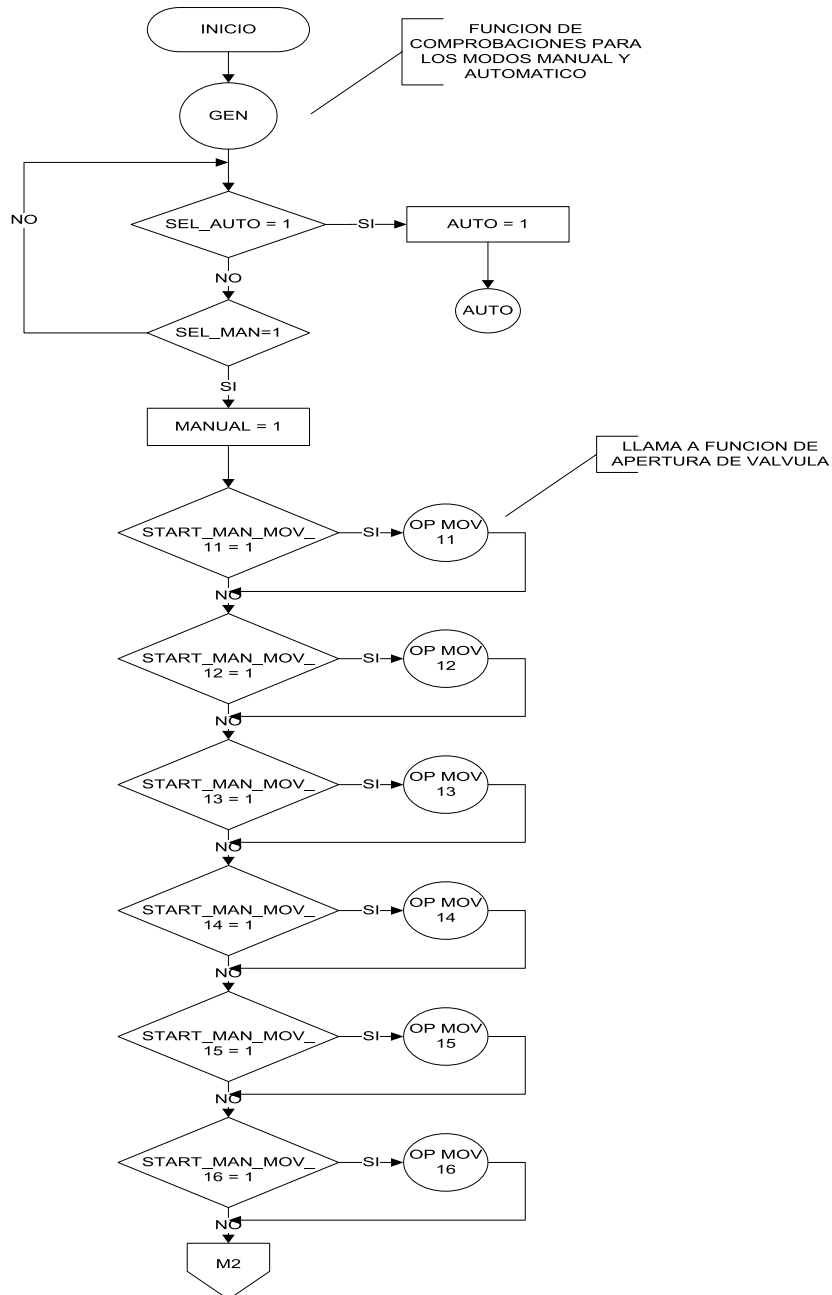
En este apartado se detallan los planos de conexión eléctrica de los elementos dentro del gabinete, como son las tarjetas de entradas y salidas, así como el tipo de conexión con cada instrumento en campo.

Esta documentación se presenta en el anexo D.

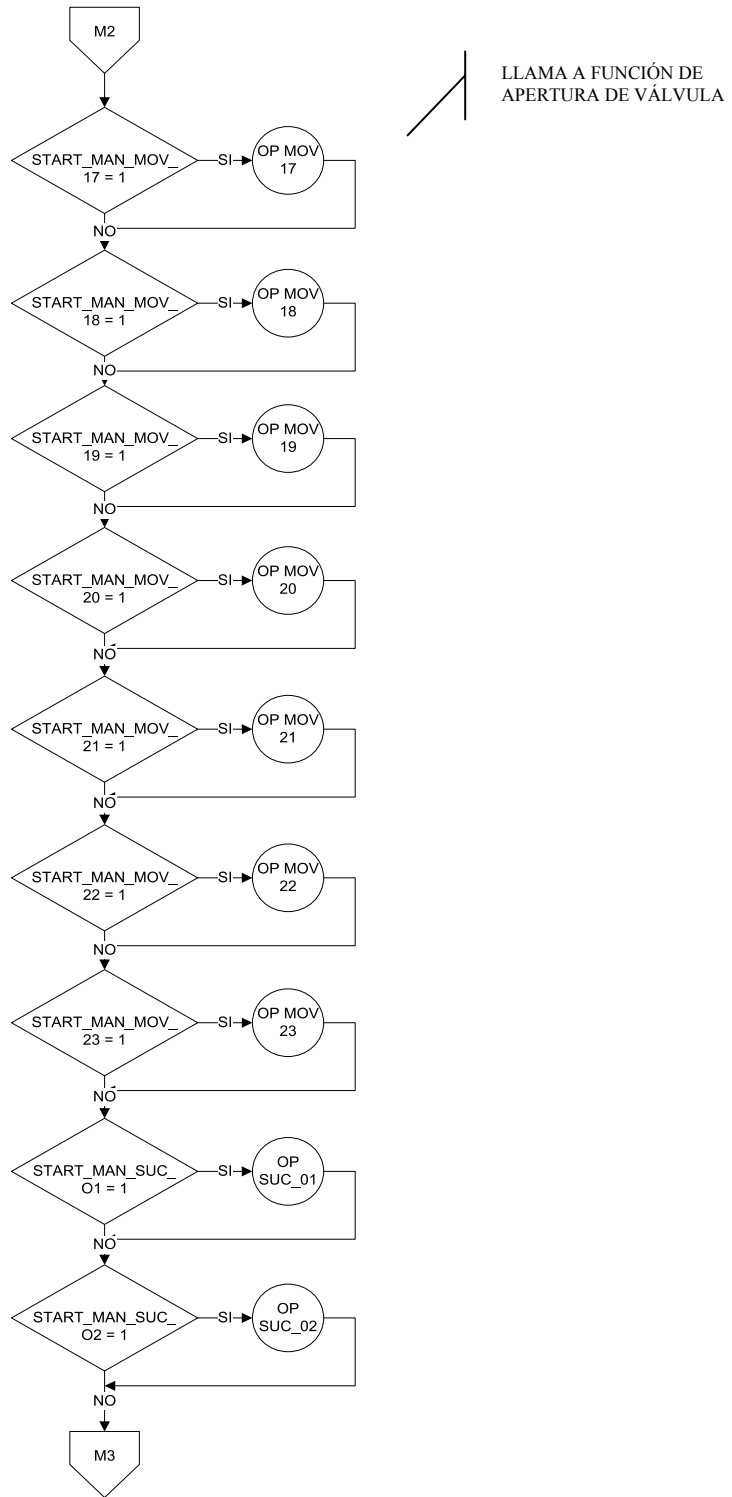
# CAPÍTULO 5

## PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN

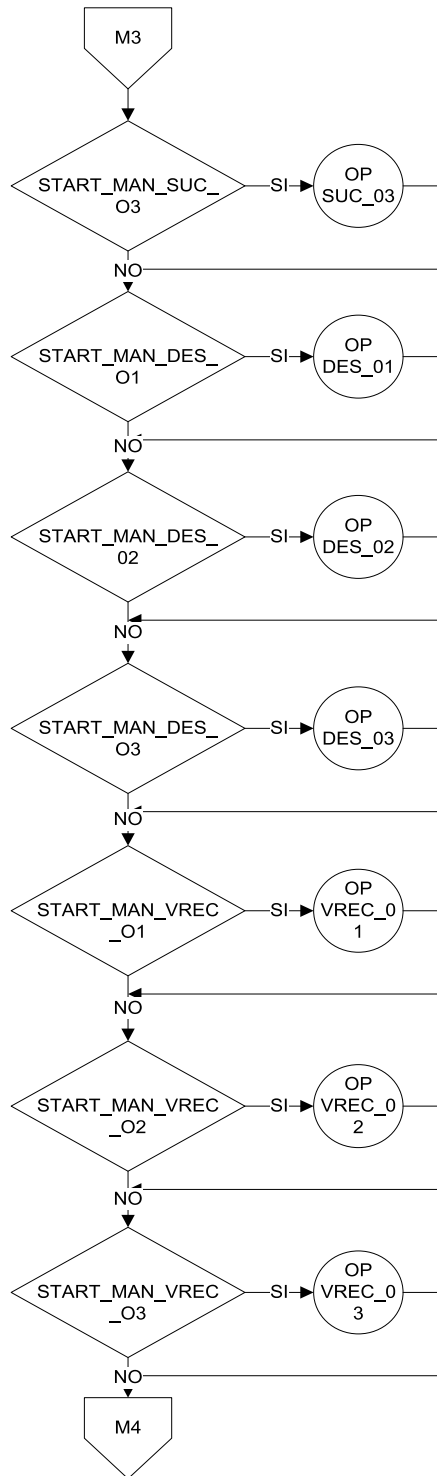
### 5.1. DIAGRAMAS DE LA LÓGICA DE CONTROL



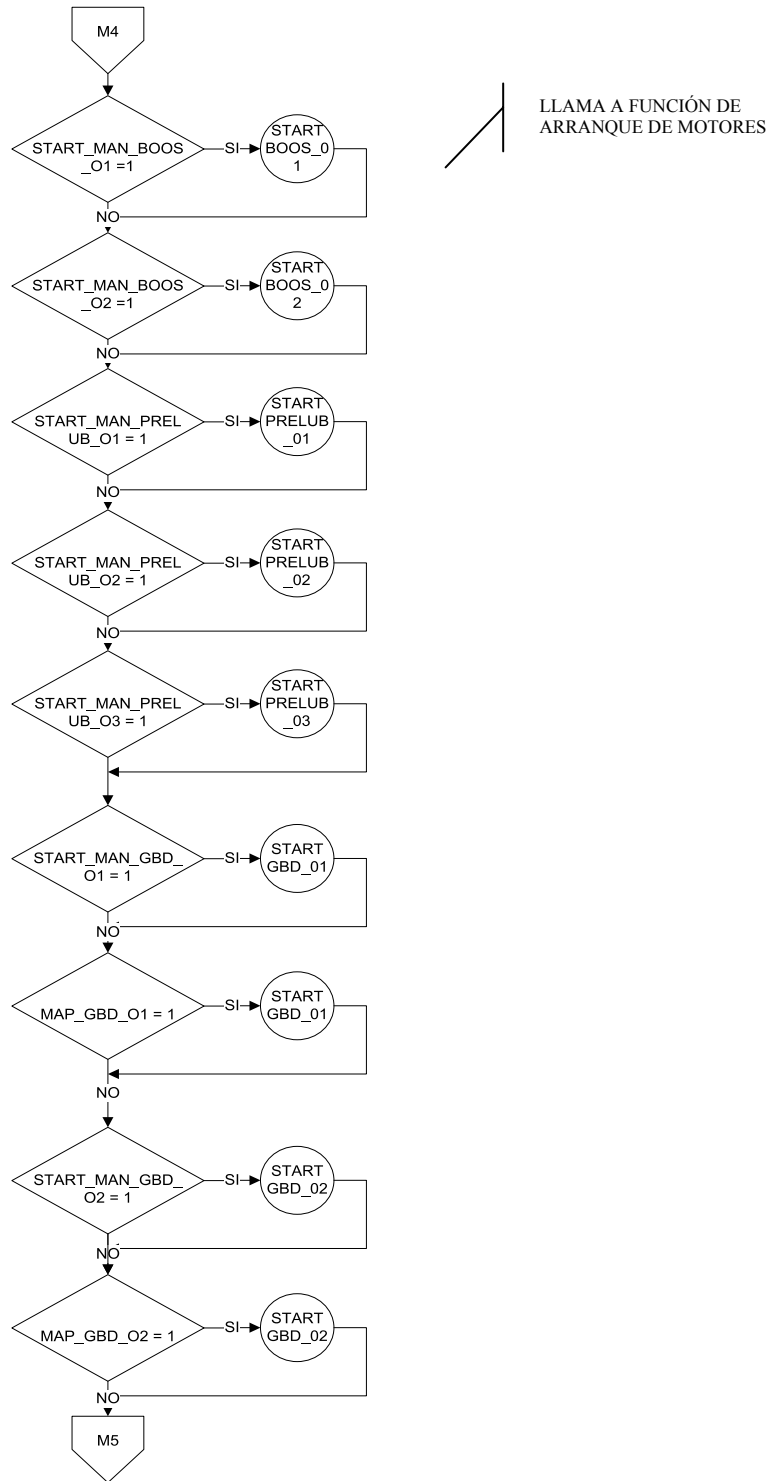
**Diagrama 5.1.** Inicio de la lógica de control, selección de modos: Manual o Auto, verificación de orden para apertura de válvulas en modo manual y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para apertura de válvulas. Aplica a Válvulas desde Mov\_11 a Mov\_16.



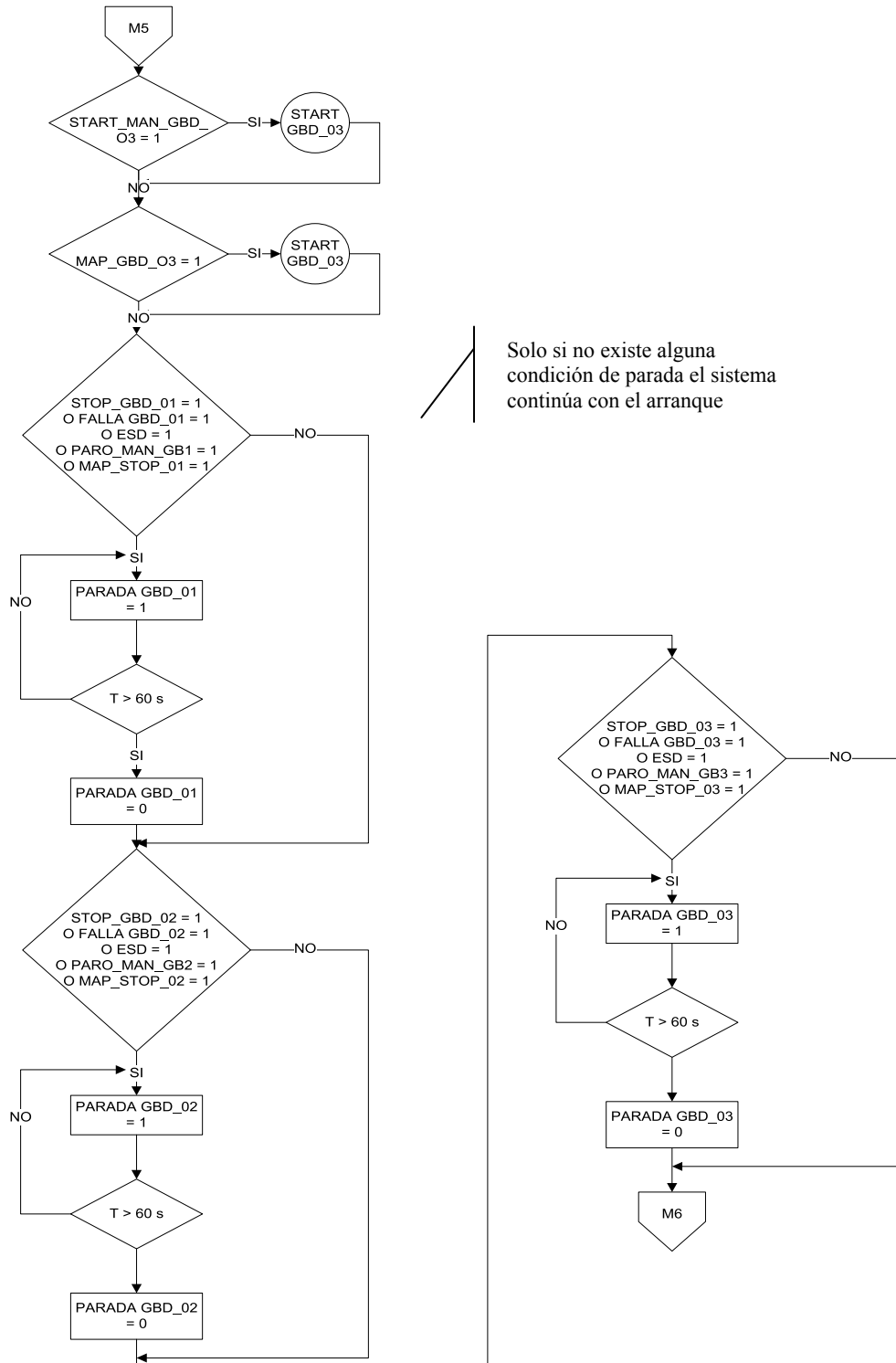
**Diagrama 5.2. Verificación de orden para apertura de válvulas en modo manual y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para apertura de válvulas. Aplica a Válvulas desde Mov\_17 a Mov\_23, Suc\_01 a Suc\_03, Des\_01 a Des\_03, Vrec\_01 a Vrec\_03.**



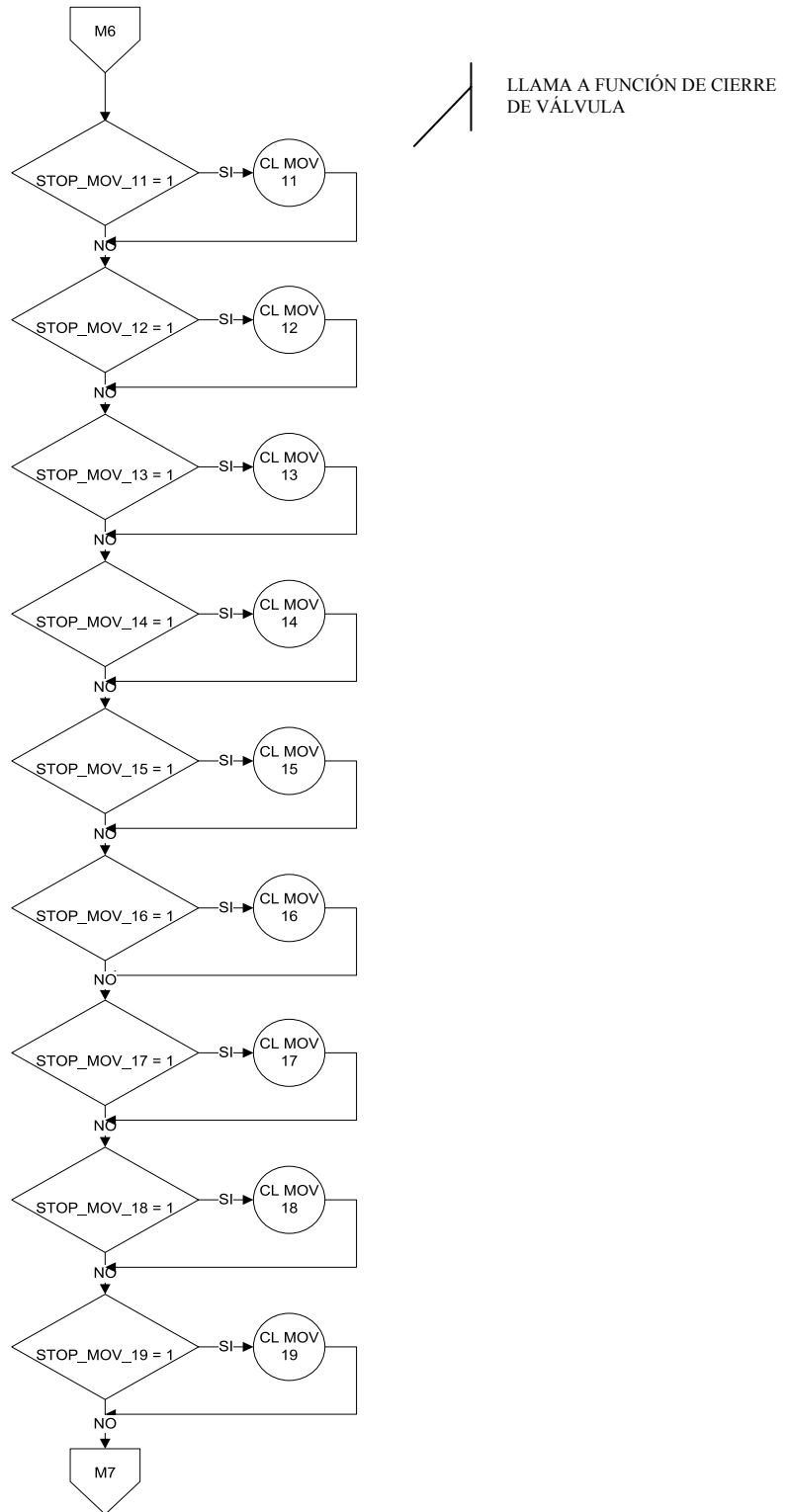
**Diagrama 5.3. Verificación de orden para apertura de válvulas en modo manual y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para apertura de válvulas. Aplica a Válvulas desde Suc\_03, Des\_01 a Des\_03, Vrec\_01 a Vrec\_03.**



**Diagrama 5.4. Verificación de orden para encendido de motores en modo manual y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para encendido de motores. Aplica a motores de Bombas Booster, Pre lubricación, y Motores Diesel 1 y 2.**

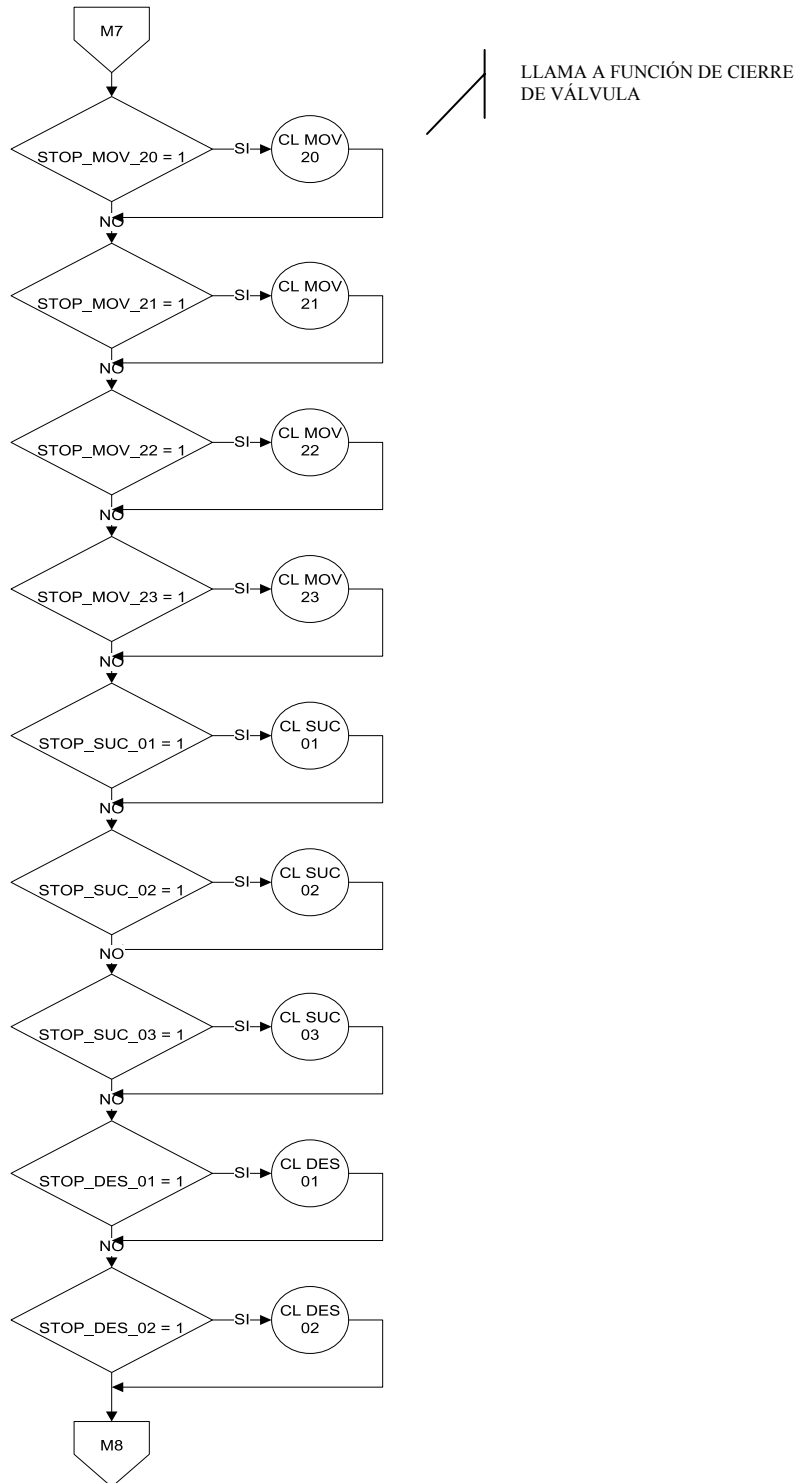


**Diagrama 5.5. Verificación de orden para encendido de motores en modo manual y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para encendido de motores. Aplica a motor Diesel 3. Comprobación de Condiciones de parada para grupos Diesel 1, 2 y 3.**

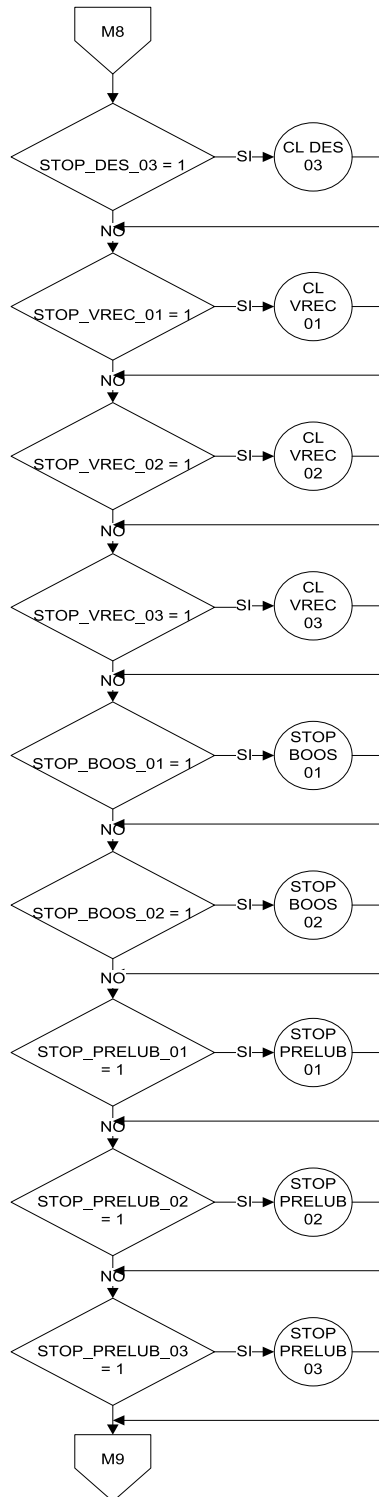


**Diagrama 5.6. Verificación de orden para cierre de válvulas en modo manual y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para cierre de válvulas. Aplica a Válvulas desde Mov\_11 a Mov\_19.**

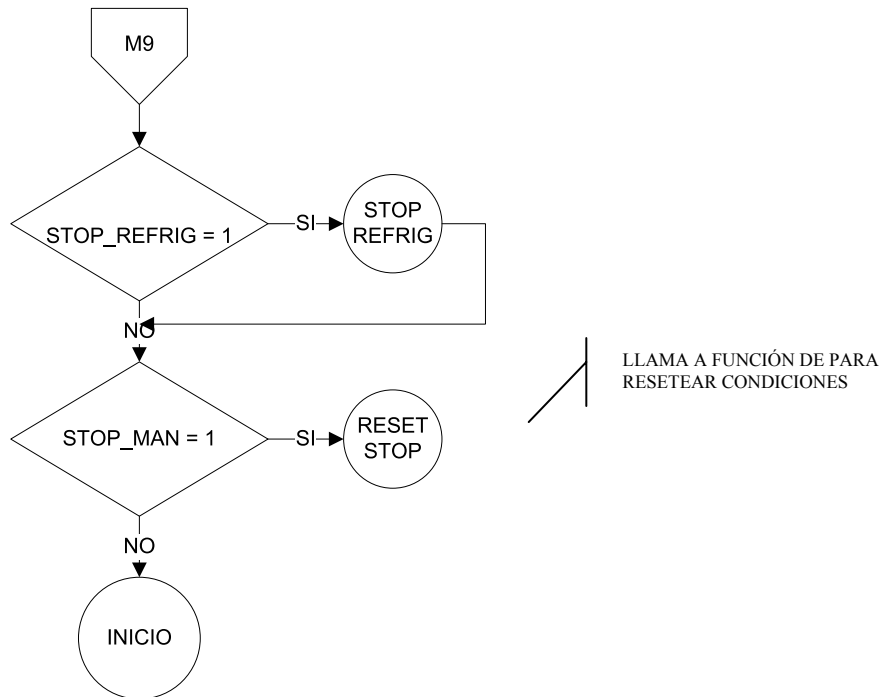




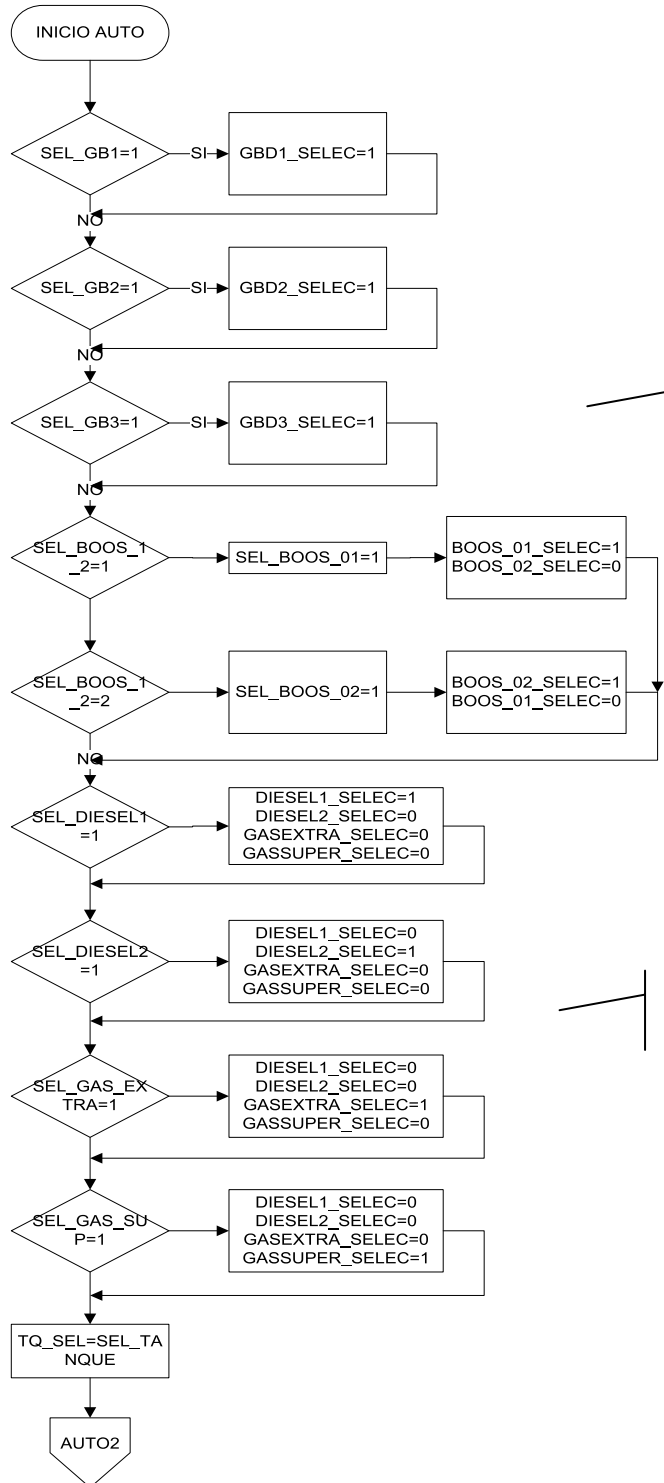
**Diagrama 5.7. Verificación de orden para cierre de válvulas en modo manual y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para cierre de válvulas. Aplica a Válvulas desde Mov\_20 a Mov\_23, Suc\_01 a Suc\_03, Des\_01 a Des\_02.**



**Diagrama 5.8. Verificación de orden para cierre de válvulas y motores en modo manual y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para cierre de válvulas. Aplica a Válvulas Des\_03, Vrec\_01 a Vrec\_03, y a motores de Bombas Booster y Pre lubricación.**



**Diagrama 5.9. Verificación de orden para cierre de válvulas y motores en modo manual y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para cierre de válvulas. Aplica a motores de refrigeración**

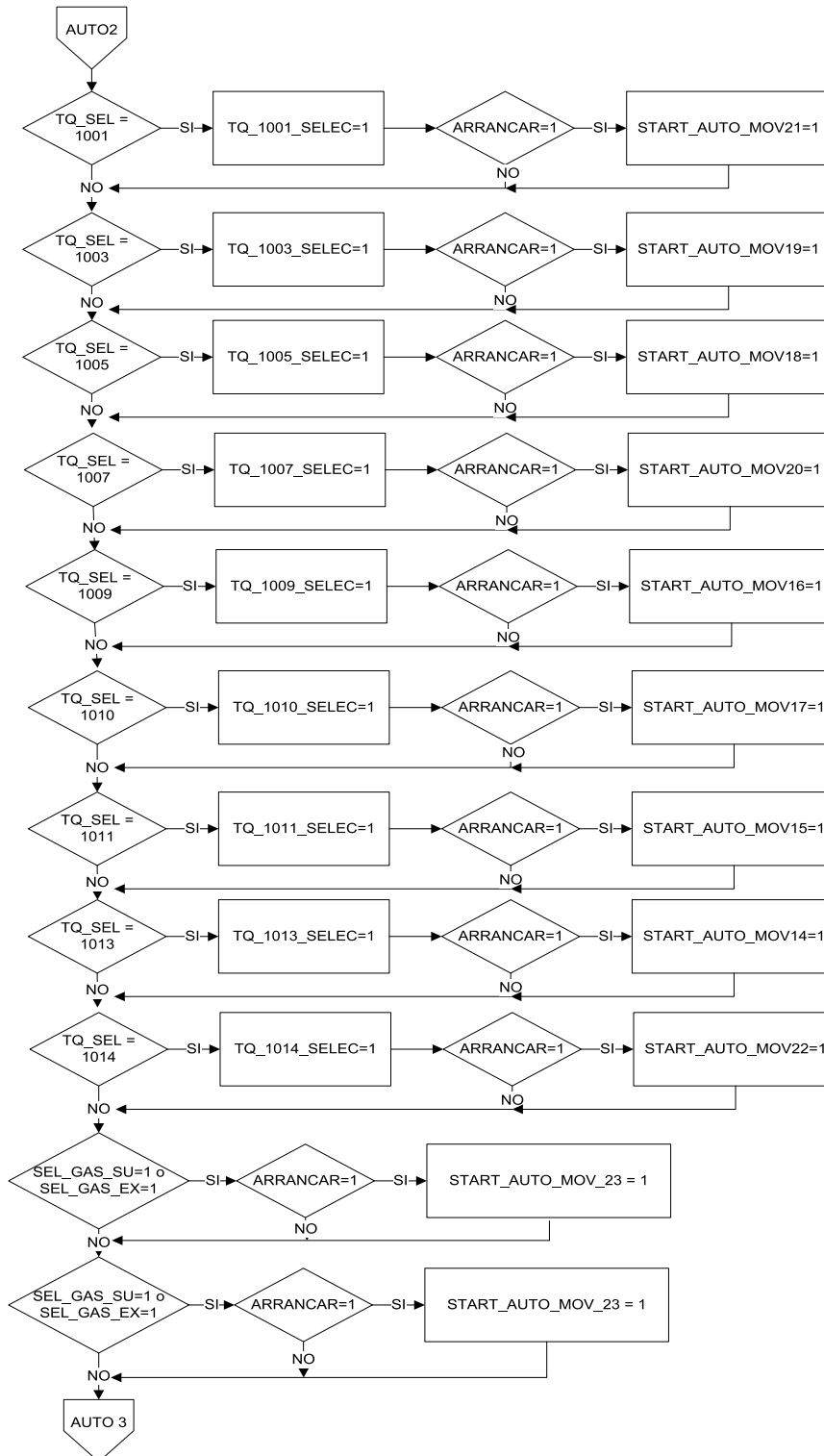


Selecciona los grupos con lo que se va a trabajar

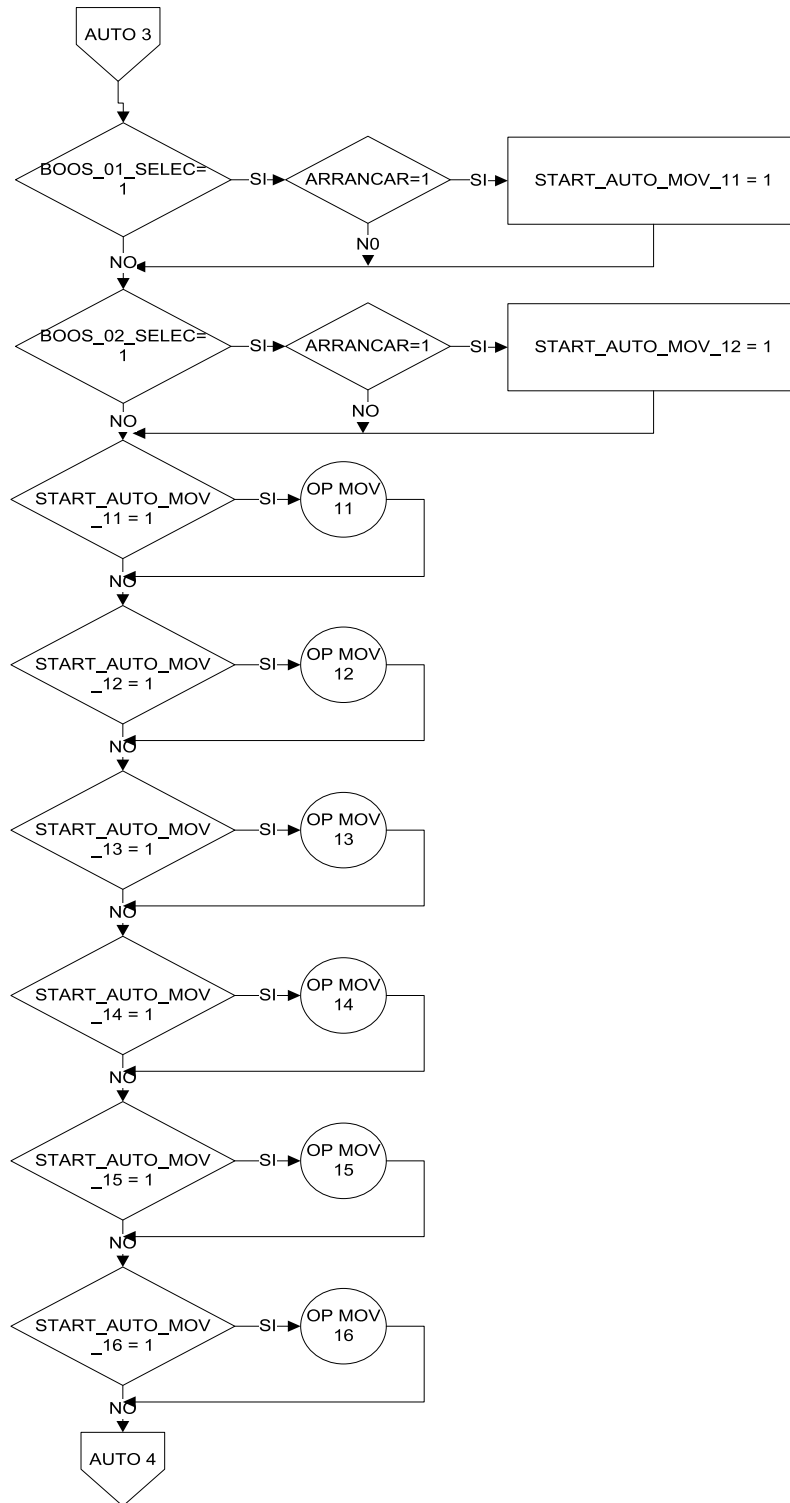
Selecciona la bomba boost que va a trabajar.

Selecciona el producto que se desea despachar

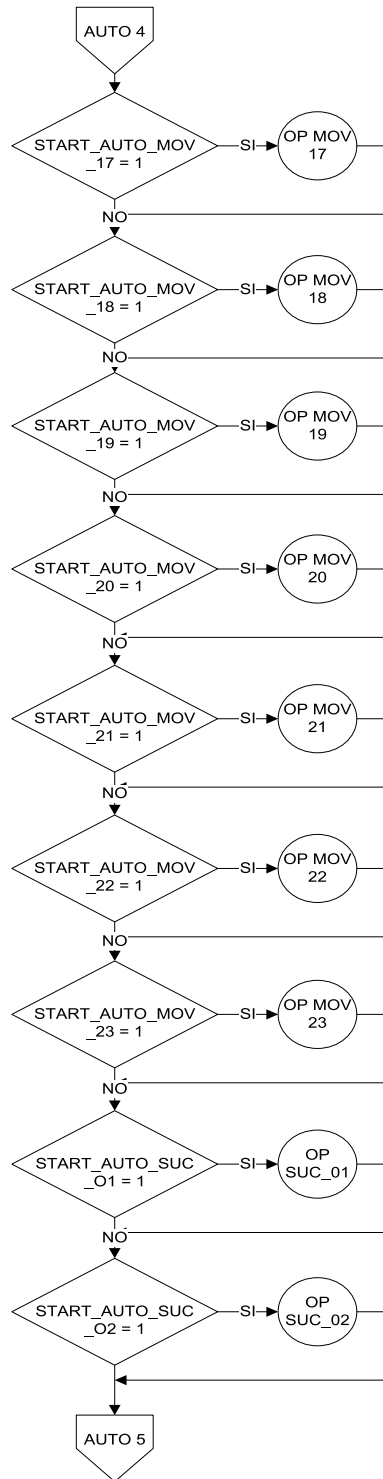
**Diagrama 5.10. Inicio Modo Automático, Verificación de Motores seleccionados para trabajar y selección de producto que se va a bombear.**



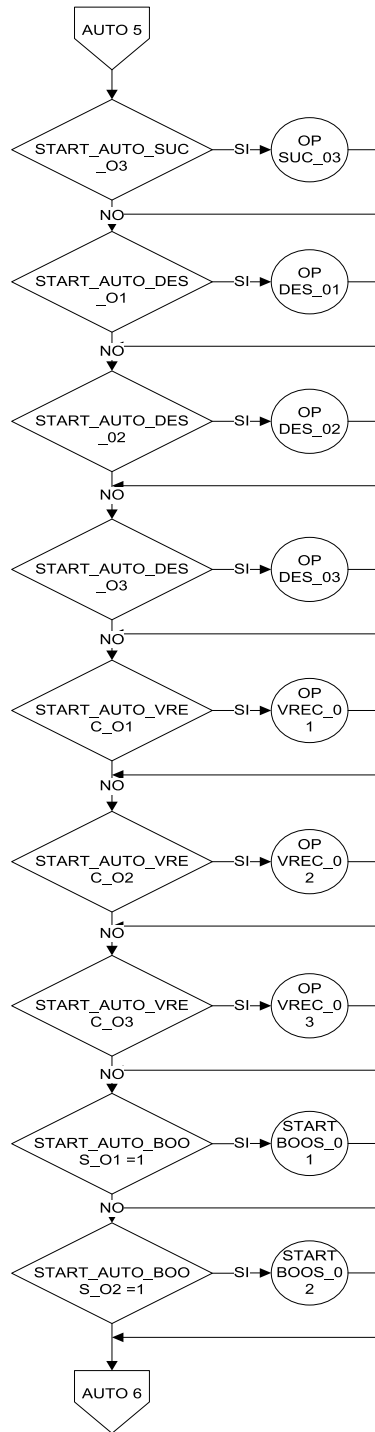
**Diagrama 5.11. Verificación del tanque que del que se va a despachar el producto. Abre la válvula respectiva para dejar pasar el producto.**



**Diagrama 5.12. Verificación de orden para apertura de válvulas y encendido de motores en modo automático y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para apertura de válvulas y encendido de motores. Aplica a Válvulas desde Mov\_11 a Mov\_16.**

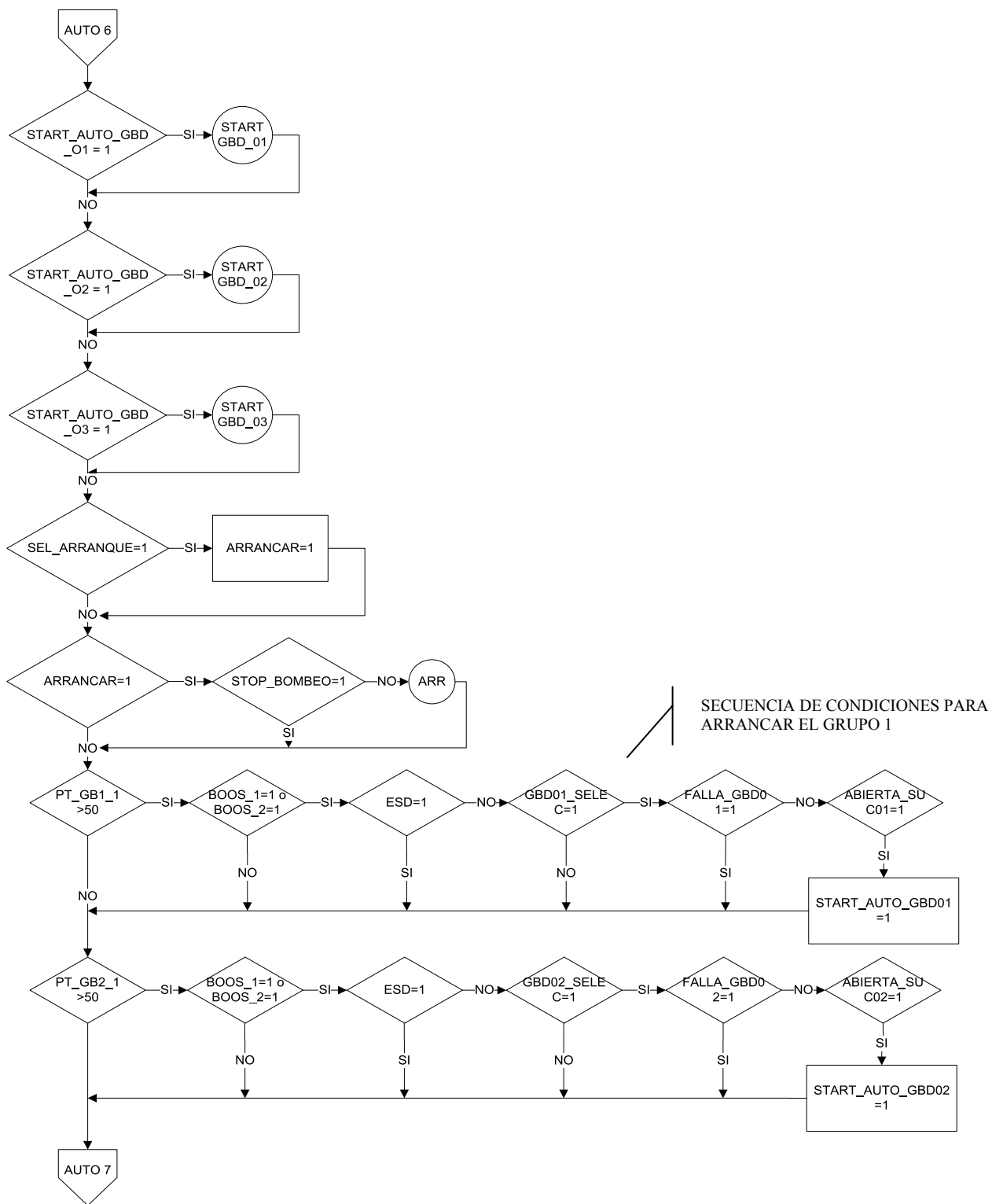


**Diagrama 5.13. Verificación de orden para apertura de válvulas y encendido de motores en modo automático y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para apertura de válvulas y encendido de motores. Aplica a Válvulas desde Mov\_17 a Mov\_23, Suc\_01 a Suc\_02.**

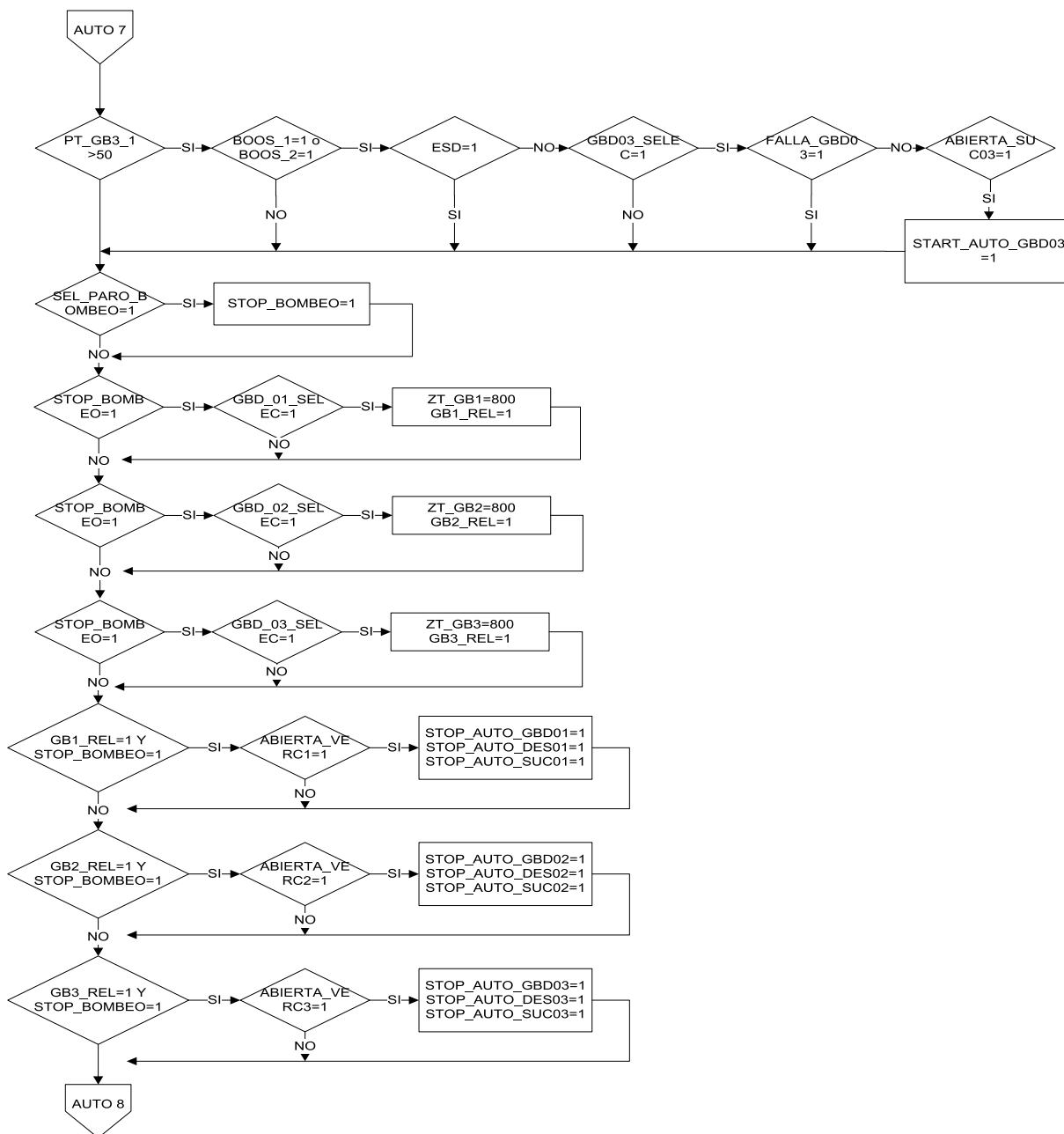


**Diagrama 5.14. Verificación de orden para apertura de válvulas y encendido de motores en modo automático y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para apertura de válvulas y encendido de motores. Aplica a Válvulas desde Suc\_03, Des\_01 a Des\_03, Vrec\_01 a Vrec\_03 y motores de bombas Booster.**

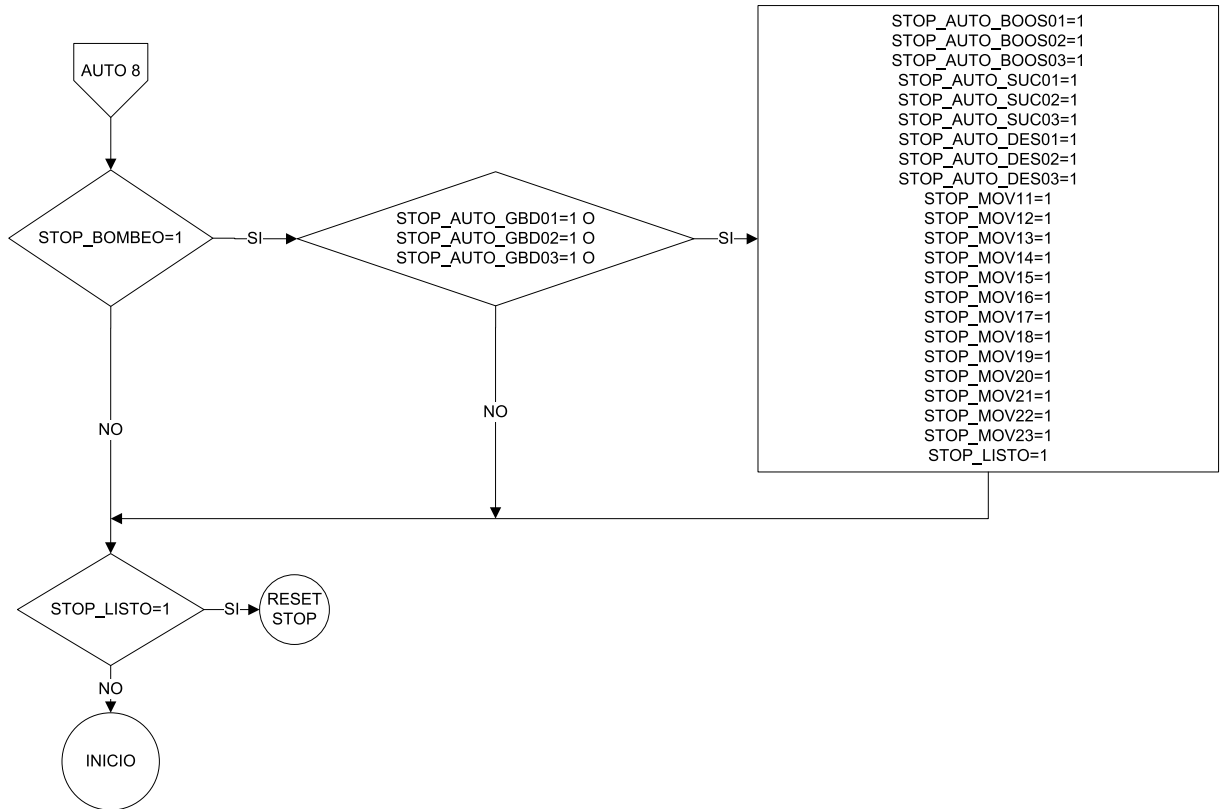




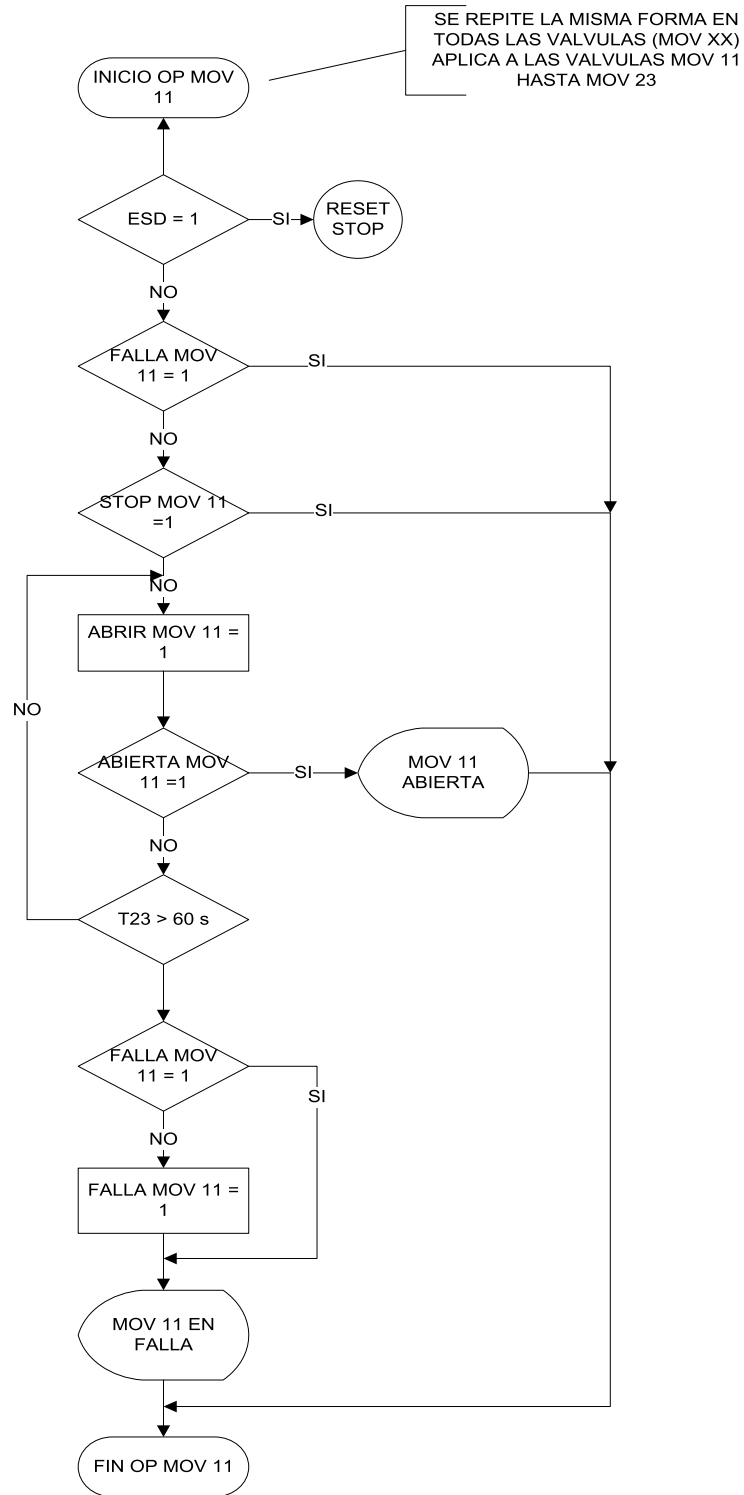
**Diagrama 5.15. Verificación de orden para encendido de motores en modo manual y llamado a subrutinas de comprobación de condiciones para encendido de motores. Aplica a motor Diesel 1, 2, 3. Verificación de condiciones para el correcto encendido de motores Diesel 1, 2, 3.**



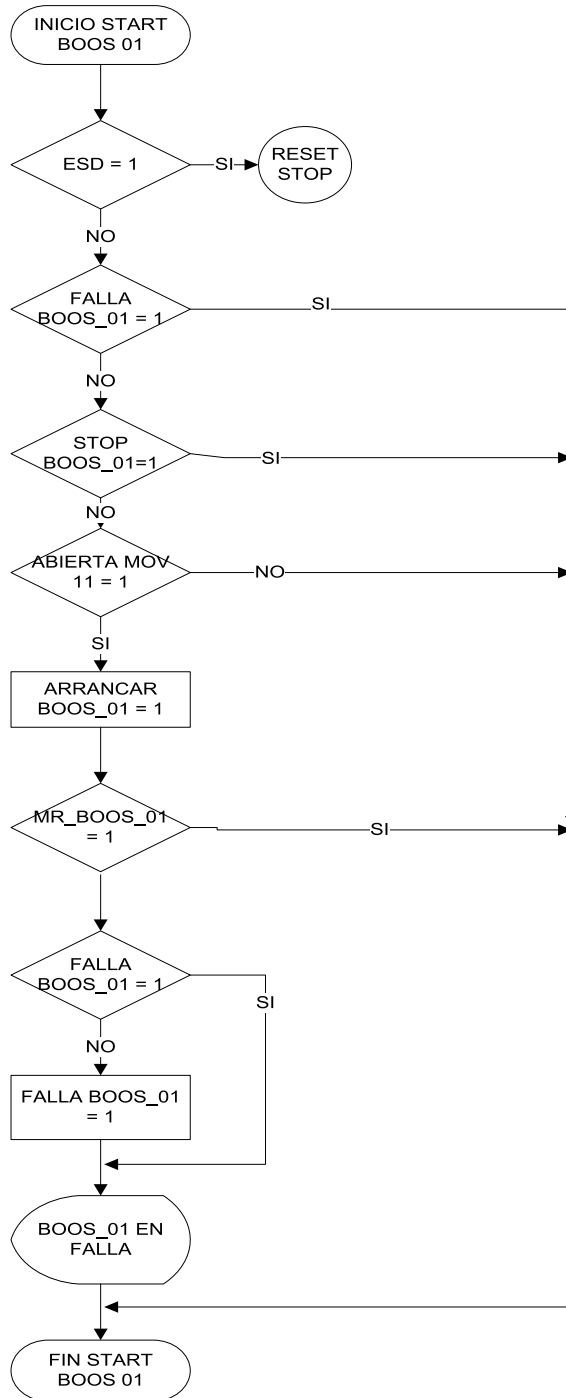
**Diagrama 5.16. Verificación de orden de paro de grupos de Bombeo, y orden de parada de Grupos Diesel si se han cumplido las condiciones.**



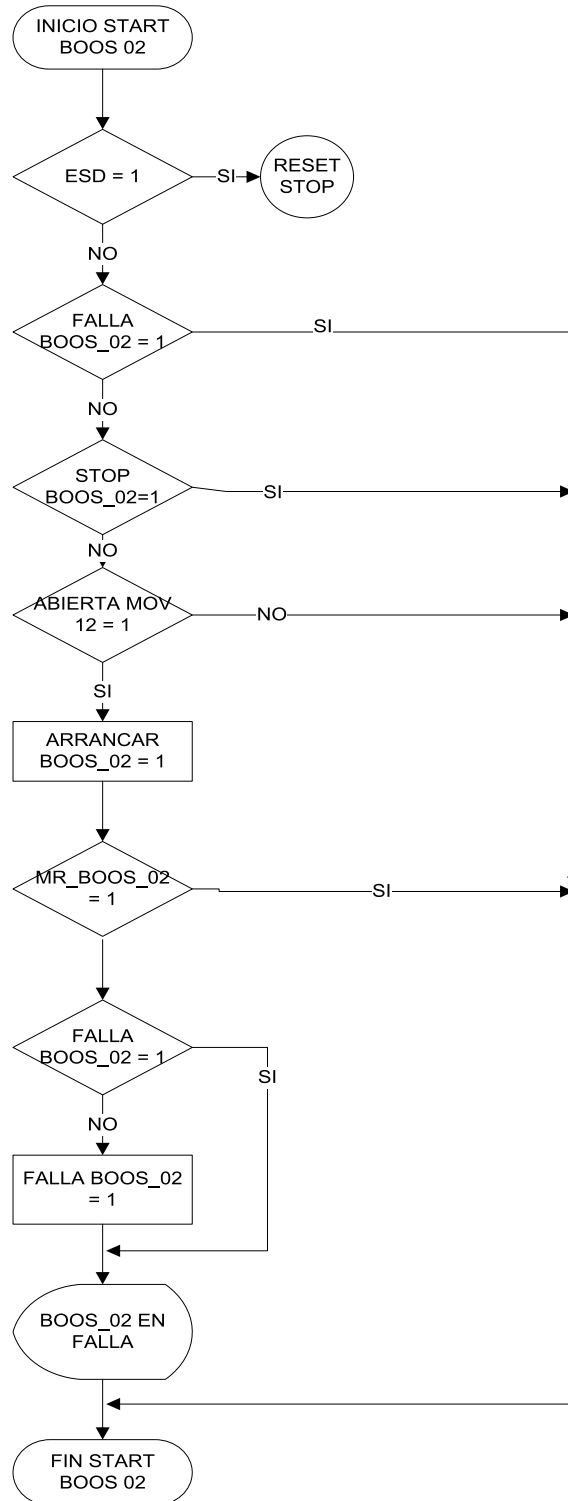
**Diagrama 5.17. Llamado a secuencia de Reset Stop Luego de verificar que la secuencia de paro haya finalizado correctamente.**



**Diagrama 5.18. Inicio de Secuencia de apertura de Válvulas y verificación de apertura total, si no se ha abierto en 60s se genera una falla. Aplica a todas las válvulas Mov, Suc, Des, Vrec.**

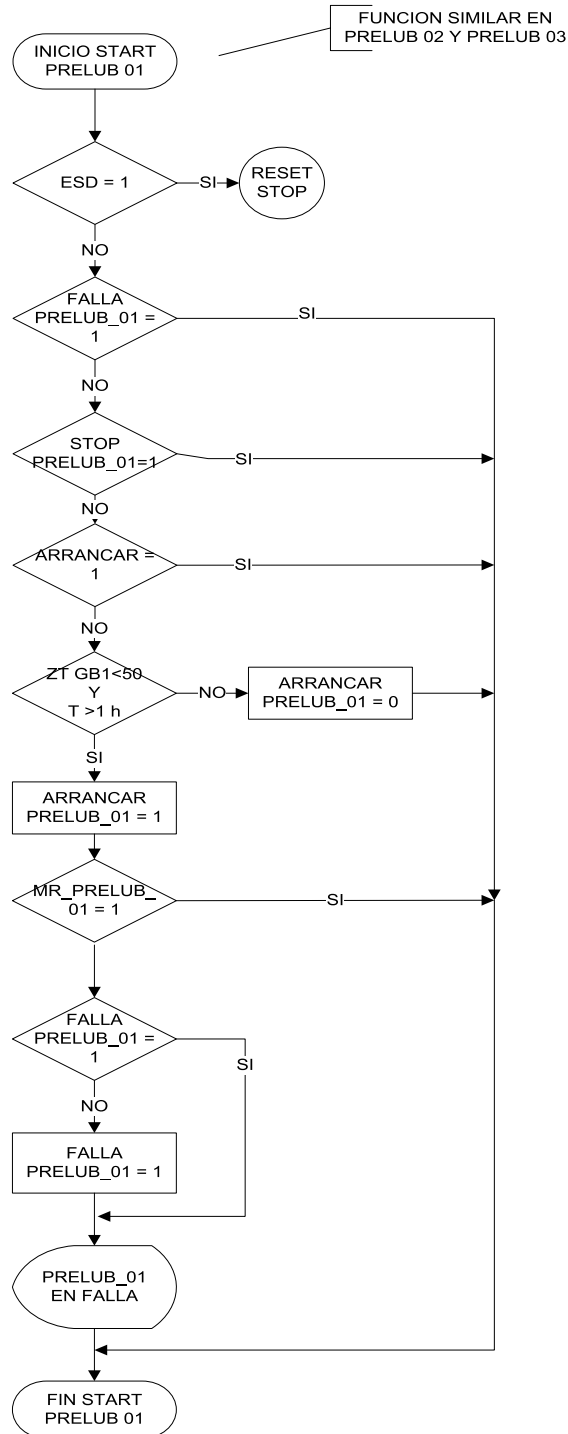


**Diagrama 5.19. Inicio de Secuencia de encendido de Bombas, verificación de encendido satisfactorio (MR), si no ha encendido se genera una falla. Aplica a todos los motores Boos\_01, Boos\_02, Prelub\_01, Prelub\_02, Prelub\_03y Refrig.**

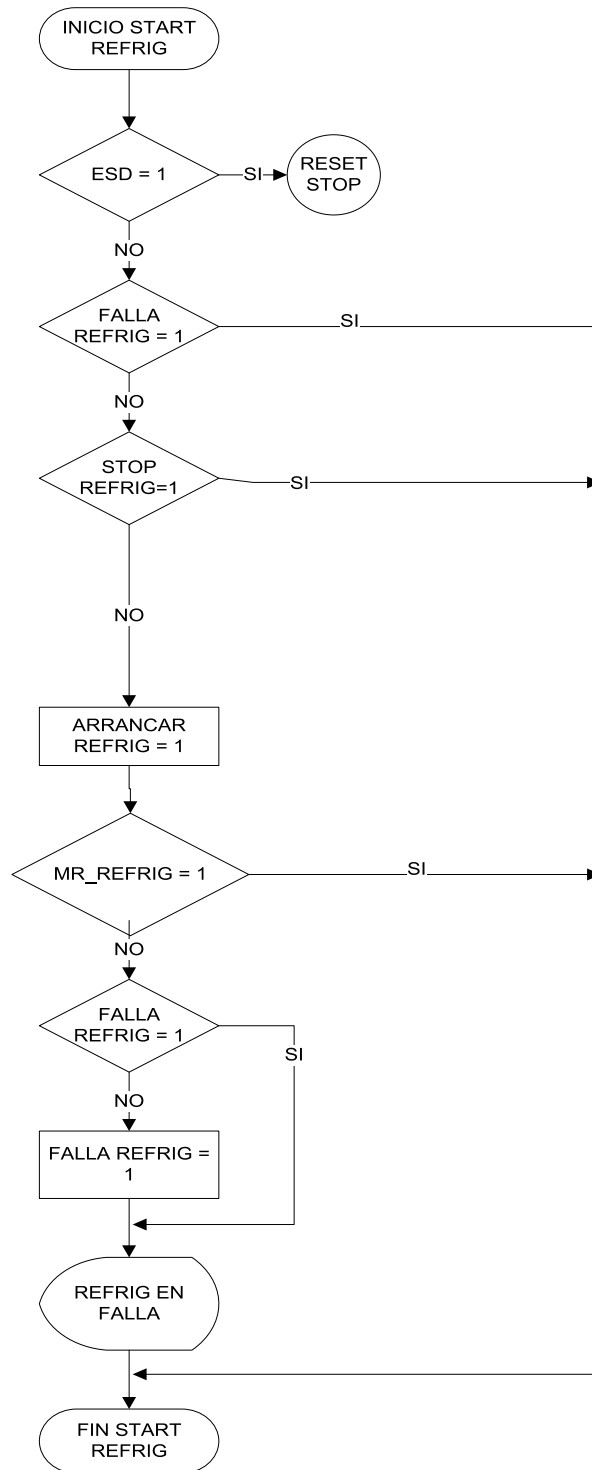


**Diagrama 5.20. Inicio de Secuencia de encendido de Bombas, verificación de encendido satisfactorio (MR), si no ha encendido se genera una falla.**

**Aplica a todos los motores Boos\_01, Boos\_02, Prelub\_01, Prelub\_02, Prelub\_03y Refrig.**

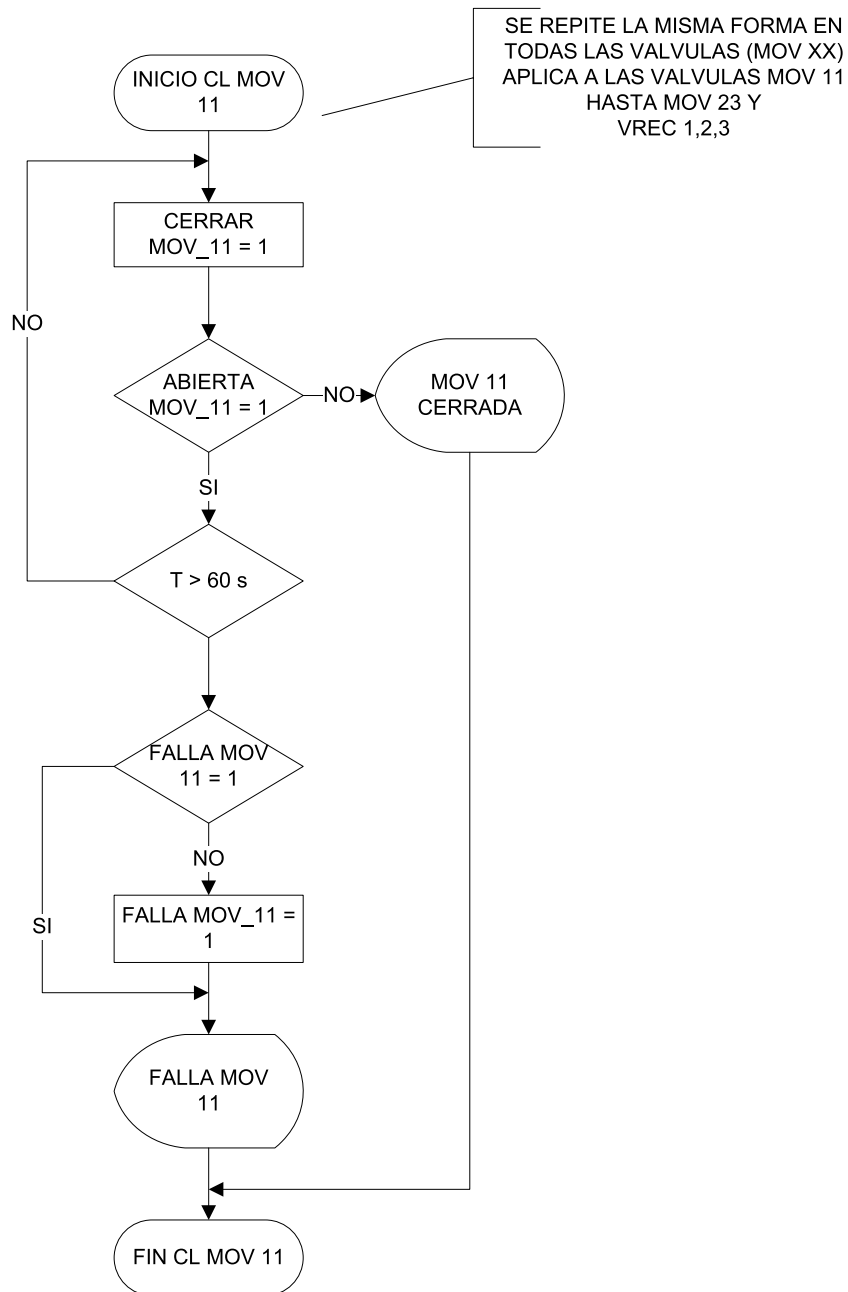


**Diagrama 5.21. Inicio de Secuencia de encendido de Bombas, verificación de encendido satisfactorio (MR), si no ha encendido se genera una falla. Aplica a todos los motores Boos\_01, Boos\_02, Prelub\_01, Prelub\_02, Prelub\_03y Refrig.**



**Diagrama 5.22. Inicio de Secuencia de encendido de Bombas, verificación de encendido satisfactorio (MR), si no ha encendido se genera una falla. Aplica a todos los motores Boos\_01, Boos\_02, Prelub\_01, Prelub\_02, Prelub\_03y Refrig.**





**Diagrama 5.23. Inicio de Secuencia de cierre de Válvulas y verificación de cierre total, si no se ha cerrado en 60s se genera una falla. Aplica a todas las válvulas Mov, Suc, Des, Vrec.**

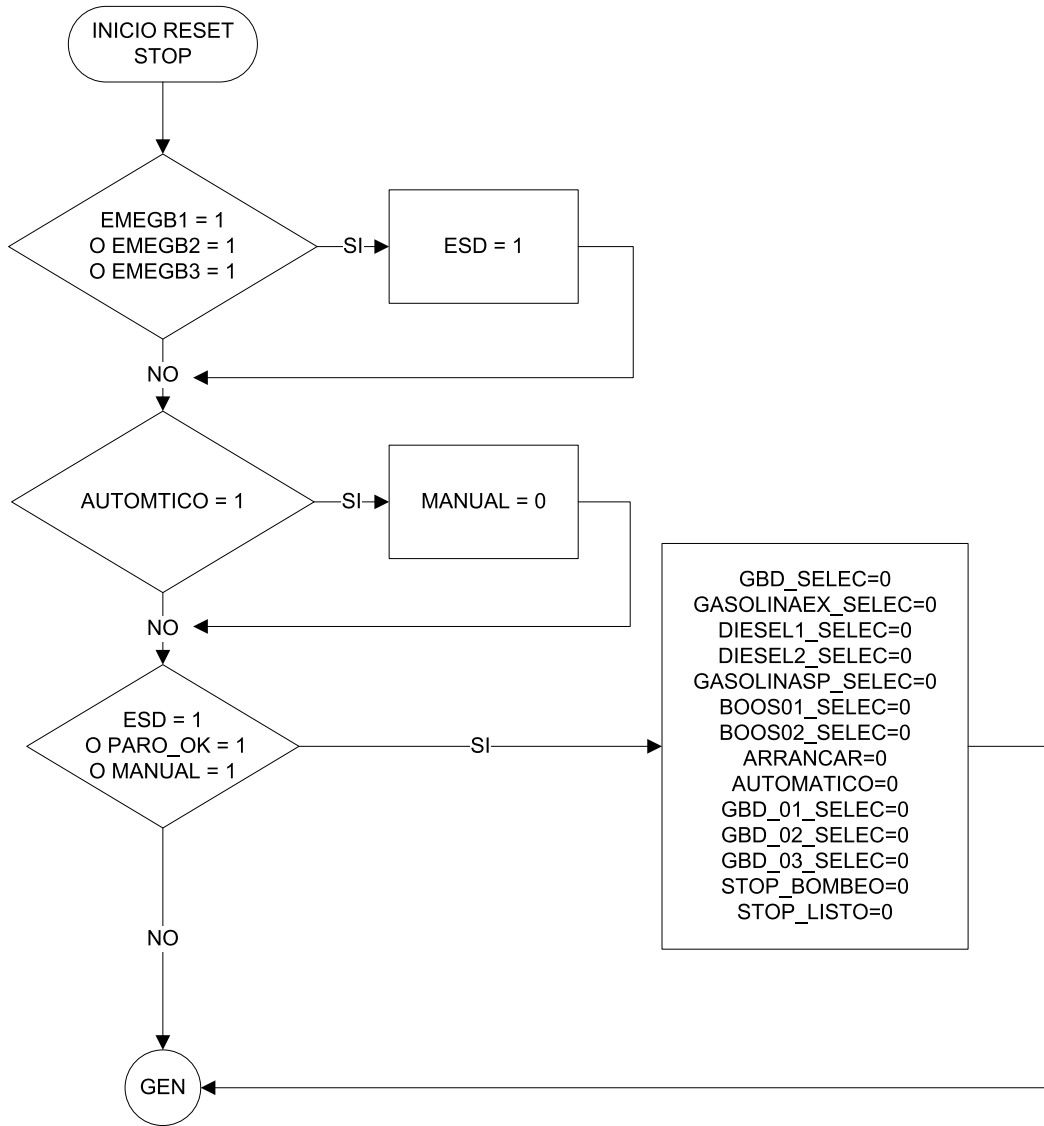
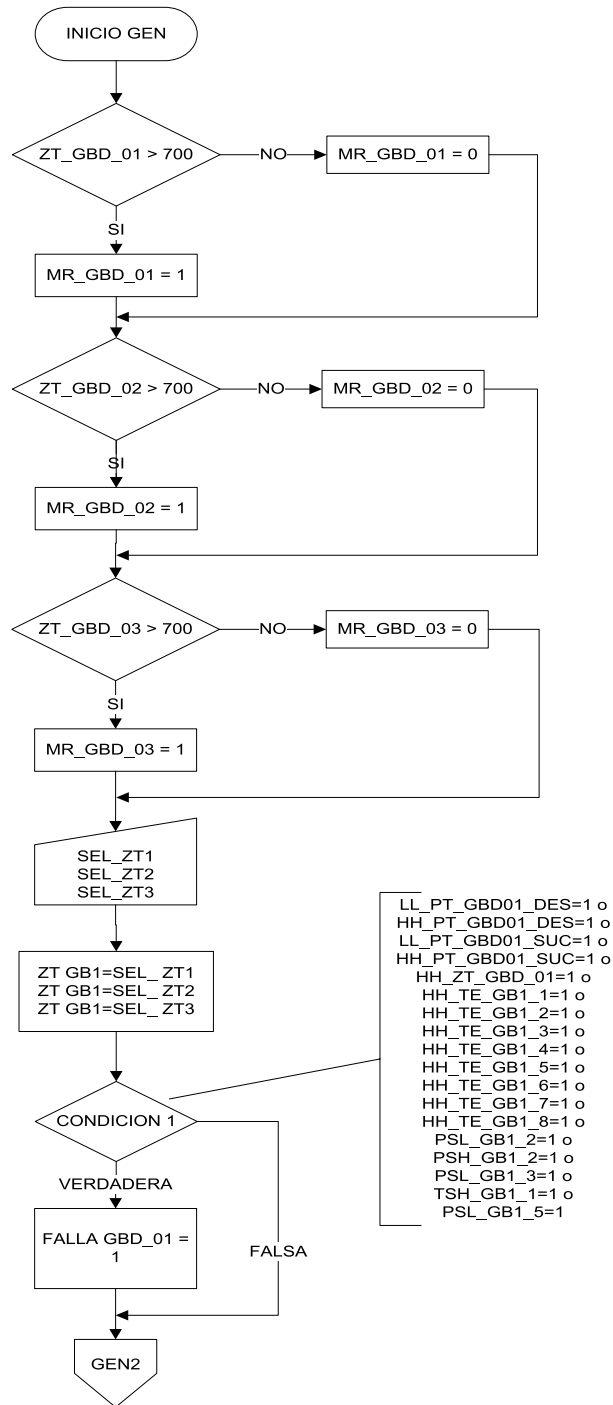
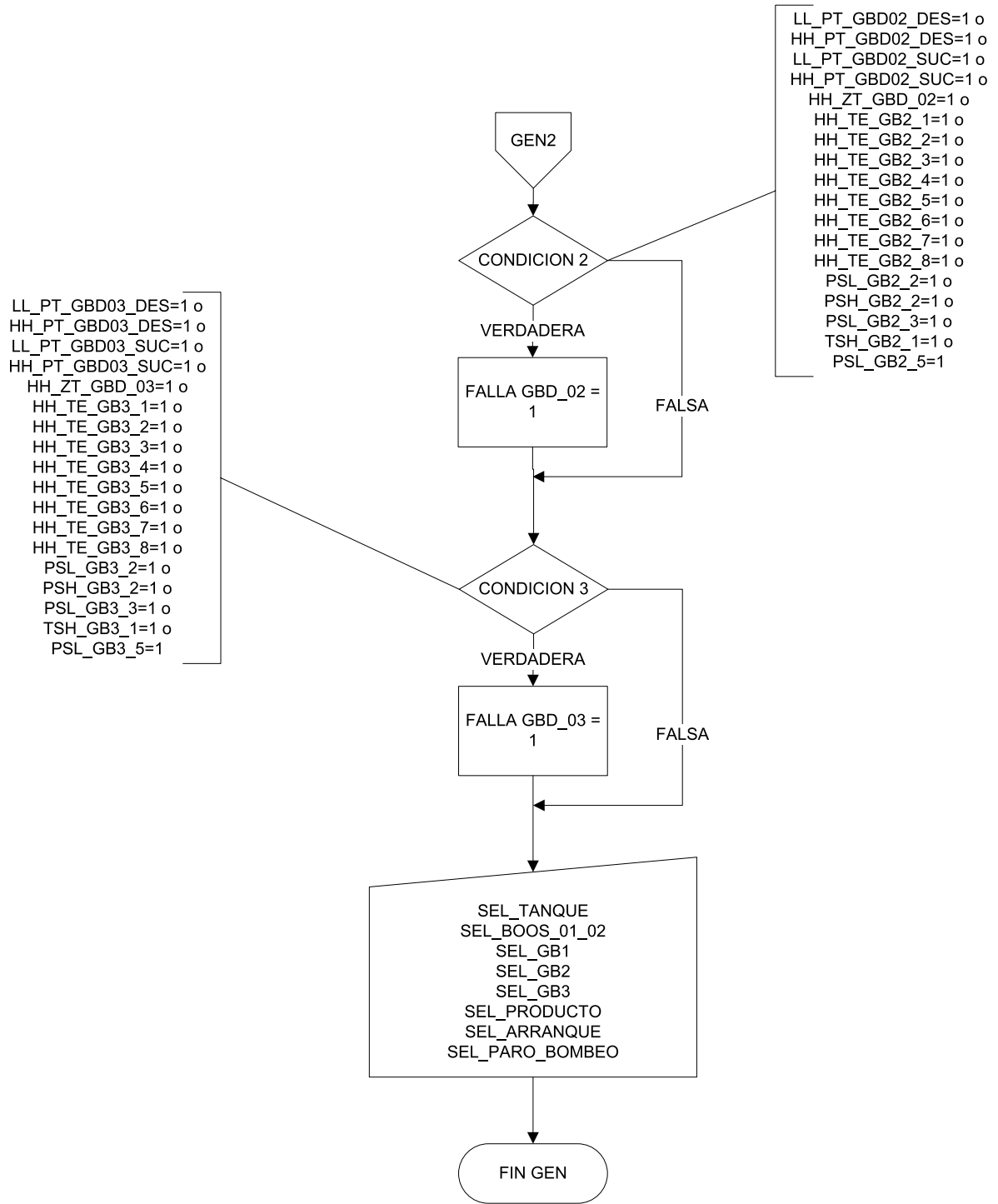


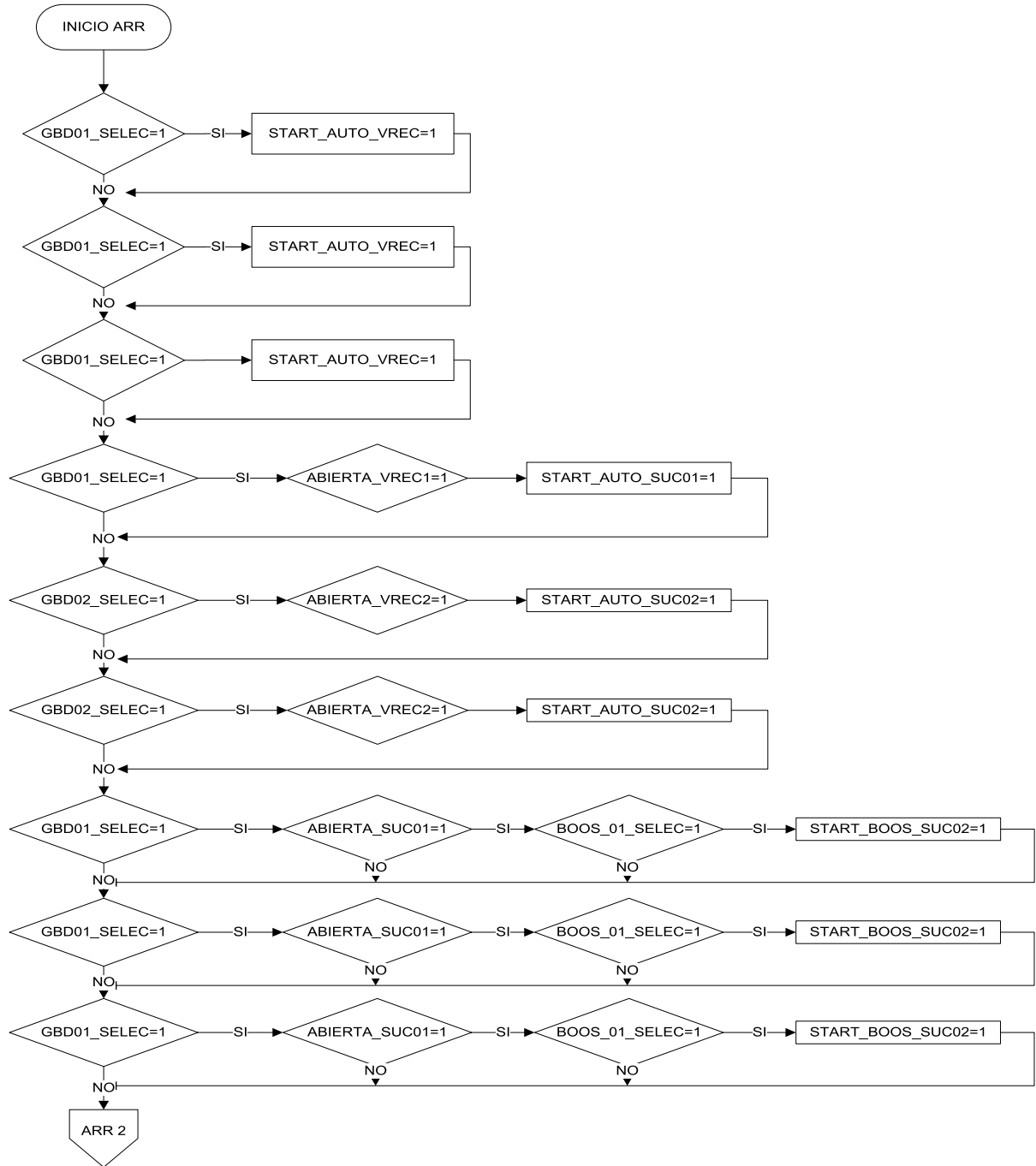
Diagrama 5.24. Inicio de secuencia de Reset Stop.



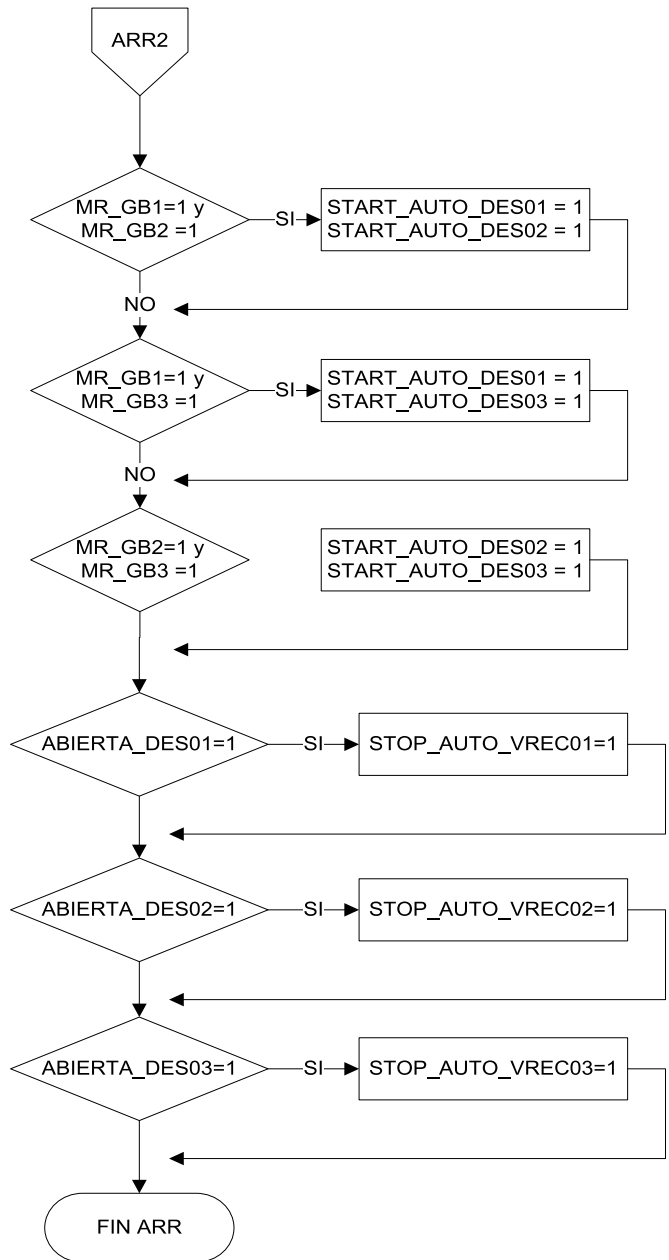
**Diagrama 5.25. Inicio de función Gen, en esta se verifica condiciones de alarma, y también se comprueba si los motores Diesel están encendidos**



**Diagrama 5.26.** Inicio de función Gen, en esta se verifica condiciones de alarma, y también se comprueba si los motores Diesel están encendidos.



**Diagrama 5.27. Inicio de secuencia de arranque de grupos de bombeo Diesel, abriendo automáticamente las válvulas cuando se han cumplido las condiciones.**



**Diagrama 5.28. Inicio de secuencia de arranque de grupos de bombeo Diesel, abriendo automáticamente las válvulas cuando se han cumplido las condiciones.**

## 5.2. INTERFACES HMI's

A continuación se muestran las pantallas principales que servirán a los operadores para el control y monitoreo de la estación de bombeo REDPOL y al personal de mantenimiento para realizar las respectivas acciones restringidas a dicho personal.

Estas pantallas responden en su totalidad a la filosofía de funcionamiento y a la ingeniería realizada, resaltando que toda la lógica de control se encuentra en el PLC.

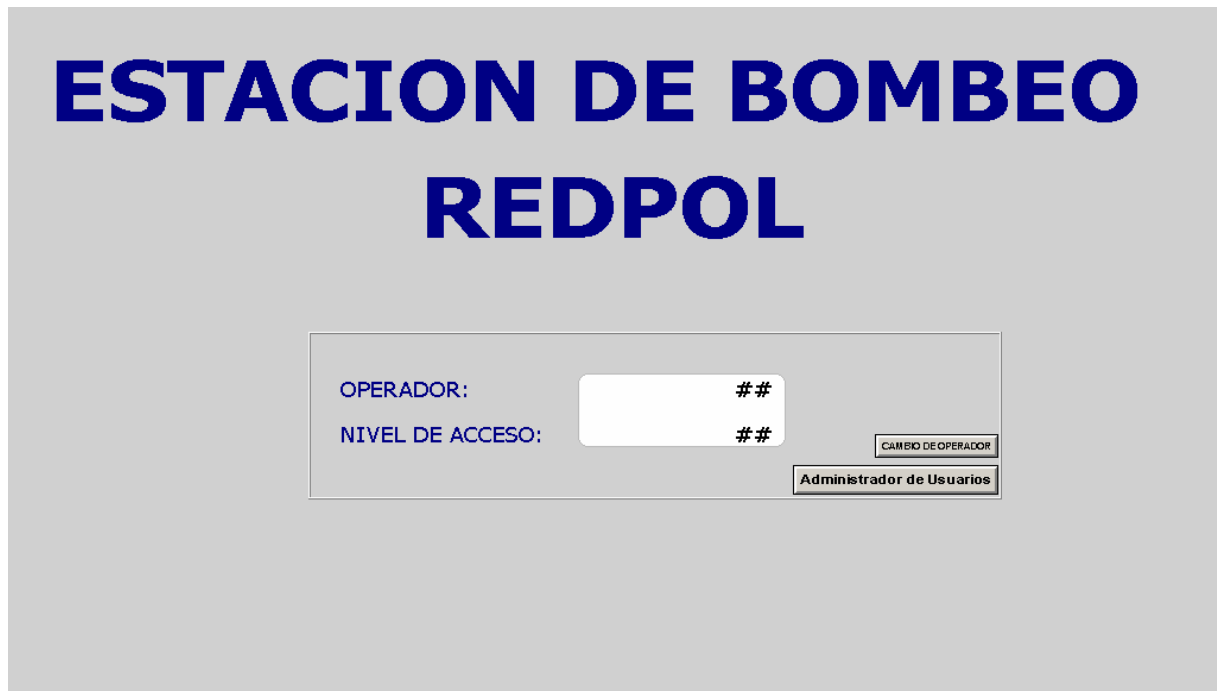


Figura 5.1. Pantalla de Ingreso de usuario.

Si no existe un usuario registrado no es permitido navegar entre las diferentes ventanas y poder controlar la estación.

La figura 5.1 muestra la pantalla principal, en esta se presenta el usuario y el nivel de acceso del mismo, el Supervisor de la estación es el único autorizado para administrar los usuarios, es decir asignar niveles de accesos a nuevos usuario y modificar el de los actuales, así como eliminarlos también.



Figura 5.2. Barra de Navegación.

La figura 5.2 es la ventana que permitirá la navegación entre las diferentes pantallas que componen la estación.









La figura 5.7 corresponde a una pantalla restringida para el personal de operaciones, sirve para encender cada equipo por separado para comprobar su funcionamiento, siendo esta pantalla responsabilidad del personal de mantenimiento.

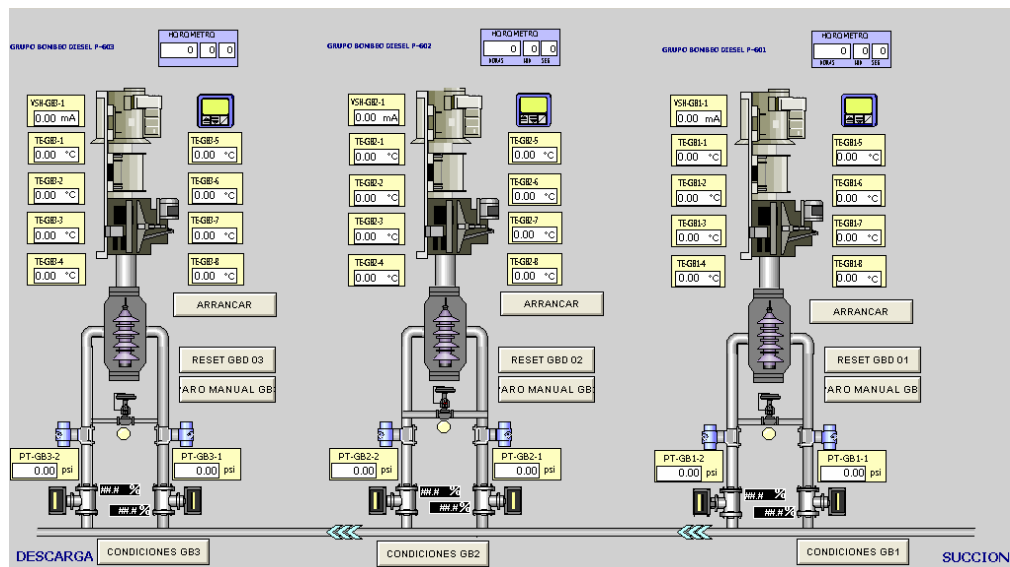
### CONDICIONES GRUPO BOMBEO DIESEL P-601

TAG	DESCRIPCION	VALOR ACTUAL	UNIDAD	LIMITE DE ALARMAS	
PT-GB1-1	PRESION EN LA SUCCION	###.##	PSI	LOLO ###.##	HIHI ###.##
PT-GB1-2	PRESION EN LA DESCARGA	###.##	PSI	LOLO ###.##	HIHI ###.##
VSH-GB1-1	VIBRACION EXCESIVA	###.##	%	-----	-----
ZT_GB1_1	VELOCIDAD BOMBEO GRUPO BOMBEO DIESEL 1	###.##	RPM	-----	HIHI ###.##
TET-GB1-1	TEMPERATURA GASES DE DESCARGA - CULATA 1	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TET-GB1-2	TEMPERATURA GASES DE DESCARGA - CULATA 2	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TET-GB1-3	TEMPERATURA GASES DE DESCARGA - CULATA 3	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TET-GB1-4	TEMPERATURA GASES DE DESCARGA - CULATA 4	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TET-GB1-5	TEMPERATURA GASES DE DESCARGA - CULATA 5	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TET-GB1-6	TEMPERATURA GASES DE DESCARGA - CULATA 6	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TET-GB1-7	TEMPERATURA GASES DE DESCARGA - CULATA 7	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TET-GB1-8	TEMPERATURA GASES DE DESCARGA - CULATA 8	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TE-GB1-1	TEMPERATURA AGUA DE ENFRIAMIENTO MOTOR	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TE-GB1-2	TEMPERATURA ACEITE MOTOR	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TE-GB1-3	TEMPERATURA MULTIPLICADOR B.V	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TE-GB1-4	TEMPERATURA MULTIPLICADOR A.V.	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TE-GB1-5	TEMPERATURA COJINETE ANTERIOR BOMBA	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TE-GB1-6	TEMPERATURA COJINETE POSTERIOR BOMBA	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TE-GB1-7	TEMPERATURA COJINETE DE EMPUJE BOMBA	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##
TE-GB1-8	TEMPERATURA CARCAZA BOMBA	###.##	°C	HI ###.##	HIHI ###.##

DESHABILITAR.

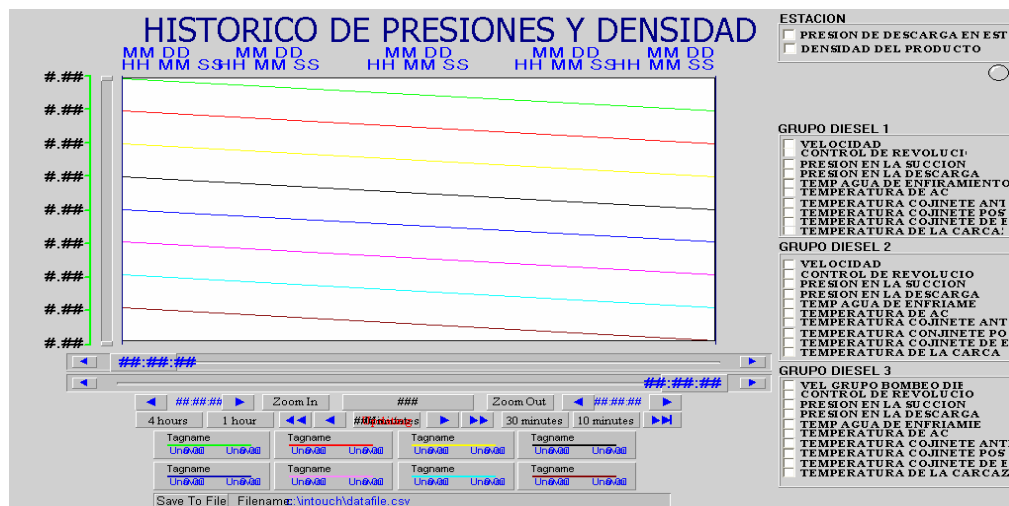
Figura 5.8. Ventana de Condiciones de Grupos.

Si se desea ver el estado de todas las condiciones de un grupo de bombeo o deshabilitar las alarmas del mismo grupo por el personal de mantenimiento se deben dirigir a la pantalla correspondiente a la figura 5.8, también se puede cambiar los límites de alarmas por personal autorizado.



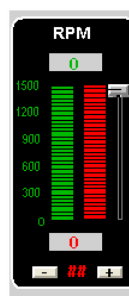
**Figura 5.9. Visión de grupos operativos.**

En la figura 5.9 se tiene en conjunto los tres grupos de bombeo Diesel, temperaturas de operación de los motores y las bombas así como presiones de succión y descargas de cada grupo. También consta de botones de acceso a las condiciones de cada grupo de bombeo.



**Figura 5.10. Históricos de condiciones.**

En la pantalla correspondiente a la figura 5.10 se puede seleccionar variables historiadas para mostrarlas en la carta en un tiempo máximo de seis meses atrás. También permite grabar estos datos en un archivo CSV para mejorar así la capacidad administrativa de las variables de proceso.



**Figura 5.11. Control de Velocidad**

La figura 5.11 es la pantalla emergente que permite controlar el set point de velocidad y la velocidad actual de cada motor.

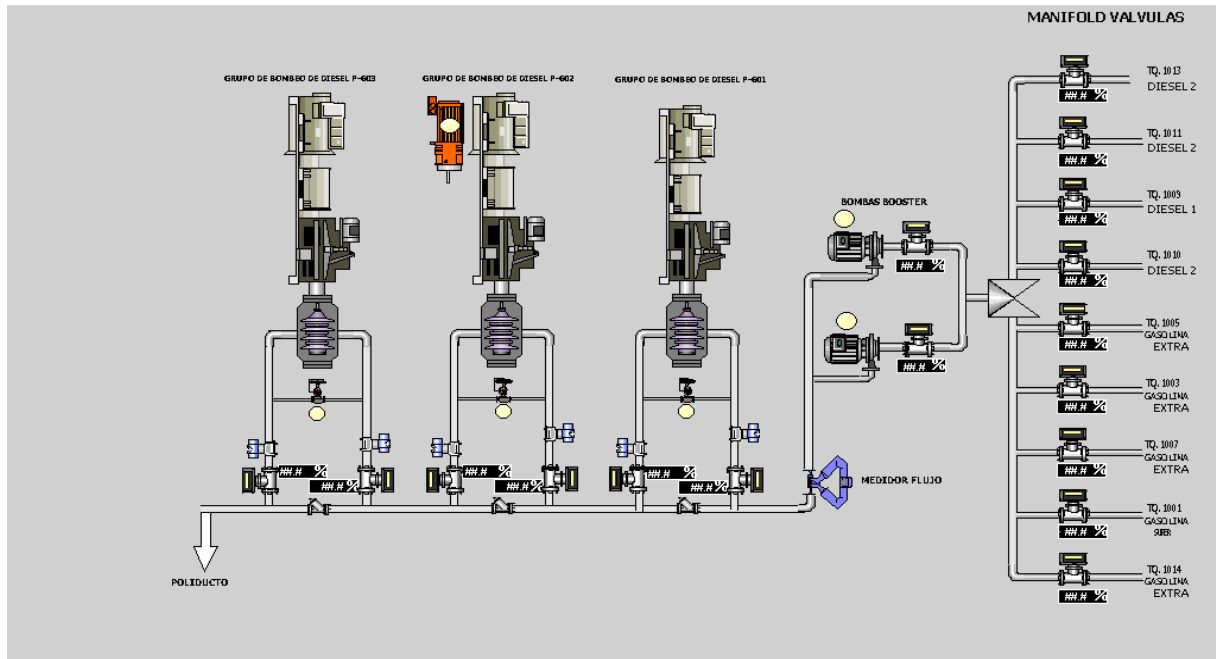


Figura 5.12. Visión general de la estación.

La figura 5.12 mostrará una visión general de la estación de bombeo, por ejemplo, se podrá ver detalladamente de que tanque se está bombeando y con qué grupo se está trabajando.

### 5.3. SIMULACIÓN

Como parte de la programación de la lógica de control tenemos la simulación, para comprobar que las condiciones sean las adecuadas, ya que no es posible realizarlas en campo puesto que no se puede realizar pruebas que comprometan el funcionamiento de una planta, protegiendo así los recursos humanos y materiales.

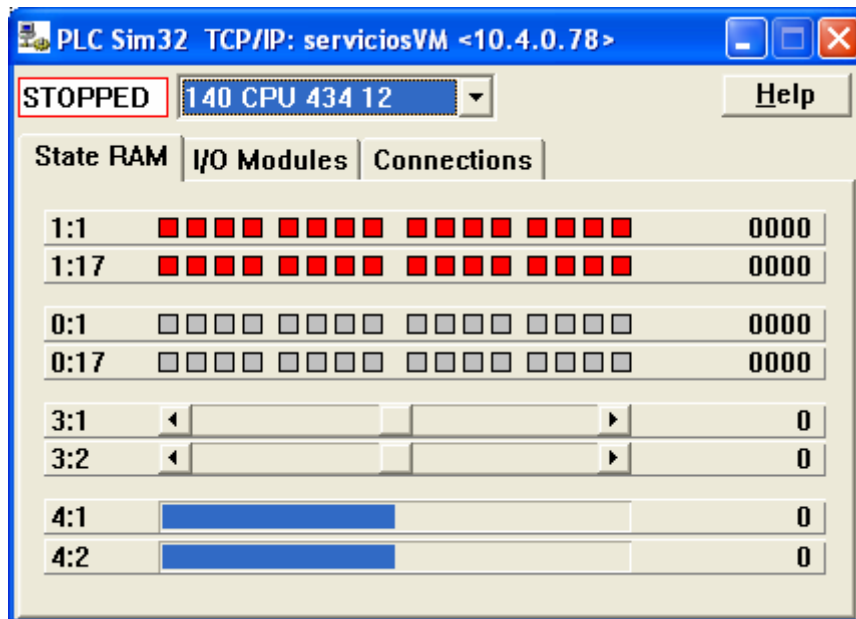


Figura 5.13. Simulador propio de Concept V 2.6

Este es el simulador incluido en el paquete del Concept v 2.6, permite simular cambios en entradas discretas y analógicas y ver el estado de las salidas del mismo tipo. La descarga de la lógica de control se debe hacer sobre este del mismo modo que se hace sobre el PLC, permitiendo así simular toda la lógica de control.

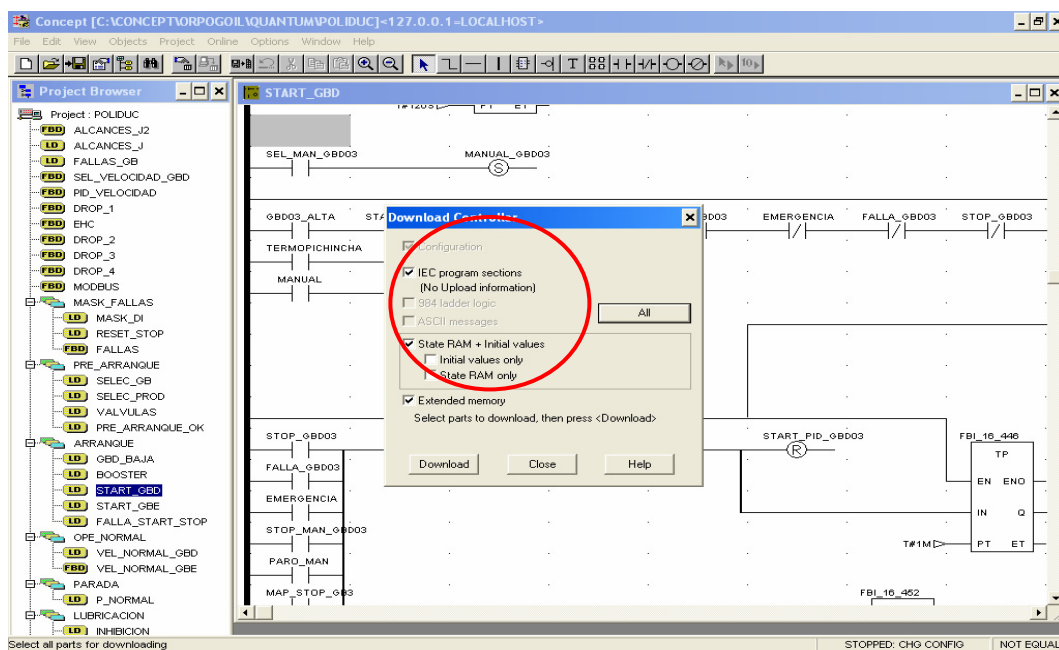


Figura 5.14. Descarga de lógica de Control en Simulador.

La descarga sobre el simulador permite seleccionar todas las características compatibles con el PLC con el que se trabajará como está resaltado en la figura 5.14.

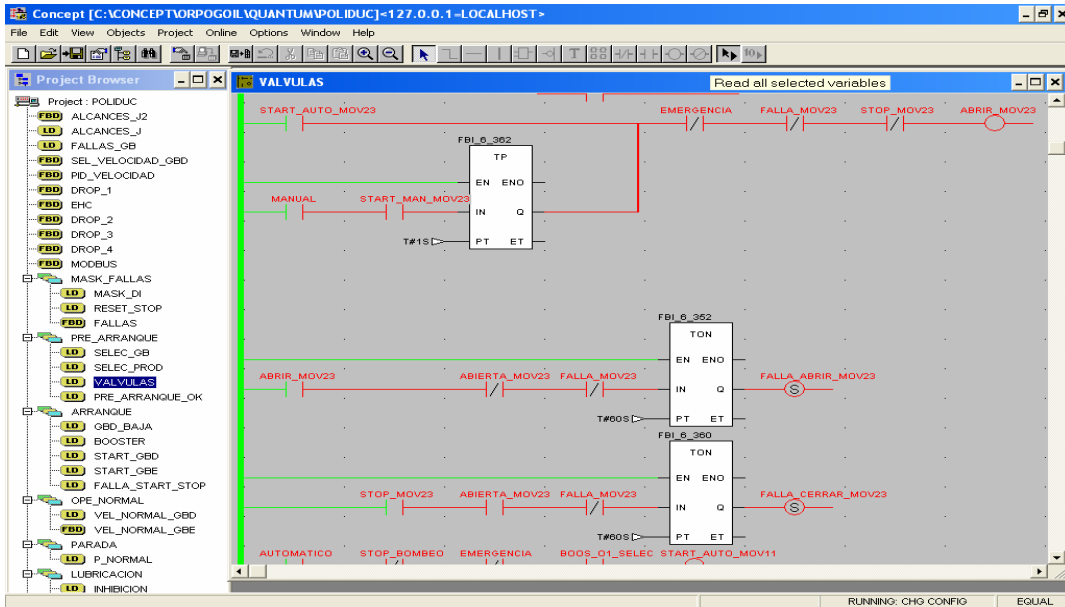


Figura 5.15. Simulación de apertura de válvulas.

En la figura 5.15 podemos observar parte de la lógica que corresponde a la apertura de una válvula, el color verde significa que una variable esta activada o en estado de verdad mientras que el color rojo representa una variable desactivada o estado de falsedad.

Variable Name	Dat	Address	Value	Set	Format	Disable	Cyclic Set	Animation Status
1 ABIERTA_MOV11	BO	001018	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2 ABIERTA_MOV21	BO	001028	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3 ABIERTA_MOV23	BO	001030	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4 ABIERTA_SUC01	BO	001011	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5 ABIERTA_SUC02	BO	001013	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6 PORCENT_SUC_GBD01	INT	401131	0		Dec	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7 PORCENT_SUC_GBD02	INT	401129	0		Dec	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8 MR_BOOS_01	BO	100009	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9 PT_GB1_1	RE.		0	100	Real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10 PT_GB2_1	RE.		0	100	Real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11 PT_GB1_2	RE.		0.3663		Real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12 PT_GB2_2	RE.		0		Real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13 PSL_GB1_4	BO	100038	On		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14 PSLGB33	BO	001155	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15 MAP_GB2_11	BO	000049	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16 TSH_GB1_1	BO	100039	On		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17 TSH_GB2_1	BO	100071	On		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18 ARRANQUE_OK	BO	000999	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19 ZT_GBD01_RPM	INT	400250	0		Dec	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20 ZT_GBD02_RPM	INT	400251	0		Dec	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21 CLUTCH_GBD01	BO	100043	On		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22 CLUTCH_GBD02	BO	100075	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23 PRE_ARRANQ_OK	BO	001000	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24 START_MAN_GBD03	BO	002306	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
25 PSL_GB2_2	BO	100067	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 5.16. Estado de variables simuladas.

En la figura 5.16 se observa una pantalla de datos de referencia la cual consta de varias columnas entre las principales están el nombre de la variable, tipo de dato, dirección y el estado de las variables en ella mostrada.

Esta ventana permite modificar datos en línea, permitiendo probar los efectos que tendría el cambio de una variable en medio de un proceso, siendo esta una ventaja preponderante en la simulación de la lógica de control.

The screenshot shows the Concept software interface. The top part displays a ladder logic diagram with a timer T#1S and a coil labeled 'START MAN MOV23' circled in red. The bottom part shows a table titled 'RDE Template (PRUEBA.RDF) - Animation ON' with the following data:

	Variable Name	Dat	Address	Value	Set	Format	Disable	Cyclic Set	Animation Status
1	MANUAL	BO	002001	On		Bool	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	START MAN MOV23	BO	002338	Off		Bool	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	ABIERTA_MOV23	BO	001030	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	ABIERTA_SUC01	BO	001011	On		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	ABIERTA_SUC02	BO	001013	On		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	PORCENT_SUC_GBD01	INT	401131	100		Dec	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	PORCENT_SUC_GBD02	INT	401129	100		Dec	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	MR_BOOS_01	BO	100009	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	PT_GB1_1	RE		0	100	Real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	PT_GB2_1	RE		0	100	Real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	PT_GB1_2	RE		0		Real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	PT_GB2_2	RE		0		Real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	PSL_GB1_4	BO	100038	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	PSLGB33	BO	001155	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	MAP_GB2_11	BO	000049	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	TSH_GB1_1	BO	100039	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	TSH_GB2_1	BO	100071	Off		Bool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 5.17. Habilitación de variables para simulación.

En la figura 5.17 se observan variables habilitadas para permitir cambios en línea, y sus efectos generados sobre la lógica de control.

En la figura 5.18 que se muestra a continuación se ha simulado una parada de emergencia con el fin de verificar si los resultados son los esperados, siendo esta prueba una de las más importantes, puesto que ante alguna falla del sistema solo una para de emergencia podría detener los grupos de bombeo.

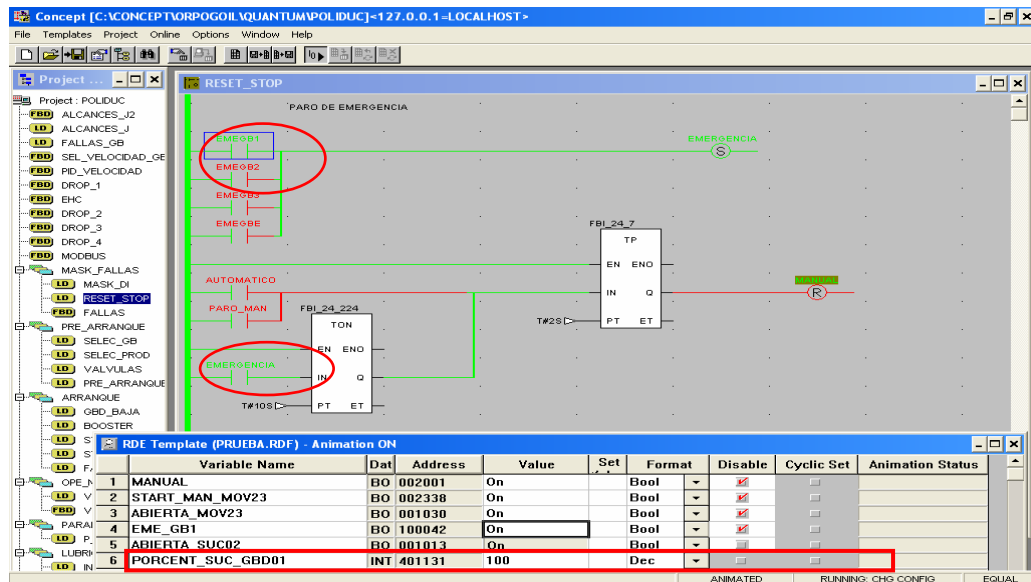


Figura 5.18. Simulación de parada de emergencia.

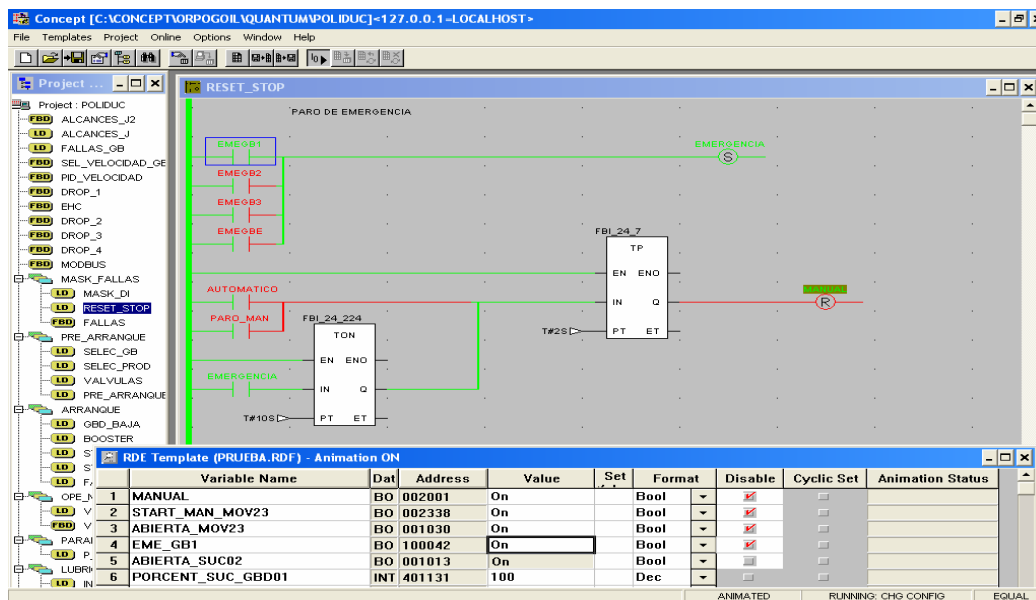


Figura 5.19. Simulación de condiciones de paro.

En la figura 5.19 se ha simulado la lógica de paro con el fin de verificar si la secuencia de apertura y cierre de válvulas se han cumplido correctamente para así culminar con el paro de los grupos de bombeo.



---

Todas las lógicas de control y pantallas HMIs se encuentran completas en los anexos, para cualquier verificación y/o modificación.

## CAPITULO 6

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 6.1. PRUEBAS Y RESULTADOS

##### 6.1.1 Prueba realizadas

*Prueba 1.-* Verificar Direcciones IPs de la Red de Control.

Para realizar esta prueba se configuró a las tarjetas de red de los computadores en el mismo rango de direcciones que el asignado a los PLCs mediante la herramienta del Concept: Ethernet Configurator, posteriormente se realizo un ping desde una computadora a cada participante de la red para conocer el estado del mismo y si el tiempo de respuesta es el adecuado.

*Resultados:*

Los resultados obtenidos fueron de gran ayuda, puesto que este procedimiento dio a conocer que no se debió haber asignado dirección alguna al PLC redundante, puesto que según la teoría los dos PLC deben ser exactamente iguales tanto en características físicas como de configuración, generando esto una confusión ya que al tener dos equipos la misma dirección dentro de la Red se genera un conflicto de IPs Repetidas, siendo la solución más adecuada probar la configuración de los módulos de redundancia, teniendo una respuesta de cada participante de 64 ms .

*Prueba 2.-* Descarga de la lógica de control en el PLC.

Antes de poner en funcionamiento la estación se procedió a descargar la lógica de control revisando detenidamente todos los mensajes de advertencia generados por el compilador, siendo estos en su totalidad mensajes de múltiples asignamientos de variables, y

luego de esto se verificó que el led de RUN se encuentre encendido lo que indica que la lógica de control se está ejecutando de manera normal.

*Prueba 3.- Prueba de configuración y funcionamiento de los módulos de redundancia Hot Standby.*

Para esta prueba fue necesario conocer el procedimiento de descarga del programa y configuración en el PLC redundante, debiendo revisar primero que la comunicación entre los dos módulos funcione correctamente, es decir los leds de Tx y Rx deben estar titilando.

Luego de realizar la transferencia de la configuración del PLC que funcionará como Principal en el de respaldo se procedió a deshabilitar el PLC principal de varias formas, como por ejemplo: deshabilitar la fuente del mismo, mover la llave a la posición STOP, desconectar el cable de comunicación, etc., con el fin de tener la seguridad de que el PLC de respaldo entrara en línea sin que el proceso se detuviera.

Estas pruebas se han realizado en línea, con la planta operativa, contando con el permiso del supervisor previendo todas las posibles causas que puedan causar un accidente.

*Resultados:*

Se pudo constatar que cuando los cables están conectados de la manera correcta los leds de Tx y Rx titilan, además que el display del módulo Hot Standby el PLC que esté trabajando como primario muestra la leyenda *Primary* en letras color blanco y el secundario muestra la leyenda *Standby* en letras color ámbar, y que al ocurrir un evento crítico que genere el cambio la leyenda del secundario cambia a *Primary*, y el otro se queda en blanco instantáneamente sin que el proceso se vea afectado.

Es importante recalcar que las pruebas demostraron que cualquiera de los dos PLCs puede trabajar como primario y el otro como secundario indistintamente al orden de conexión.

*Prueba 4.- Pruebas de comunicaciones Modbus TCP / IP.*

Una parte muy importante de la automatización es asegurar la transferencia de datos entre la HMI y el PLC, puesto que sin esta comunicación no será posible controlar y monitorear la estación por parte del personal de operaciones, es por esto que se ejecutaron pruebas de transferencia de todos los tipos de datos, como por ejemplo: discretos, enteros y flotantes.

*Resultados:*

Los resultados mostraron que en primera instancia los datos de tipo flotante no eran transmitidos de manera correcta en cualquier dirección, mientras que los discretos y flotantes no daban problemas, lo que incurrió en revisar el protocolo de comunicación y su intérprete, en este caso la herramienta de Intouch MBnet, el cual describe que para enviar y recibir datos flotantes se debe poner una letra F al final de la dirección que corresponda a un dato flotante, así este podrá saber que debe reservar 32 Bits para el envío de este dato. Al no poner este identificador F el intérprete solo enviaba la parte entera de los datos.

*Prueba 5.- Prueba de comunicación entre el PLC principal y los RIO Drops.*

Parte esencial del control es la comunicación, lo cual implica dedicarle suma atención a esta, es por esto que se debe realizar este tipos de pruebas.

Primero se procedió a revisar que la configuración de los RIO Drops en el PLC sea la correcta, es decir que los módulos estén asignados en el Rack correcto y en el mismo orden que han sido colocados físicamente en los Backplanes. También se verificó los Leds de indicadores de comunicación (Comm Ok) de todos los RIO Drops y los RIO Head estén encendidos. Si esto se cumple la comunicación está trabajando de manera correcta.

*Resultados.*

La revisión de la configuración en el PLC no generó ninguna novedad, pero los Leds de comunicación no se encendían por lo que implica que el PLC no reciba ninguna señal de las tarjetas de entradas y salidas.

La solución fue revisar detenidamente los manuales de conexión de los RIO Drops los cuales indican que en la parte posterior de estas tarjetas tienen unos Switchs los cuales sirven para indicar la posición en la que se encuentra configurado en el PLC debiendo hacer coincidir todos los RIO drops, ya que por default de fábrica todos vienen seteados en el número uno siendo este el motivo de que los Leds de comunicación no se enciendan.

Luego de haber corregido estas direcciones, los leds de comunicación se encendieron y el PLC empezó a recibir señales y a mostrarlas en las HMIs.

*Prueba 6.- Prueba de recepción de señales de campo análogas: 4 – 20 mA, RTDs y Termocuplas.*

Se probó la recepción de señales y el estado de los equipos de campo, tratando de asegurar que la medida analógica corresponda a las unidades de medida del proceso, por ejemplo que en los transmisores de presión la medida de corriente corresponda a la presión indicada en las pantallas HMIs y sea igual a la presión de la línea, comparando esta medida con los manómetros instalados anteriormente en las líneas y con los que trabajaban antes de la automatización.

#### *Resultados.*

Las señales se recibían en los módulos correspondientes puesto que los Leds de cada canal dejaban de estar en color rojo y cambian a color verde al ser conectados y energizados los equipos de campo, pero la medida entregada por estos no concordaban con algunos de los manómetros con una diferencia de 10 a 15 PSI en la succión y de 20 a 25 PSI en la descarga de la línea, y puesto que este proceso debe concordar se optó por traer un tercer equipo, un medidor patrón de presión, verificando así que los manómetros instalados años atrás había sufrido algún tipo de deterioro y no entregaban una señal confiable la cual solo sirve ahora como referencia nada más.

Adicionalmente estos en estos manómetros no se puede apreciar bien la medida ya que la línea vibra debido al funcionamiento de los motores y las agujas indicadoras tienen una pequeña variación a pesar de que son dimensionados para este trabajo y tienen en su interior silicón para amortiguar el movimiento.

*Prueba 7.- Prueba de comunicaciones Modbus RTU.*

Los actuadores deben reaccionar ante una orden discreta desde el controlador, entonces el PLC convierte esta señal discreta en un comando Modbus para abrir o cerrar la válvula, esta prueba consiste en medir cuánto tardan las válvulas en abrir o cerrarse luego de recibir esta orden. También se probará el efecto que tendría desconectar la energía de un actuador, es decir esta quedaría incomunicada.

*Resultados.*

Luego de conectar todas las válvulas se verificó los leds de estado de cada una de ellas, mostrando estos indicios de buena comunicación, procediendo así a probar las órdenes de apertura y cierre. Tomando tiempos de 25s para apertura y cierre completo de las válvulas.

Al desconectar uno de los actuadores se observaron tiempos de respuestas mucho más largos, por sobre los 60s, dando esto lugar a que el PLC genere estados de error, puesto que la comprobación de tiempos lo hace comparando con tiempos de 70s. Este aumento en los tiempos de apertura y cierre se debió a que en la configuración de los parámetros de comunicación se puso originalmente un *time out* de 50s, este tiempo es el que debe esperar el PLC si no obtiene respuesta del actuador antes de dejar pasar la palabra de control al actuador siguiente, debiendo cambiar el *time out* a 5s para así lograr superar este inconveniente.

*Prueba 8.- Prueba de paradas de emergencia ESD con la estación funcionando en modo manual.*

Antes de poner en marcha el sistema automatizado es importante asegurar que las paradas de emergencia funcionen correctamente para prever cualquier accidente, certificando así que ante cualquier condición errónea el sistema se detenga protegiendo así vidas y equipos.

*Resultados.*

Contando con el permiso del personal de operaciones se procedió a realizar una parada de emergencia simulada, midiendo los tiempos en los que los grupos diesel se detienen.

Estos tiempos varían entre 2 y 4 segundos dependiendo de la inercia generada por las bombas y la presión a la que estaban trabajando.

### **6.1.2 Prueba realizadas con el sistema automatizado en marcha.**

*Prueba 8.-* Arranque de los grupos de bombeo Diesel desde la sala de control.

Esta prueba consistió en arrancar los grupos de bombeo desde la sala de control, verificando temperaturas, presiones y alineación de las válvulas, mejorando así los tiempos de arranque, protegiendo al personal evitando que arranquen los grupos localmente, y que puedan subir y bajar la velocidad dependiendo del flujo y las presiones desde un sitio centralizado.

*Resultados.*

Al abrirse las válvulas desde la sala de control se optimiza notablemente la eficiencia del personal, con tan solo hacer un clic en un botón se obtiene los mismos resultados que cuando un operador debía salir a realizar un gran esfuerzo físico abriendo manualmente las mismas válvulas.

Se minimizaron notablemente los tiempos de arranque y paralización de operaciones, antes del automatismo llevaba alrededor de 15 minutos meter en línea los grupos Diesel entre dos operadores puesto que tenían que abrir manualmente las válvulas y arrancar los grupos uno a uno, verificando las presiones en manómetros ubicados a lo largo de toda la estación, ahora con el automatismo toma de 3 a 4 minutos desde un lugar centralizado, controlando

incluso las temperaturas y presiones del mismo lugar mejorando así el proceso de arranque y optimizando tiempos y recursos.

*Prueba 9.- Parada de los grupos de bombeo desde la sala de control*

Esta prueba consistió en realizar una parada programada desde la sala de control, apagando los equipos y cerrando las válvulas, asegurando así que los procedimientos se realicen de la manera correcta.

*Resultados*

Esta prueba dio muy buenos resultados puesto que se comprobó que ahora salir de línea es muy sencillo, y que se cumplen con los procedimientos correctos, esto debido a que antes solo se apagaban los grupos de bombeo pero los operadores dejaban las válvulas abiertas solo por descuido y cansancio, o sea que no se cumplían los procedimientos de operación correctos.

*Prueba 10.- Monitoreo de presiones y temperaturas tanto de los motores como de las bombas.*

En esta prueba se verificó que todas las temperaturas y presiones correspondan a las mostradas en las pantallas HMIs

*Resultados.*

Al revisar todas las lecturas se comprobó que los valores estén dentro de los rangos de medición y que correspondan a cada instrumento representado en las pantallas HMI, dando confianza al personal de la estación para que así puedan trabajar con el sistema automatizado.

*Prueba 11.- Prueba de condiciones anormales de operación mediante simulación de altas temperaturas, bajas presiones, condiciones críticas, etc.*



Con el fin de afirmar la confianza del personal de la estación en el sistema automatizado se procedió a simular condiciones anormales de operación como por ejemplo presiones de succión bajas, temperaturas de rodamientos altas, bajas presiones de aceite, etc.

Desde el concept se forzó estas señales de campo, con el fin de mostrar los efectos que tendría una condición anormal de funcionamiento de la estación.

*Resultados.*

Según el objetivo de esta prueba, se simuló las señales analógicas, incrementando sus valores parcialmente, mostrando en las pantallas los mensajes de alarma respectivos, desde las alarmas preventivas cuando los valores de estas señales llegaron a un límite predefinido que no compromete el funcionamiento de la estación hasta las alarmas críticas cuando los valores de estas señales llegaron a límites que comprometen el funcionamiento de la misma. Estos dos tipos de alarmas vinieron acompañados de alertas sonoras, pero la alarma crítica generó además de una alarma sonora una parada de emergencia.

*Prueba 12.- Verificación de datos históricos y alarmas.*

Una de las últimas pruebas realizadas fue la revisión de los datos que están siendo historiados, con el fin de asegurar saber lo que ha pasado en instancias anteriores.

*Resultados.*

En primera instancia no se pudo observar ningún dato histórico, puesto que los datos se estaban guardando en una ubicación distinta a la que estaba tratando de leer la aplicación,

Fue necesario redireccionar la aplicación de los históricos para así poder ver los datos mostrando buenos resultados.

*Prueba 13.- Prueba de la secuencia de inicio de operaciones del sistema en modo automático.*

---

Como parte final se hizo una prueba de toda la lógica de control en conjunto, el sistema debe arrancar automáticamente, sin necesidad de que el personal de operaciones tenga que salir a la sala de máquinas a abrir válvulas y encender motores.

*Resultados.*

Con tan solo indicar los parámetros de operación en una pantalla, el sistema arrancó automáticamente, empezó a abrir las válvulas secuencialmente y en su momento arrancó los respectivos motores seleccionados entre los parámetros de operación.

El tiempo total de poner a la estación en línea fue de cuatro minutos y medio y arranco sin inconvenientes dando confianza a todo el personal de la estación en utilizar el sistema automatizado.

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 1. CONCLUSIONES

Todo personal de estaciones de bombeo tiene mucha experiencia y son seguros de su trabajo, pero al presentarles proyectos de automatización se muestran reacios a la modernización, esto debido al miedo natural de quedarse sin trabajo, por lo que es importante dictar charlas de cómo la automatización va a mejorar su estilo de trabajo y eficiencia debiendo además capacitar a todo el personal.

Se ha podido conocer las desventajas de un proceso industrial sin automatizar, además las fortalezas del mismo sistema automatizado, detectando los puntos débiles del proceso y sabiendo ahora donde reforzar y poner más énfasis en la lógica de control.

Debido a los problemas presentados a lo largo de este trabajo se ha logrado comprender la importancia de que la lógica de control se encuentre alojada solamente en el PLC y que la HMI solamente este configurada para monitorear el proceso.

Cuando se realiza una automatización es indispensable contar con el personal involucrado diariamente en el proceso, ya que estas personas son las más capacitadas para ayudar a realizar los diagramas causa efecto y los diagramas de flujo para poder iniciar la programación.

La red Ethernet de 100 Mbps es de capacidad suficiente para manejar la cantidad de datos que por ella circularán, siendo esta de gran ventaja ya que todas las computadoras de hoy en día cuentan con tarjetas de red y son de fácil configuración.

El software de programación Concept V 2.6 es de grandes prestaciones debido a su modularidad y diferentes maneras de programar, bloque, ladder, texto, etc., y su fácil integración con Intouch mediante el protocolo de comunicación MBnet.

Los displays de estado de cada módulo del PLC son de gran ayuda para saber si algo está mal físicamente con un rápido vistazo al tablero de control. Cada módulo tiene sus indicadores especializados para cada función que cumple lo cual facilita el reconocimiento de fallas.

Los datos flotantes son de fácil transmisión debido a la ventaja del intérprete MBnet, puesto que no hay que realizar transformación de datos de 32 bits en dos datos de 16 bits mediante formulas en el transmisor y realizar la conversión inversa en el receptor.

La capacidad de tener todas las variables que se encuentran a lo largo de la estación en una sola pantalla ha ayudado a mejorar la toma de datos e identificación de errores, minimizando la carga laboral del personal.

El sistema de alarmas preventivas ayuda a que el personal de operaciones esté pendiente de un evento que puede afectar la integridad del proceso, y las alarmas críticas detienen la estación aunque el personal de operaciones esté desprevenido cuidando así vidas y equipos.

El sistema de datos historiados ayuda a detectar la causa de una falla ocurrida en días anteriores, mejorando así la prevención de errores para futuros problemas, además de integrar una capacidad administrativa con la opción de llevar los datos del proceso a una hoja de Excel.

## 2. RECOMENDACIONES

Se debe recordar que siempre que se haga una descarga en los PLCs la lógica se alojará en el que esté marcado como primario y se debe hacer una transferencia al PLC secundario habilitando así la aplicación de StandBy.

Verificar que los PLCs sean de características idénticas y totalmente compatibles para habilitar la herramienta de Hot Standby.

Cuando se quiera transmitir un dato de tipo flotante del PLC a la HMI y viceversa se debe agregar el identificador F después de la dirección donde se encuentre alojado un tipo de dato flotante, esto debido a las exigencias del protocolo de comunicación usado en este proyecto.

Se debe realizar pruebas de comunicación y simular posibles fallas para asegurar el correcto funcionamiento de la estación.

Para dimensionar de manera correcta los instrumentos se debe tomar en cuenta el tiempo de respuesta de los equipos de campo y de control y que estos sean los adecuados para el proceso.

Siempre se debe probar los sistemas de parada y paradas de emergencia antes de poner en marcha cualquier sistema, para asegurar así la integridad del proceso, y que ante cualquier emergencia asegurar que el sistema se pueda detener.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com), Documentación técnica de módulos de control Modicom.
2. [www.emerssonprocess.com](http://www.emerssonprocess.com), Documentación técnica de instrumentos de campo Rosemount y Micromotion.
3. Manuales de funcionamiento de motores MAN R8V 16/18 TLS
4. [www.monografias.com](http://www.monografias.com),
5. Manual La seguridad, la Higiene y El Ambiente en la Industria. Autor: Gerencia de Tecnología Educativa de CIED COL-Maracaibo
6. [www.inti.gov.com](http://www.inti.gov.com).
7. [www.neotec.com](http://www.neotec.com)
8. [www.franquisiapemex.com](http://www.franquisiapemex.com)
9. [www.texca.com/publicaciones/detareasclass.htm](http://www.texca.com/publicaciones/detareasclass.htm)
10. Documentación de Sistemas y Equipos Industriales.
11. Bombas y su clasificación. Autor: Hernández López Alfonso de Jesús, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ
12. Fotos, Estación de Bombeo Beaterio.

**ANEXO A**  
**LISTADO DE ENTRADAS Y SALIDAS**

## LISTA DE SEÑALES I/O CON SUMARIO DE ALARMAS

ITEM	TAG	CARRIER	TARJETA	IN/OUT	TIPO SEÑAL	UBICACIÓN CONTROL	DESCRIPCION	UNIDADES ING	HISTORICOS	ALARMA DIGITAL	LOW LIMIT	HIGH LIMIT	LOW LOW ALARM	LOW ALARM	HIGH ALARM	HIGH HIGH ALARM	OBSERVACIONES
1	PT-GB1-1	RIO 1	SLOT3	IN 7	AI	Grupo GBD-01	Transmisor de presion en la descarga	PSI	SI	N/A	0,00	1500,00	30,00	N/A	N/A	1300,00	
2	PT-GB1-2	RIO 1	SLOT3	IN 8	AI	Grupo GBD-01	Transmisor de presion en la succion	PSI	SI	N/A	0,00	1500,00	30,00	N/A	N/A	1300,00	
3	VSH-GB1-1	RIO 1	SLOT3	IN 9	AI	Grupo GBD-01	Vibracion excesiva	%	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	N/A	40,00	OPERACION NORMAL 30 - 35 %
4	MREV-GB1-1	RIO 1	SLOT4	OUT 2	AO	Grupo GBD-01	Control revoluciones	RPM	SI	N/A	0,00	1500,00	N/A	N/A	N/A	1300,00	OPERACION NORMAL 1150-1200 RPM
5	VREC-GB1-1	RIO 1	SLOT4	OUT 1	AO	Grupo GBD-01	Valvula recirculacion ON-OFF	%	NO	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	N/A	N/A	
6	MOV-DES-GB1	PLC A			MODBUS RS-485	Grupo GBD-01	Valvula descarga	%	NO	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	N/A	N/A	
7	MOV-SUC-GB1	PLC A			MODBUS RS-485	Grupo GBD-01	Valvula succion	%	NO	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	N/A	N/A	
8	TET-GB1-1	RIO 2	SLOT7	IN 1	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-01	Temperatura de gases de descarga - culata 1	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
9	TET-GB1-2	RIO 2	SLOT7	IN 2	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-01	Temperatura de gases de descarga - culata 2	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
10	TET-GB1-3	RIO 2	SLOT7	IN 3	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-01	Temperatura de gases de descarga - culata 3	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
11	TET-GB1-4	RIO 2	SLOT7	IN 4	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-01	Temperatura de gases de descarga - culata 4	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
12	TET-GB1-5	RIO 2	SLOT7	IN 5	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-01	Temperatura de gases de descarga - culata 5	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
13	TET-GB1-6	RIO 2	SLOT7	IN 6	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-01	Temperatura de gases de descarga - culata 6	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
14	TET-GB1-7	RIO 2	SLOT7	IN 7	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-01	Temperatura de gases de descarga - culata 7	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
15	TET-GB1-8	RIO 2	SLOT7	IN 8	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-01	Temperatura de gases de descarga - culata 8	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
16	TE-GB1-1	RIO 3	SLOT5	IN 1	RTD	Motor GBD-01	Temperatura de agua de enfriamiento	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	85,00	90,00	OPERACION NORMAL 75-80 °C
17	TE-GB1-2	RIO 3	SLOT5	IN 2	RTD	Motor GBD-01	Temperatura de aceite	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	85,00	90,00	OPERACION NORMAL 75-80 °C
18	TE-GB1-3	RIO 3	SLOT5	IN 3	RTD	Multiplicador B.V GBD-01	Temperatura	°C	NO	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	55,00	60,00	OPERACION NORMAL 35-40 °C
19	TE-GB1-4	RIO 3	SLOT5	IN 4	RTD	Multiplicador A.V GBD-01	Temperatura	°C	NO	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	55,00	60,00	OPERACION NORMAL 35-40 °C
20	TE-GB1-5	RIO 3	SLOT5	IN 5	RTD	Bomba GBD-01	Temperatura cojinete anterior	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	55,00	60,00	OPERACION NORMAL 35-40 °C
21	TE-GB1-6	RIO 3	SLOT5	IN 6	RTD	Bomba GBD-01	Temperatura cojinete posterior	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	55,00	60,00	OPERACION NORMAL 35-40 °C
22	TE-GB1-7	RIO 3	SLOT5	IN 7	RTD	Bomba GBD-01	Temperatura cojinete de empuje	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	55,00	60,00	OPERACION NORMAL 35-40 °C
23	TE-GB1-8	RIO 3	SLOT5	IN 8	RTD	Bomba GBD-01	Temperatura de la carcaza	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	35,00	40,00	OPERACION NORMAL Temp del Producto
24	ZT-GB1-1	RIO 1	SLOT6	IN 2	PULSOS	Grupo GBD-01	Revoluciones	RPM	SI	N/A	0,00	1500,00	N/A	N/A	N/A	1300,00	OPERACION NORMAL 1150-1200 RPM
25	PSL-GB1-2	RIO 3	SLOT3	IN 3	DI	Grupo GBD-01	Baja presion de aceite	PSI	N/A	SI	30,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
26	PSH-GB1-2	RIO 3	SLOT3	IN 4	DI	Grupo GBD-01	Alta presion de aceite	PSI	N/A	SI	N/A	80,00	N/A	N/A	N/A	N/A	
27	PSL-GB1-3	RIO 3	SLOT3	IN 5	DI	Grupo GBD-01	Baja presion de agua	PSI	N/A	SI	10,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
28	PSL-GB1-4	RIO 3	SLOT3	IN 6	DI	Grupo GBD-01	Baja presion de aire	PSI	N/A	SI	300,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
29	TSH-GB1-1	RIO 3	SLOT3	IN 7	DI	Grupo GBD-01	Alta temperatura de aceite	°C	N/A	SI	N/A	90,00	N/A	N/A	N/A	N/A	
30	MAP-GB1-1	RIO 3	SLOT3	IN 8	DI	Grupo GBD-01	Control arranque/parada	N/A	N/A	NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
31	MAP-GB1-11	RIO 3	SLOT4	OUT 1	DO	Grupo GBD-01	Control arranque/parada	N/A	N/A	NO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
32	PSL-GB1-5	RIO 3	SLOT3	IN 9	DI	Multiplicador GBD-01	Baja presion de aceite	PSI	N/A	SI	30,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	



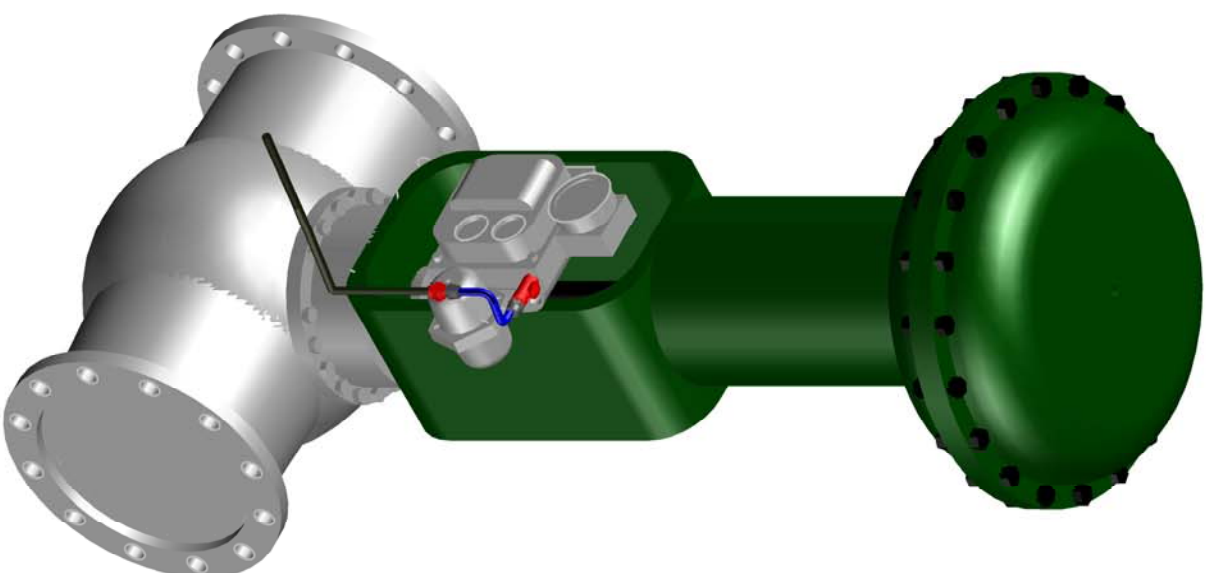


## LISTA DE SEÑALES I/O CON SUMARIO DE ALARMAS

ITEM	TAG	CARRIER	TARJETA	IN/OUT	TIPO SEÑAL	UBICACIÓN CONTROL	DESCRIPCION	UNIDADES ING	HISTORICOS	ALARMA DIGITAL	LOW LIMIT	HIGH LIMIT	LOW LOW ALARM	LOW ALARM	HIGH ALARM	HIGH HIGH ALARM	OBSERVACIONES
65	PSL-GB2-5	RIO 4	SLOT3	IN 9	DI	Multiplicador GBD-02	Baja presion de aceite	PSI	N/A	SI	30,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
66	EME-GB2	RIO 4	SLOT3	IN 10	DI	Grupo GBD-02	Paro de emergencia GB2	N/A	N/A	SI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
67	PT-GB3-1	RIO 1	SLOT3	IN 13	AI	Grupo GBD-03	Transmisor de presion en la descarga	PSI	SI	N/A	0,00	1500,00	30,00	N/A	N/A	1300,00	
68	PT-GB3-2	RIO 1	SLOT3	IN 14	AI	Grupo GBD-03	Transmisor de presion en la succion	PSI	SI	N/A	0,00	1500,00	30,00	N/A	N/A	1300,00	
69	VSH-GB3-1	RIO 1	SLOT3	IN 15	AI	Grupo GBD-03	Vibracion excesiva	%	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	N/A	40,00	OPERACION NORMAL 30 - 35 %
70	MREV-GB3-1	RIO 1	SLOT4	OUT 8	AO	Grupo GBD-03	Control revoluciones	RPM	SI	N/A	0,00	1500,00	N/A	N/A	N/A	1300,00	OPERACION NORMAL 1150-1200 RPM
71	VREC-GB3-1	RIO 1	SLOT4	OUT 7	AO	Grupo GBD-03	Valvula recirculacion ON-OFF	%	NO	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	N/A	N/A	
72	MOV-DES-GB3	PLC A			MODBUS RS-485	Grupo GBD-03	Valvula descarga	%	NO	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	N/A	N/A	
73	MOV-SUC-GB3	PLC A			MODBUS RS-485	Grupo GBD-03	Valvula succion	%	NO	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	N/A	N/A	
74	TET-GB3-1	RIO 4	SLOT7	IN 1	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-03	Temperatura de gases de descarga - culata 1	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
75	TET-GB3-2	RIO 4	SLOT7	IN 2	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-03	Temperatura de gases de descarga - culata 2	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
76	TET-GB3-3	RIO 4	SLOT7	IN 3	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-03	Temperatura de gases de descarga - culata 3	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
77	TET-GB3-4	RIO 4	SLOT7	IN 4	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-03	Temperatura de gases de descarga - culata 4	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
78	TET-GB3-5	RIO 4	SLOT7	IN 5	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-03	Temperatura de gases de descarga - culata 5	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
79	TET-GB3-6	RIO 4	SLOT7	IN 6	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-03	Temperatura de gases de descarga - culata 6	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
80	TET-GB3-7	RIO 4	SLOT7	IN 7	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-03	Temperatura de gases de descarga - culata 7	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
81	TET-GB3-8	RIO 4	SLOT7	IN 8	TERMOCUPLA TIPO J	Motor GBD-03	Temperatura de gases de descarga - culata 8	°C	NO	N/A	0,00	700,00	N/A	N/A	600,00	650,00	OPERACION NORMAL 300-450 °C
82	TE-GB3-1	RIO 4	SLOT6	IN 1	RTD	Motor GBD-03	Temperatura de agua de enfriamiento	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	85,00	90,00	OPERACION NORMAL 75-80 °C
83	TE-GB3-2	RIO 4	SLOT6	IN 2	RTD	Motor GBD-03	Temperatura de aceite	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	85,00	90,00	OPERACION NORMAL 75-80 °C
84	TE-GB3-3	RIO 4	SLOT6	IN 3	RTD	Multiplicador B.V GBD-03	Temperatura	°C	NO	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	55,00	60,00	OPERACION NORMAL 35-40 °C
85	TE-GB3-4	RIO 4	SLOT6	IN 4	RTD	Multiplicador A.V GBD-03	Temperatura	°C	NO	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	55,00	60,00	OPERACION NORMAL 35-40 °C
86	TE-GB3-5	RIO 4	SLOT6	IN 5	RTD	Bomba GBD-03	Temperatura cojinete anterior	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	55,00	60,00	OPERACION NORMAL 35-40 °C
87	TE-GB3-6	RIO 4	SLOT6	IN 6	RTD	Bomba GBD-03	Temperatura cojinete posterior	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	55,00	60,00	OPERACION NORMAL 35-40 °C
88	TE-GB3-7	RIO 4	SLOT6	IN 7	RTD	Bomba GBD-03	Temperatura cojinete de empuje	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	55,00	60,00	OPERACION NORMAL 35-40 °C
89	TE-GB3-8	RIO 4	SLOT6	IN 8	RTD	Bomba GBD-03	Temperatura de la carcaza	°C	SI	N/A	0,00	100,00	N/A	N/A	35,00	40,00	OPERACION NORMAL Temp del Producto
90	ZT-GB3-1	RIO 1	SLOT6	IN 4	PULSOS	Grupo GBD-03	Revoluciones	RPM	SI	N/A	0,00	1500,00	N/A	N/A	N/A	1300,00	OPERACION NORMAL 1150-1200 RPM
91	PSH-GB3-1	RIO 4	SLOT4	IN 1	DI	Grupo GBD-03	Alta presion en la descarga	PSI	N/A	SI	N/A	1300,00	N/A	N/A	N/A	N/A	
92	PSL-GB3-1	RIO 4	SLOT4	IN 2	DI	Grupo GBD-03	Baja presion en la succion	PSI	N/A	SI	30,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
93	PSL-GB3-2	RIO 4	SLOT4	IN 3	DI	Grupo GBD-03	Baja presion de aceite	PSI	N/A	SI	20,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
94	PSH-GB3-2	RIO 4	SLOT4	IN 4	DI	Grupo GBD-03	Alta presion de aceite	PSI	N/A	SI	N/A	80,00	N/A	N/A	N/A	N/A	
95	PSL-GB3-3	RIO 4	SLOT4	IN 5	DI	Grupo GBD-03	Baja presion de agua	PSI	N/A	SI	10,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
96	PSL-GB3-4	RIO 4	SLOT4	IN 6	DI	Grupo GBD-03	Baja presion de aire	PSI	N/A	SI	300,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	



**ANEXO B**  
**TÍPICOS DE INSTALACIÓN**



ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	DESCRIPTION	CODIGO	MFR
1	U	1	UNF Female Unions 1/2"	UNF50NR	Appleton
2	U	1	EYS Vertical and Horizontal Conduit Seals for close Turning Radius 1/2"	EYS-11	Appleton
3	U	1	EXGJH Flexible Coupling 1/2"	EXGJH-115	Appleton
4			Neplo 1/2"		Appleton
5	U	1	Tubería rígida de 1/2"		

NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANS REFERENCIALES  
111101-05-633-PY-1-31702  
111101-05-633-PY-1-31703

<input type="checkbox"/> PRELIMINARY FOR DESIGN <input type="checkbox"/> FOR REVISION <input type="checkbox"/> REVISED		<input type="checkbox"/> DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION <input checked="" type="checkbox"/> PARA APROBACION PARA INFORMACION FOR INFORMATION	
REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	POR REVISOR APPROVED BY
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			

DISEÑADO POR: [Redacted]      APROBADO POR: [Redacted]      ESCALA: S/E  
 PROYECTO: B18      PLAN No: [Redacted]  
 RED P O L      CONTIENE DETALLES DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE INSTALACIONES





**ANEXO C**  
**DOCUMENTACIÓN CAUSA EFECTO**

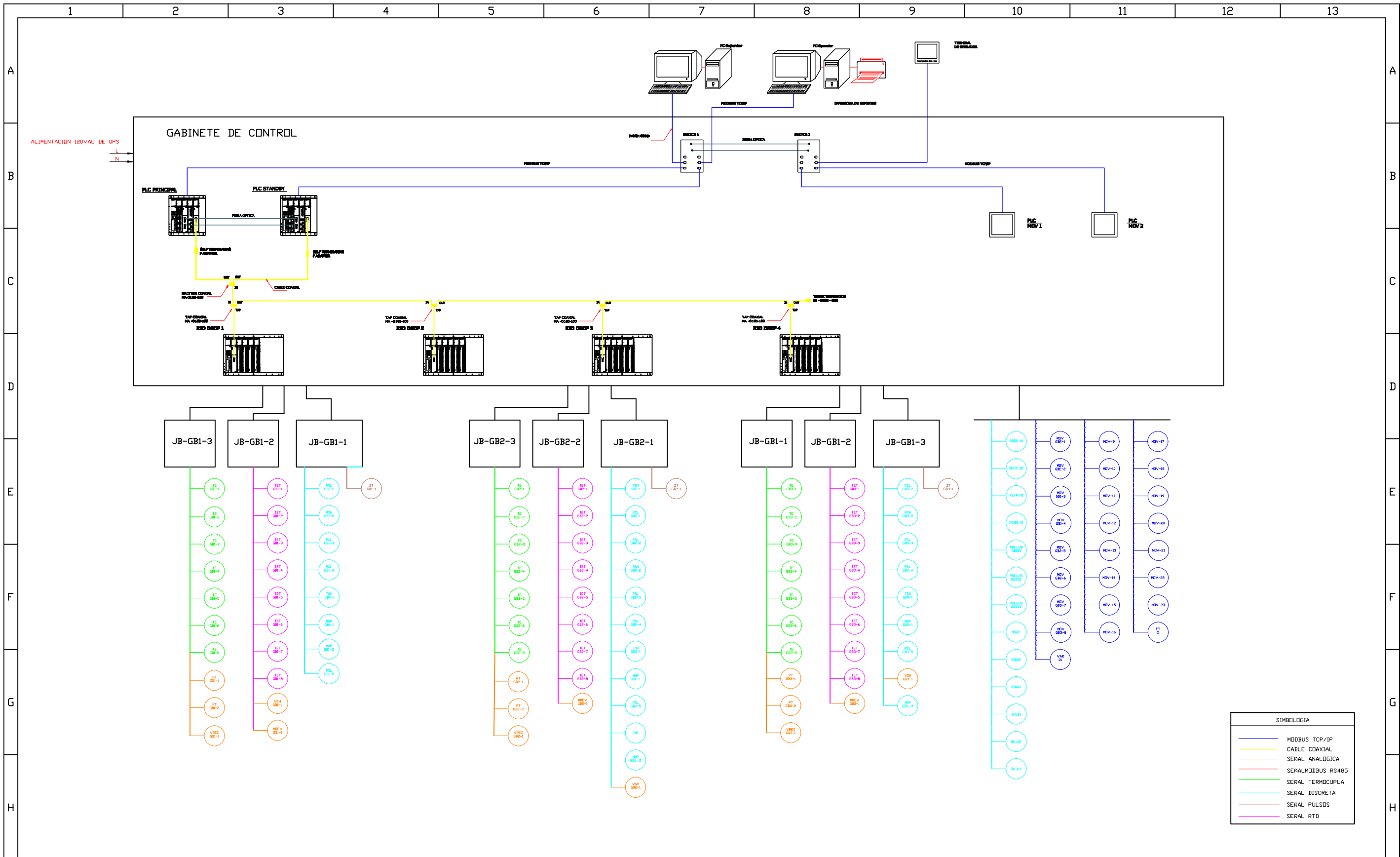






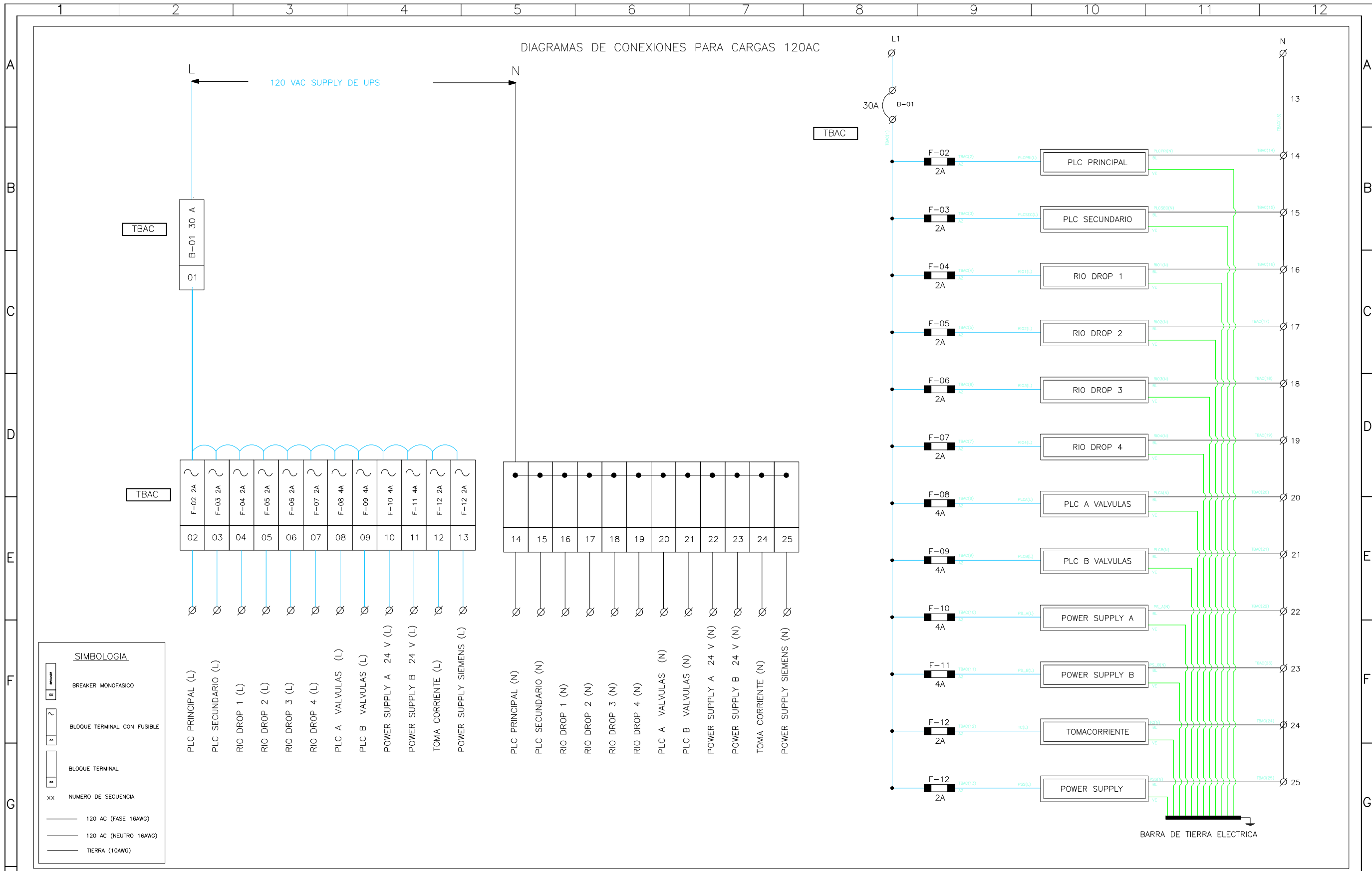


**ANEXO D**  
**DOCUMENTACIÓN ASBUILT**



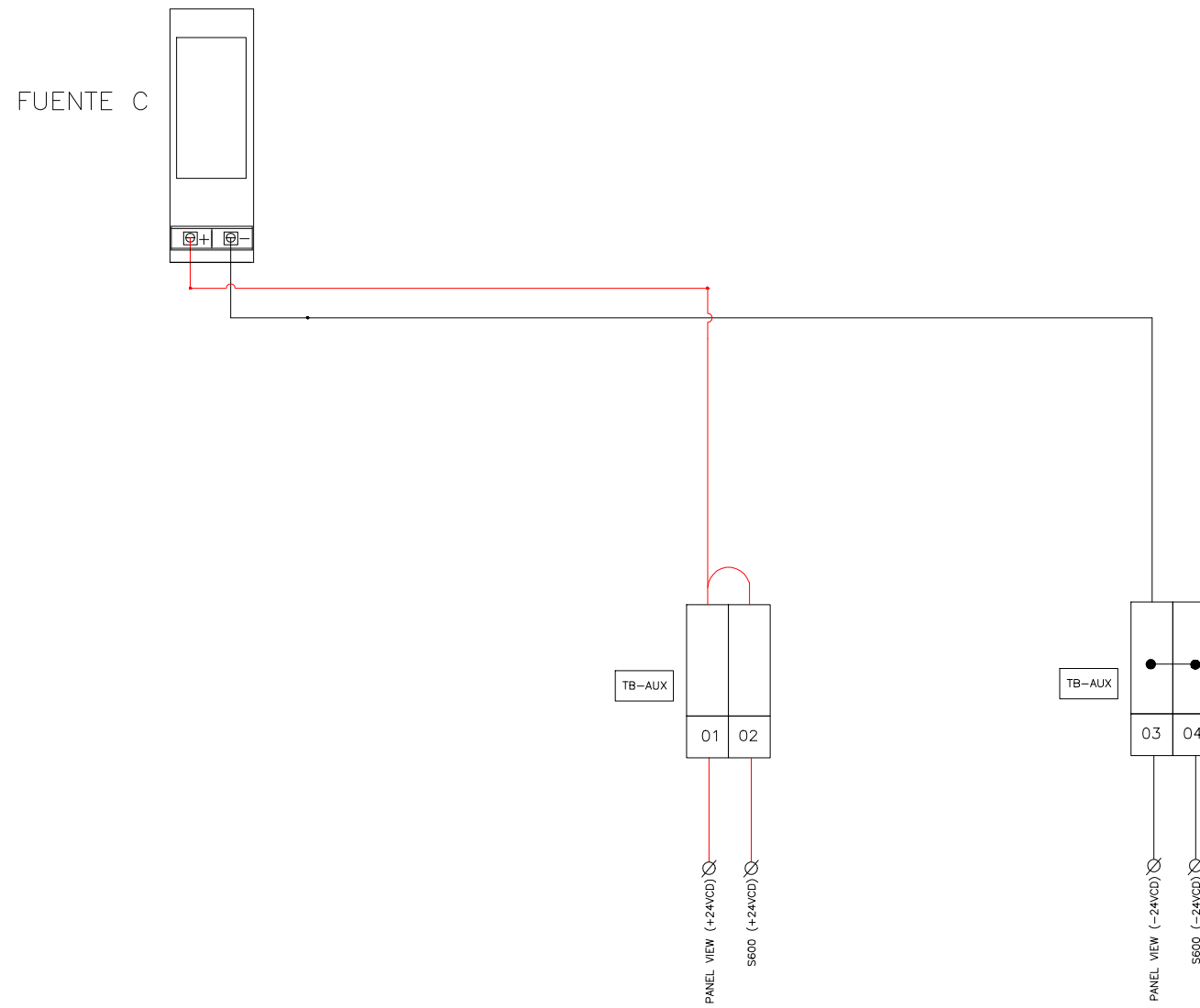
SIMBOLOGIA	
	MODBUS TCP/IP
	CABLE COAXIAL
	SERIAL ANALOGICA
	SERIALMODBUS RS485
	SERIAL TERMOCUPLA
	SERIAL DISCRETA
	SERIAL PULSOS
	SERIAL RTD

NOTAS GENERALES GENERAL NOTES			PLANDS REFERENCIALES			DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED			REV. FECHA DATE			DESCRIPCION DESCRIPTION			FIR. REVISADO APPROVED			BLOQUE BLOCK			PROYECTO PROJECT					
						<input type="checkbox"/> PRELIMINAR FOR CONSTRUCTION <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION			A			2006-12-18			PARA REVISION			V.L.			R.R.			SISTEMA DE BOMBEO REDPOL		
						<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION <input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR APPROVAL <input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION												DIBUJADO DRAWING REVISADO REVISION PROGRAMADO PROGRAM FECHA DATE 2007-02-15 2007-12-15			CONTIENE CONTAINS			ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL		
						<input type="checkbox"/> REVISED									ESCALA SCALE			PLANO No DRAWING No			Ar-qRP001					



<p><b>NOTAS GENERALES</b> GENERAL NOTES</p>	<p><b>PLANOS REFERENCIALES</b></p>	<p><b>DIBUJO EMITIDO</b> DRAWING ISSUED</p> <table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/> PRELIMINAR PRELIMINARY</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVIEW</td> <td><input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR APPROVAL</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN</td> <td><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> REVISED</td> <td></td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> PRELIMINAR PRELIMINARY	<input checked="" type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVIEW	<input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR APPROVAL	<input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION	<input type="checkbox"/> REVISED		<table border="1"> <thead> <tr> <th>REV</th> <th>FECHA DATE</th> <th>DESCRIPCION DESCRIPTION</th> <th>POR BY</th> <th>REVISO CHECKED</th> <th>APROBO APPROVED</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>2008-2-1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	POR BY	REVISO CHECKED	APROBO APPROVED	A	2008-2-1					<p style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold; color: blue;">R E D P O L</p> <p><b>PROYECTO:</b> PROJECT: SISTEMA DE BOMBEO REDPOL</p> <p><b>CONTIENE:</b> CONTAINS: DETALLE DE CONEXION DE FUENTES AC</p> <p>ESCALA: SCALE:</p> <p>PLANO No.: DRAWING No.: DCC-RPL-001</p>
<input type="checkbox"/> PRELIMINAR PRELIMINARY	<input checked="" type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION																							
<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVIEW	<input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR APPROVAL																							
<input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION																							
<input type="checkbox"/> REVISED																								
REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	POR BY	REVISO CHECKED	APROBO APPROVED																			
A	2008-2-1																							

# DIAGRAMA DE CONEXIONES (24VDC) SIEMENS



SIMBOLOGIA	
	BLOQUE TERMINAL CON FUSIBLE
	BLOQUE TERMINAL
xx	NUMERO DE SECUENCIA
	+24 VDC (THHN 16AWG)
	-24 VDC (THHN 16AWG)

NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED	
<input type="checkbox"/> PRELIMINAR PRELIMINARY	<input checked="" type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION
<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVIEW	<input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR APPROVAL
<input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION
<input type="checkbox"/> REVISED	

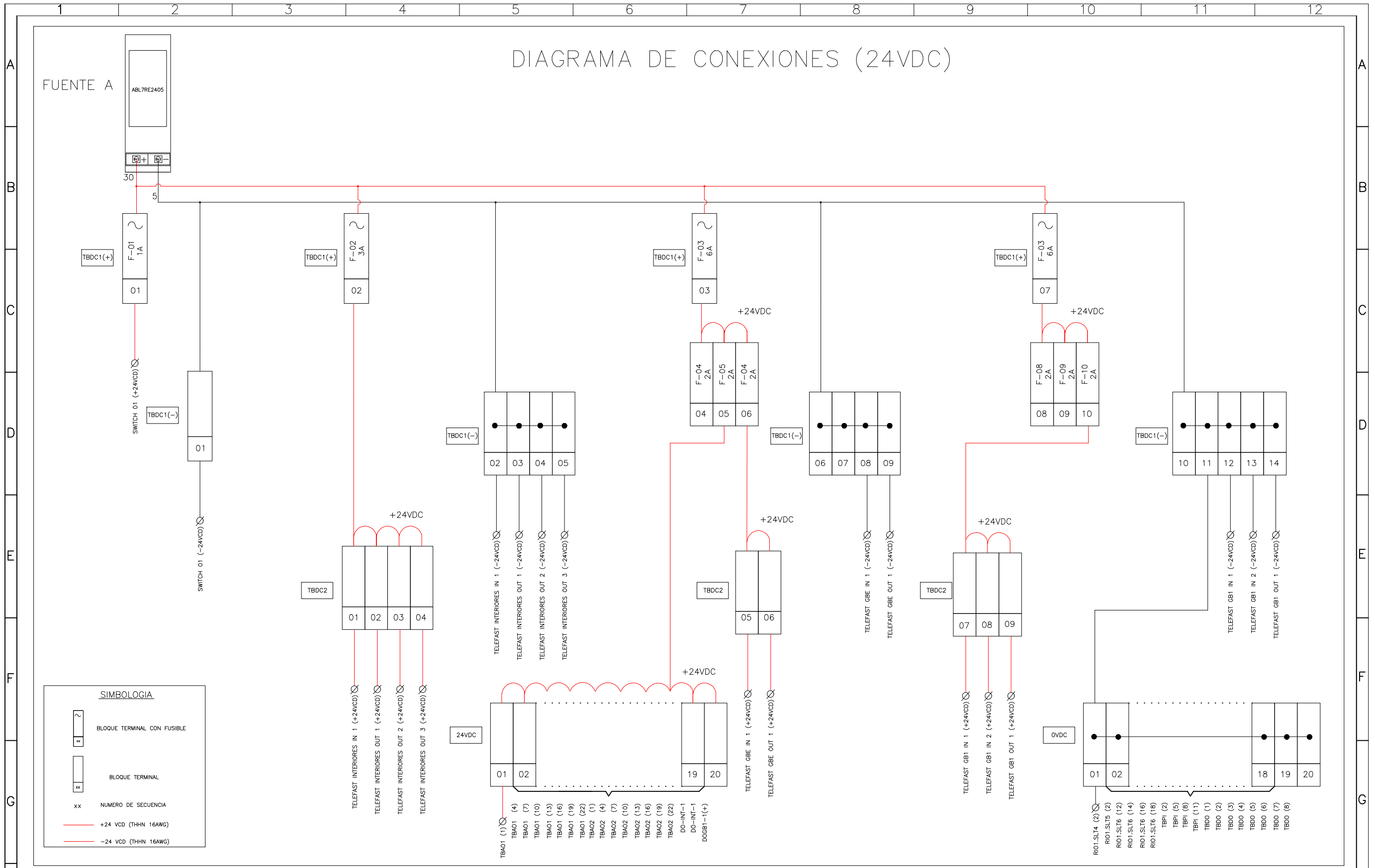
REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	POR BY	REVISO CHECKED	APROBADO APPROVED
A	2008-2-15				

**R E D P O L**

BLOQUE BLOCK	PROYECTO PROJECT
	SISTEMA DE BOMBEO REDPOL
	CONTIENE: CONTAINS: DETALLE DE CONEXION DE FUENTES 24VDC
ESCALA: SCALE:	PLANO No.: DRAWING No.: DGC-RPL-002 (Hoja 5/6)

REV. A

# DIAGRAMA DE CONEXIONES (24VDC)



**SIMBOLOGIA**

- BLOQUE TERMINAL CON FUSIBLE
- BLOQUE TERMINAL
- xx NUMERO DE SECUENCIA
- +24 VCD (THHN 16AWG)
- 24 VCD (THHN 16AWG)

NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

DIBUJO EMITIDO  
DRAWING ISSUED

- PRELIMINAR  
FOR REVIEW
- PARA REVISION  
FOR DESIGN
- REVISADO
- PARA CONSTRUCCION  
FOR CONSTRUCTOR
- PARA APROBACION  
FOR APPROVAL
- PARA INFORMACION  
FOR INFORMATION

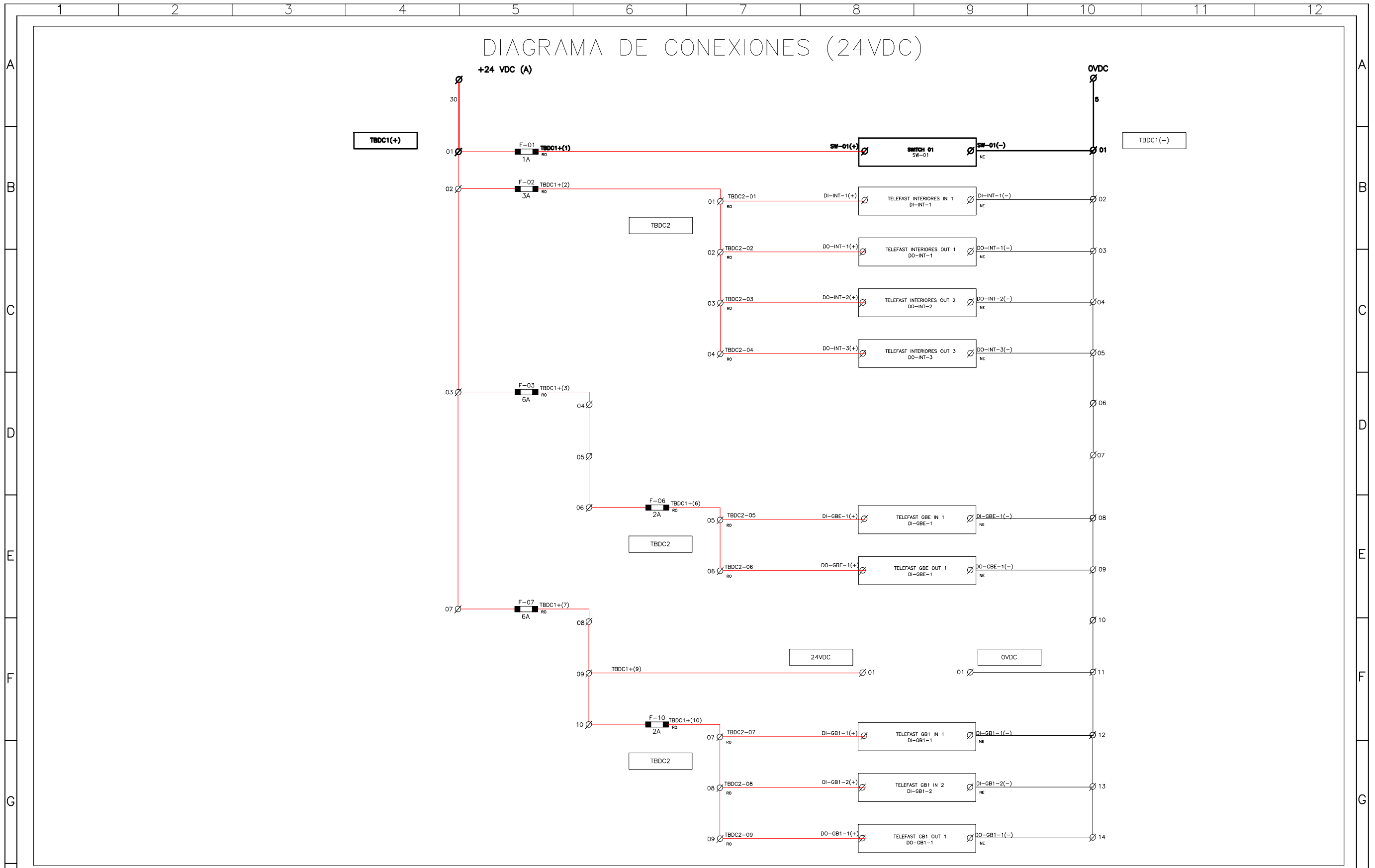
REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	POR BY	REVISO CHECKED	APROBADO APPROVED
A	2008-2-15				

**REDPOL**

BLOQUE: BLOC  
PROYECTO: PRODUCTO  
SISTEMA DE BOMBEO REDPOL  
CONTIENE: DETALLE DE CONEXION DE FUENTES 24VDC  
ESCALA: SCALE  
PLANO No.: DGC-RPL-002 (Hoja 1/6)  
REV. A



# DIAGRAMA DE CONEXIONES (24VDC)



NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED	
<input type="checkbox"/> PRELIMINAR PRELIMINARY	<input checked="" type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION
<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVIEW	<input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR APPROVAL
<input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION
<input type="checkbox"/> REVISED	

REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	POR BY	REVISO CHECKED	APROBADO APPROVED
A	2008-2-15				

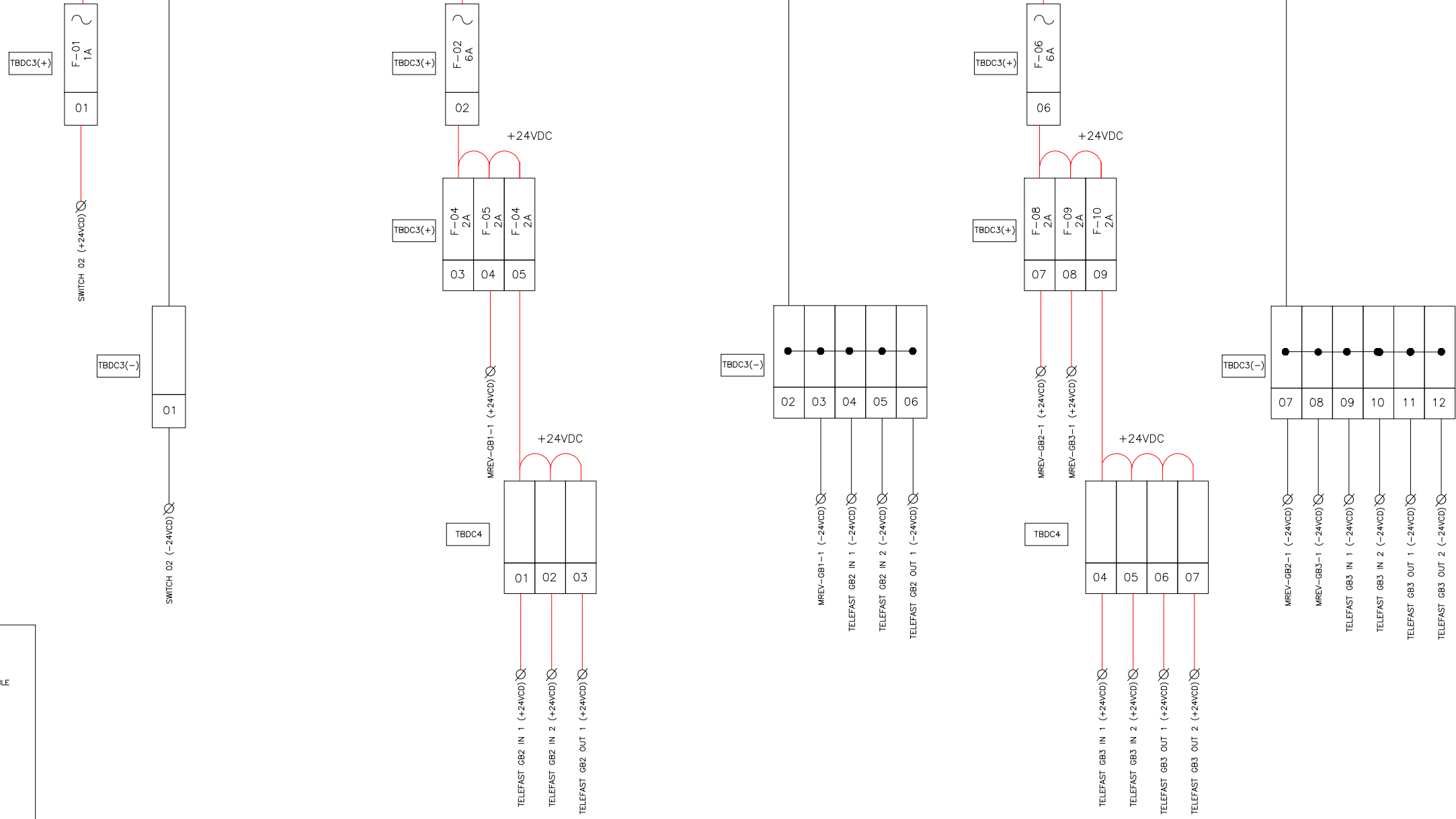
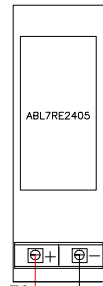
**R E D P O L**

BLOQUE: BLOCK:	PROYECTO: PROJECT:
CONTIENE: CONTAINS:	ESCALA: SCALE:
PLANO No.: DRAWING No.:	REV. A

SISTEMA DE BOMBEO REDPOL  
DETALLE DE CONEXION DE FUENTES 24VDC  
DGC-RPL-002 (Hoja 2/6)

# DIAGRAMA DE CONEXIONES (24VDC)

FUENTE B



**SIMBOLOGIA**

- BLOQUE TERMINAL CON FUSIBLE
- BLOQUE TERMINAL
- xx NUMERO DE SECUENCIA
- +24 VCD (THHN 16AWG)
- -24 VCD (THHN 16AWG)

NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

- DIBUJO EMITIDO  
DRAWING ISSUED
- PRELIMINAR  
PRELIMINARY
  - PARA REVISION  
FOR REVIEW
  - PARA DISEÑO  
FOR DESIGN
  - REVISADO
  - PARA CONSTRUCCION  
FOR CONSTRUCTION
  - PARA APROBACION  
FOR APPROVAL
  - PARA INFORMACION  
FOR INFORMATION

REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	POR BY	REVISO CHECKED	APROBO APPROVED
A	2008-2-15				

**R E D P O L**

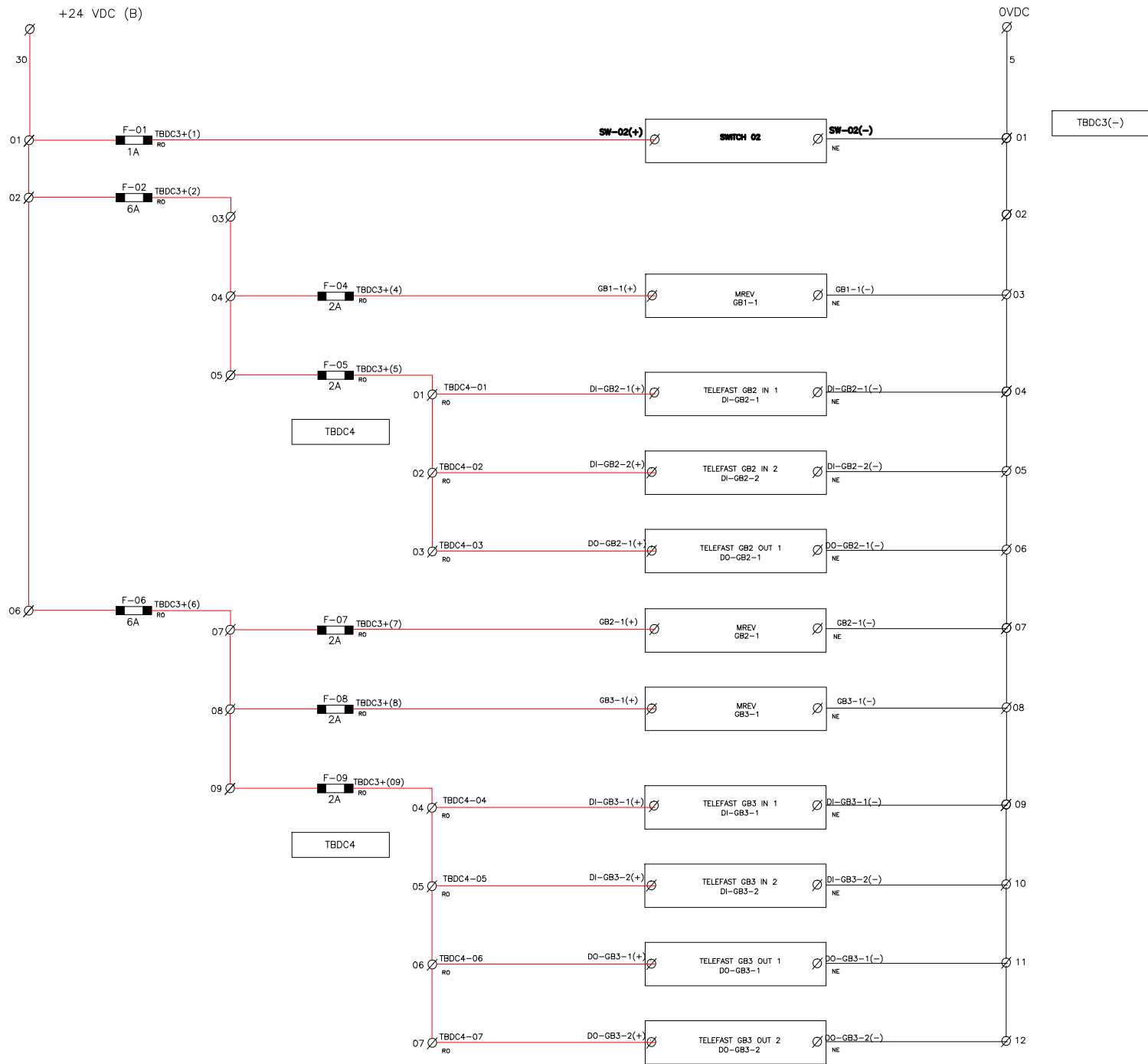
BLOQUE: BLOCK:	PROYECTO: PROJECT:
CONTIENE: CONTAINS:	ESCALA: SCALE:
PLANO No.: DRAWING No.: DCC-RPL-002 (Hoja 3/6)	

SISTEMA DE BOMBEO REDPOL

DETALLE DE CONEXION DE FUENTES 24VDC

REV. A

# DIAGRAMA DE CONEXIONES (24VDC)



NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

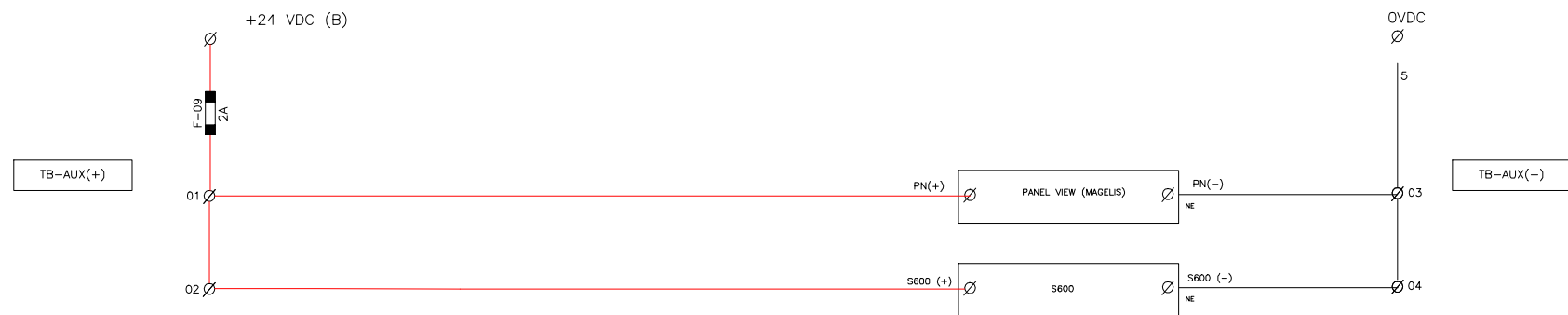
DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED	
<input type="checkbox"/> PRELIMINAR PRELIMINARY	<input checked="" type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION
<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION	<input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR APPROVAL
<input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION
<input type="checkbox"/> REVISED	

REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	POR BY	REVISO CHECKED	APROBADO APPROVED
A	2008-2-15				

**R E D P O L**

BLOQUE: BLOCK:	PROYECTO: PROJECT:
CONTIENE: CONTAINS:	ESCALA: SCALE:
PLANO No.: DCC-RPL-002 (Hoja 4/6)	
REV. A	

# DIAGRAMA DE CONEXIONES (24VDC) SIEMENS



NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANOS REFERENCIALES

R E D P O L

DIBUJO EMITIDO  
DRAWING ISSUED

PRELIMINAR  
PRELIMINARY  
 PARA REVISION  
FOR REVIEW  
 PARA DISEÑO  
FOR DESIGN  
 REVISED

PARA CONSTRUCCION  
FOR CONSTRUCTION  
 PARA APROBACION  
FOR APPROVAL  
 PARA INFORMACION  
FOR INFORMATION

REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	POR BY	REVISO CHECKED	APROBADO APPROVED
A	2008-2-15				

BLOQUEO:  
BLOCK

DISEÑO  
DESIGN  
 CALIFICADO  
QUALIFIED  
 APROBADO  
APPROVED

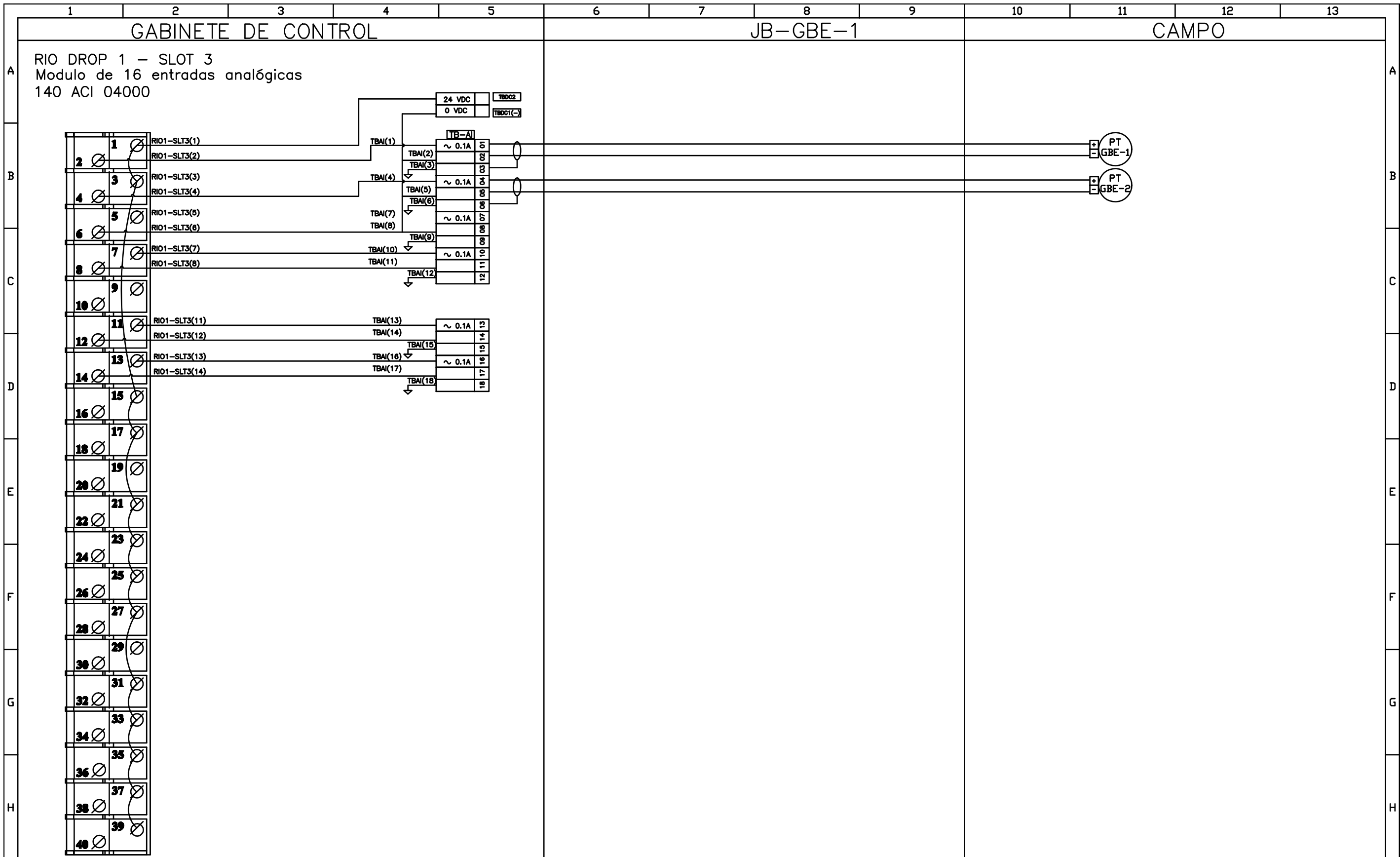
ESCALA:  
SCALE:

PROYECTO:  
PROJECT: SISTEMA DE BOMBEO REDPOL

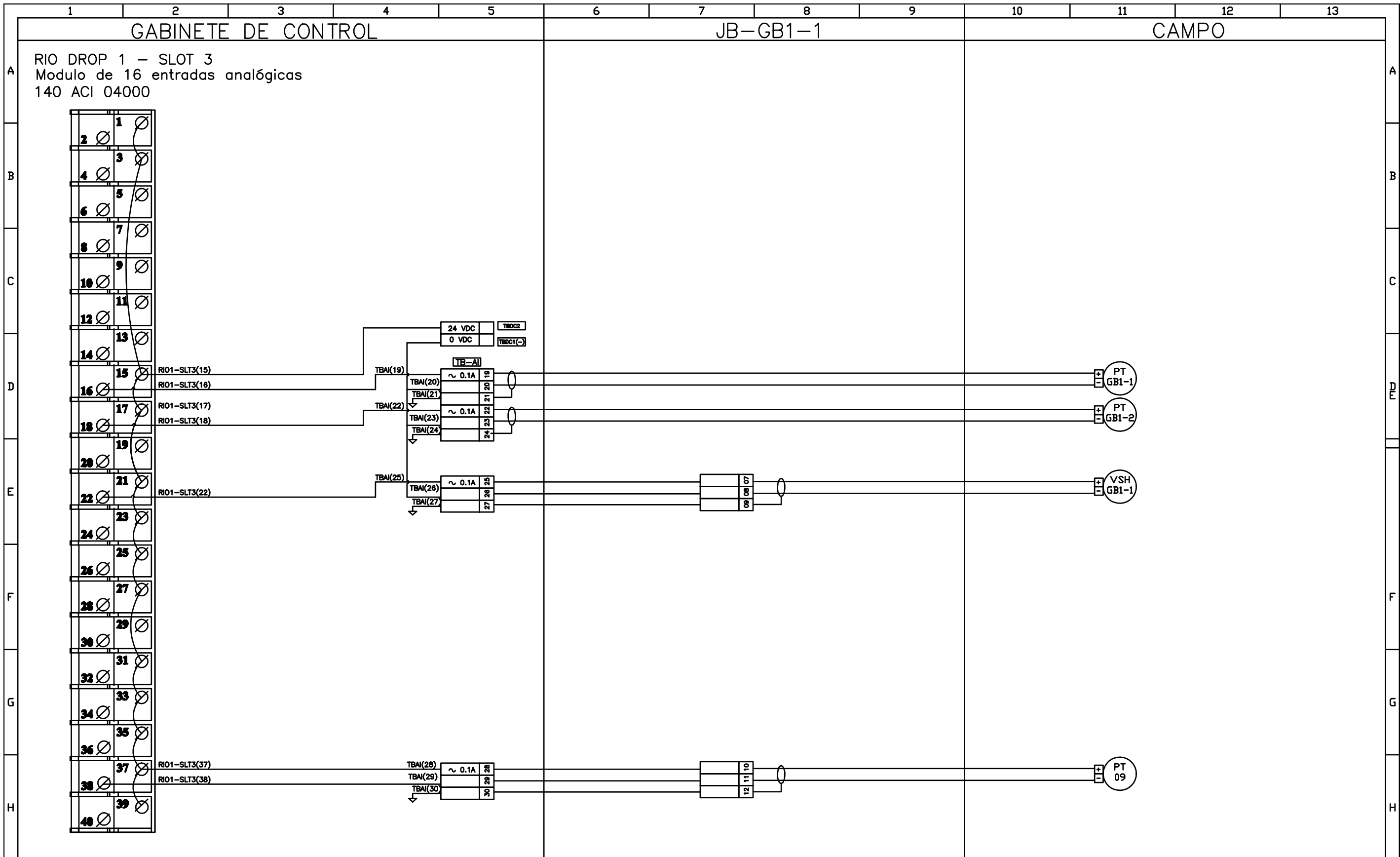
CONTIENE:  
CONTAINS: DETALLE DE CONEXION DE FUENTES 24VDC

PLANO No.: DCC-RPL-002 (Hoja 6/6)  
DRAWING No.:

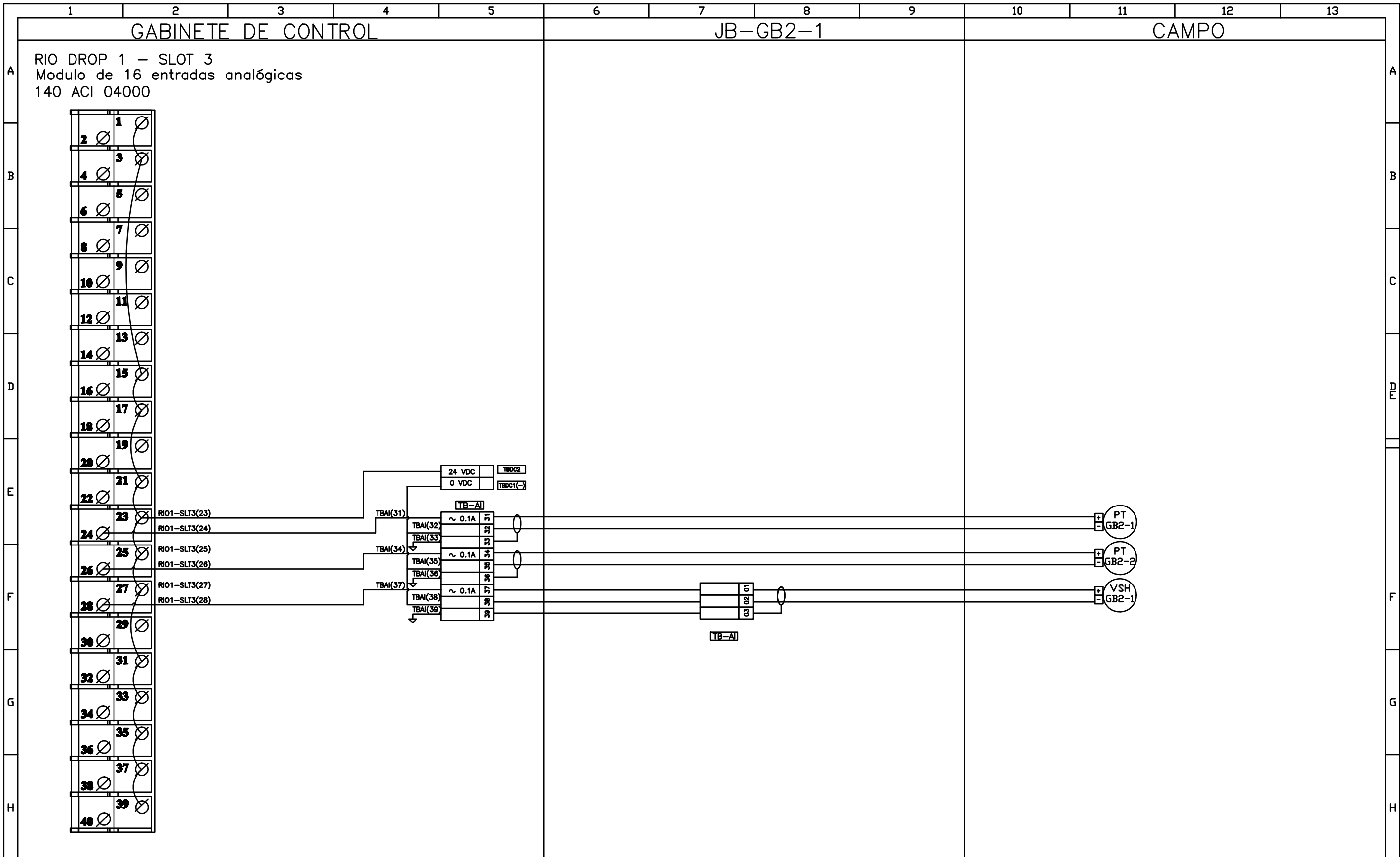
REV. A



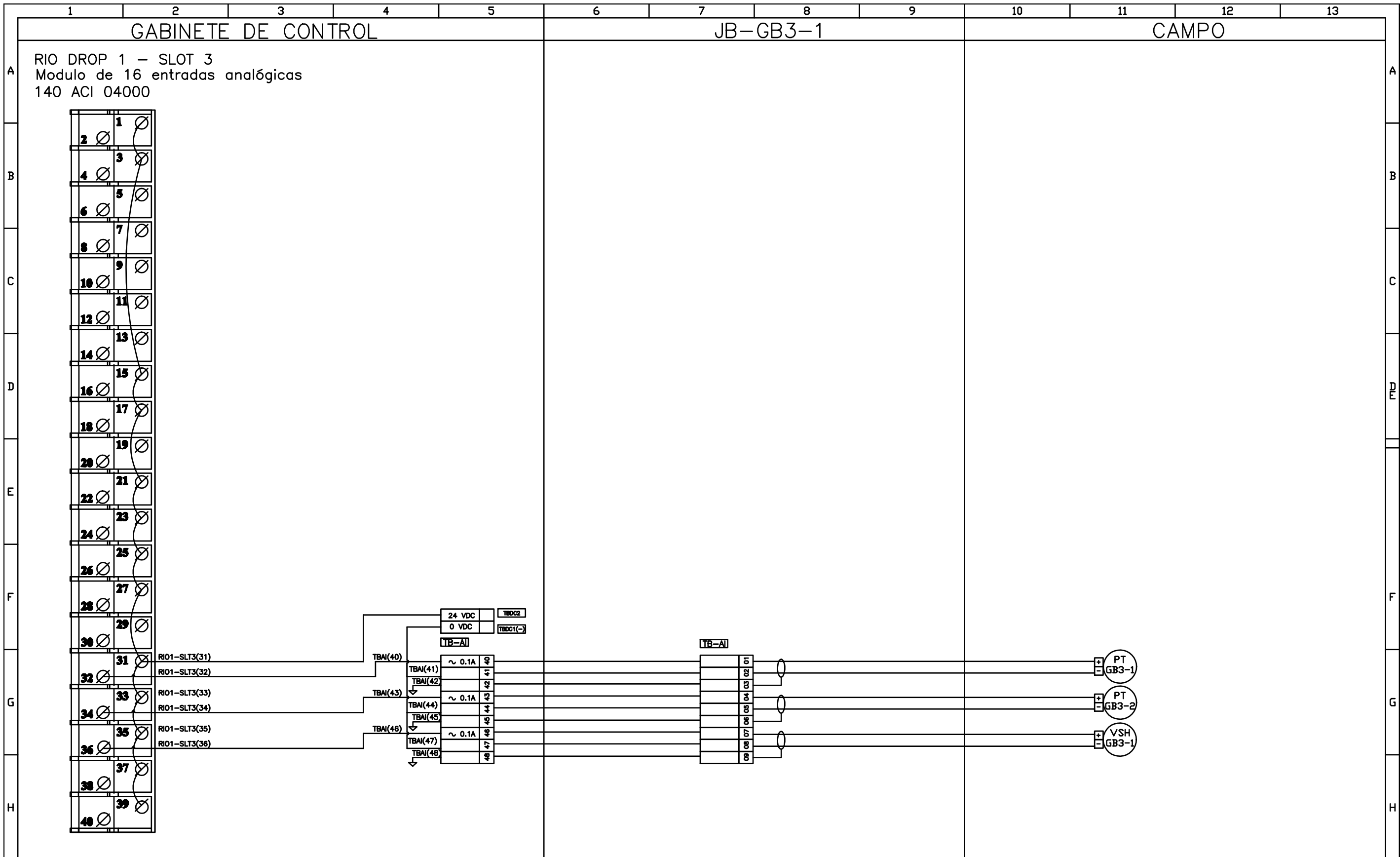
NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>				
							PROYECTO PROJECT				
							SISTEMA DE BOMBEO REDPOL				
							CONTIENE CONTAINS				
							DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 1 SLOT 3 (J.B-GBE-1)				
							ESCALA SCALE				
							PLANO No. DRAWING No.				
							300-RPL-009 06JUN 1/40				
							REV: A				



NOTAS GENERALES GENERAL NOTES			PLANS REFERENCIALES		DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION <input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION <input type="checkbox"/> PARA SERVIDOR FOR SERVER <input type="checkbox"/> REVISED		REV. FECHA REV. DATE DESCRIPCION DESCRIPTION FIB. REVISION REVISION EL DIBUJO DRAWING ESCALA SCALE		<b>R E D P O L</b> PROYECTO PROJECT SISTEMA DE BOMBEO REDPOL CONTIENE CONTAINS DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 1 SLOT 3 (J.B-GB1-1)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

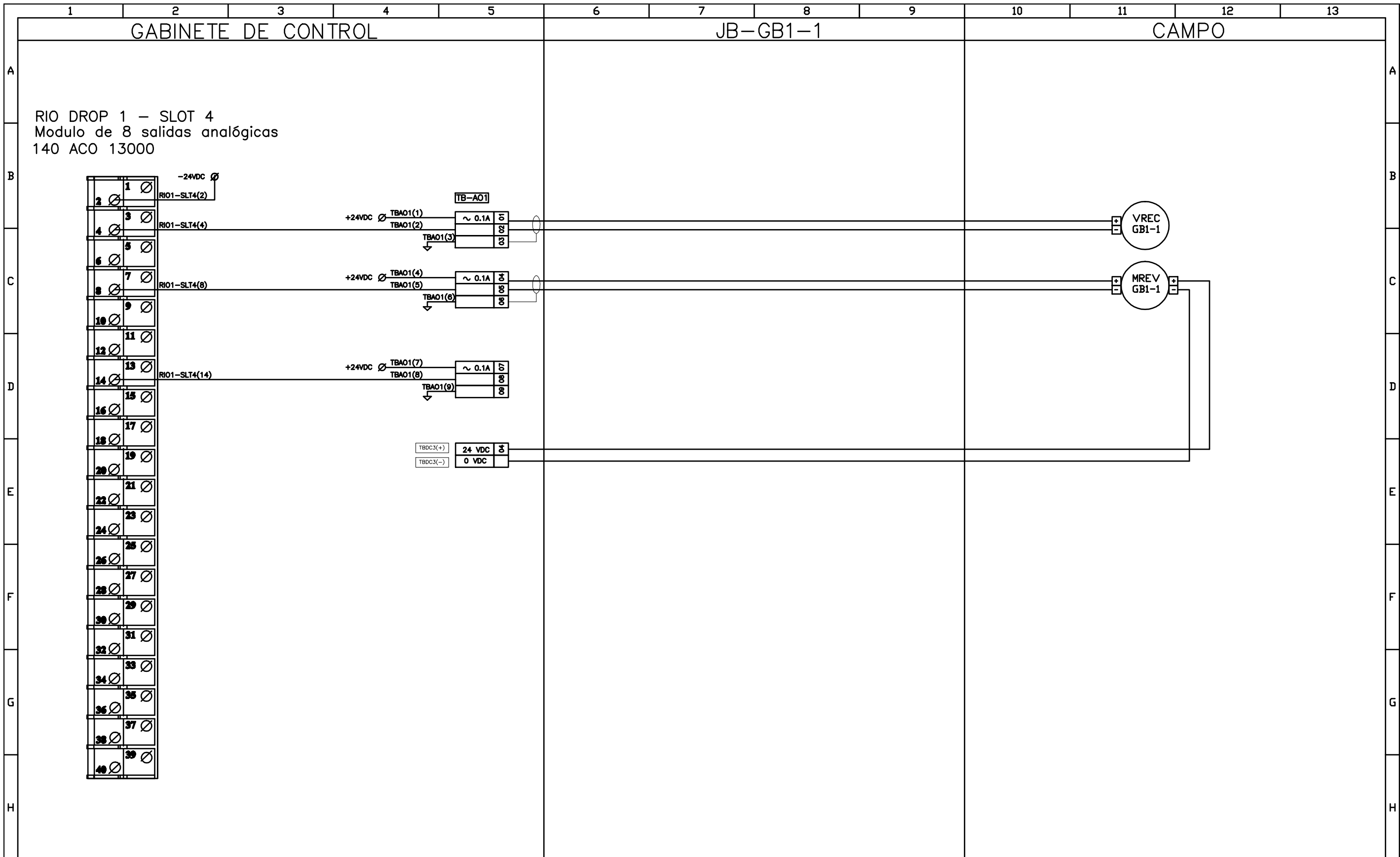


NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>		
							PROYECTO PROJECT		
							SISTEMA DE BOMBEO REDPOL		
							CONTIENE CONTAINS		
							DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 1 SLOT 3 (J.B-GB2-1)		
							ESCALA SCALE		
							PLANO No. DRAWING No.		
							300-RPL-009 04/11 3/0		
							REV: A		

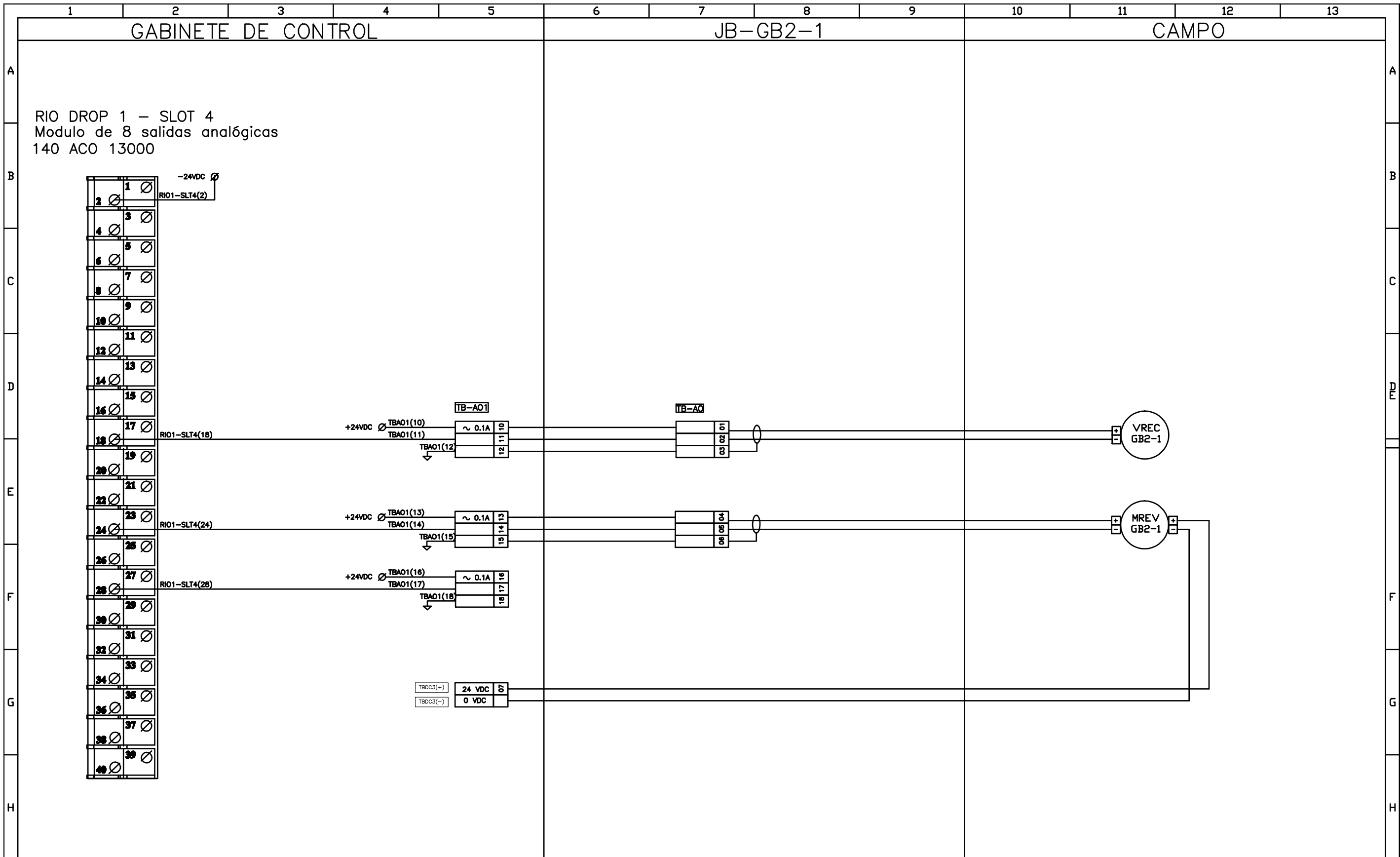


NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>			
							PROYECTO PROJECT SISTEMA DE BOMBEO REDPOL			
							CONTIENE CONTAINS DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 1 SLOT 3 (J.B-GB3-1)			
							ESCALA SCALE			
							PLANO No. DRAWING No.			
							300-RPL-009 06/14 4/0			
							REV: A			

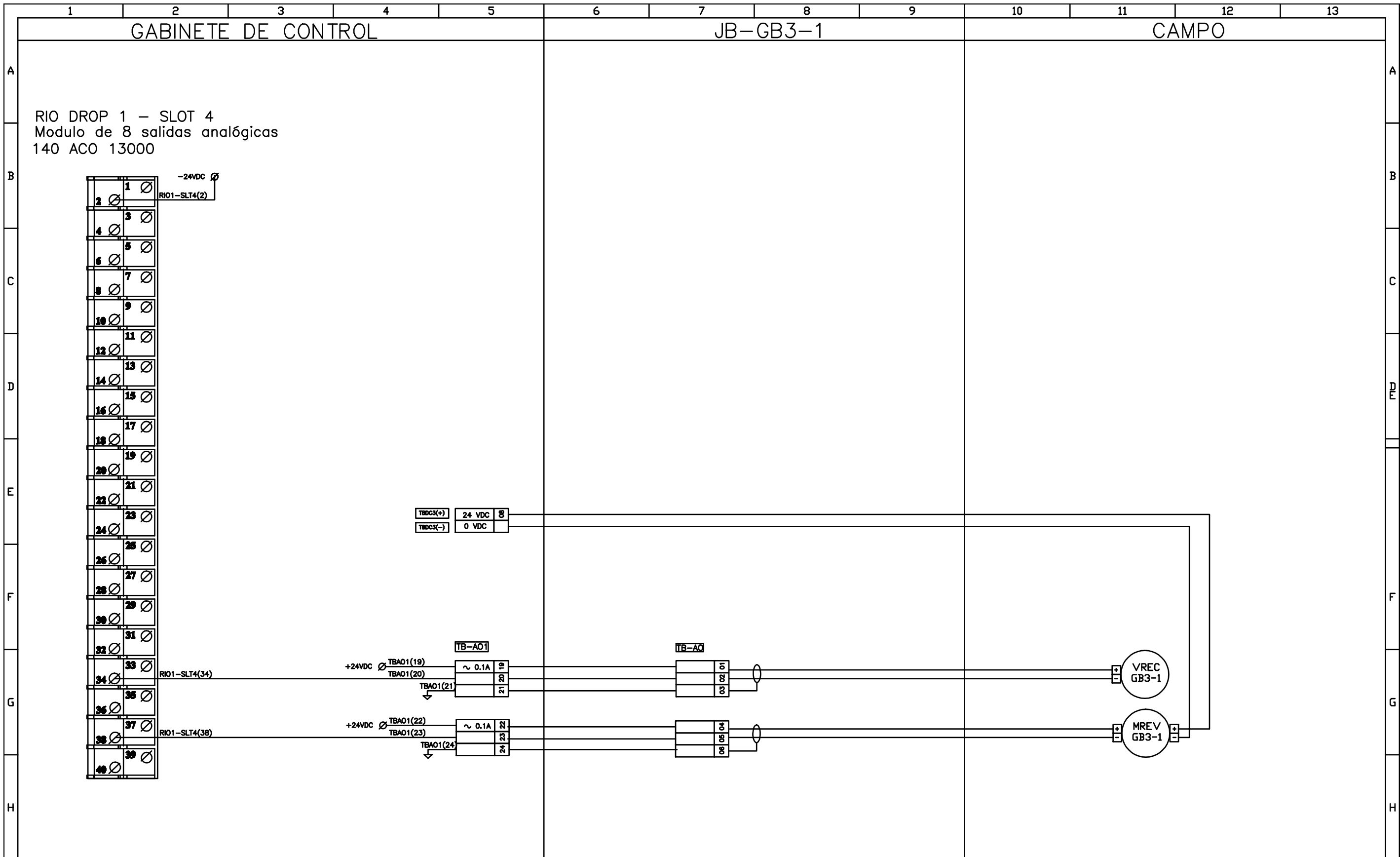




NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>													
							DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION <input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION <input type="checkbox"/> PARA SERVIDOR FOR SERVER <input type="checkbox"/> REVISADO REVISED		REV. FECHA REV. DATE * 000-0-00		DESCRIPCION DESCRIPTION			FIR. REVISADO FIR. REVISED		D. DIBUJO D. DRAWING			PROYECTO PROJECT SISTEMA DE BOMBEO REDPOL	
											ESCALA SCALE			PLANO No. DRAWING No.		000-RPL-004 02/11/13		CONTIENE CONTAINS DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 1 SLOT 4 (J.B-GB2-1)		
																		REV: A		

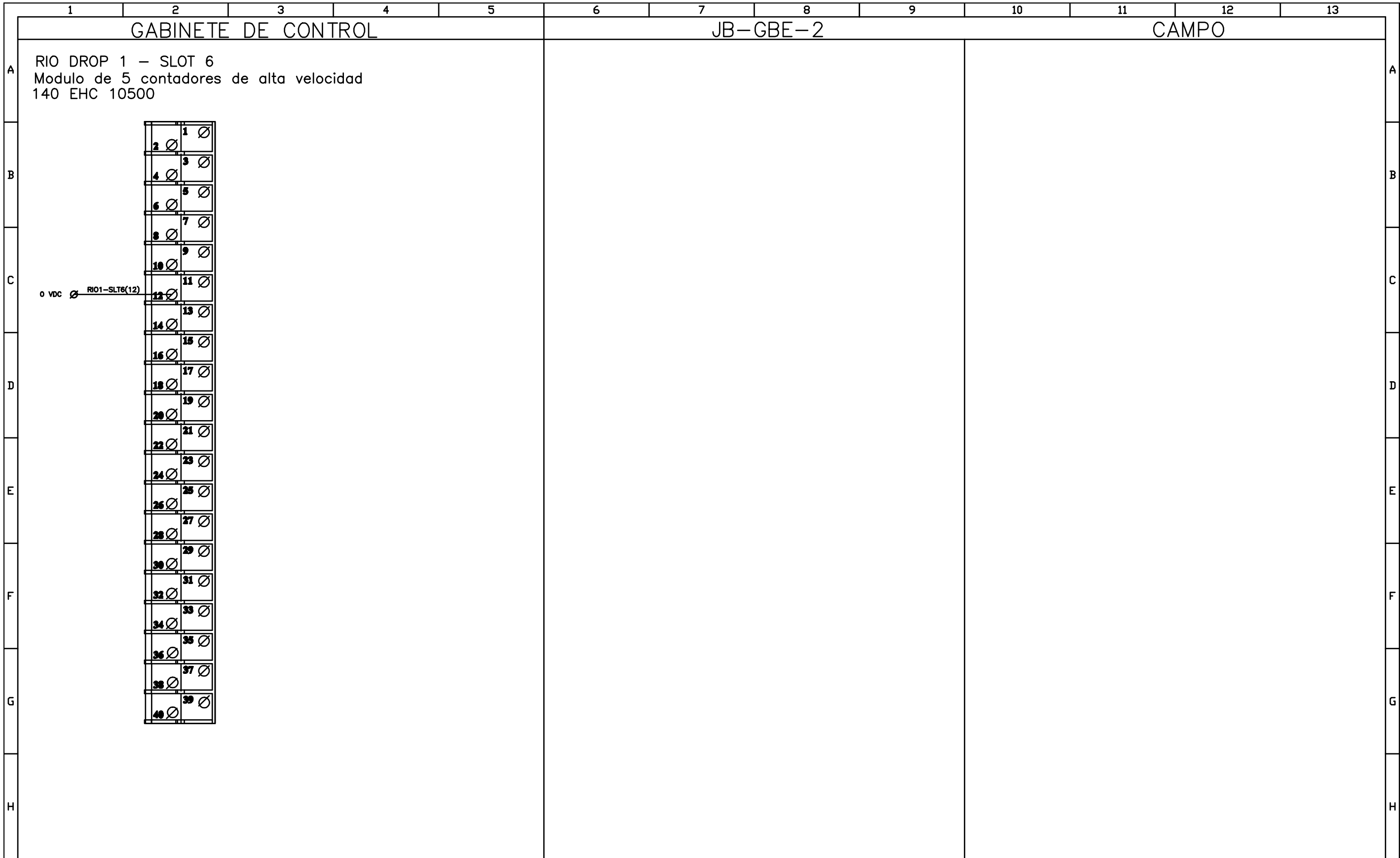


NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>			
							PROYECTO / PROJECT: SISTEMA DE BOMBEO REDPOL CONTIENE / CONTAINS: DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 1 SLOT 4 (J.B-GB2-1)			
							ESCALA / SCALE: 1:1 PLANO No / DRAWING No: 302-RPL-004 02/14 2/20 REV: A			

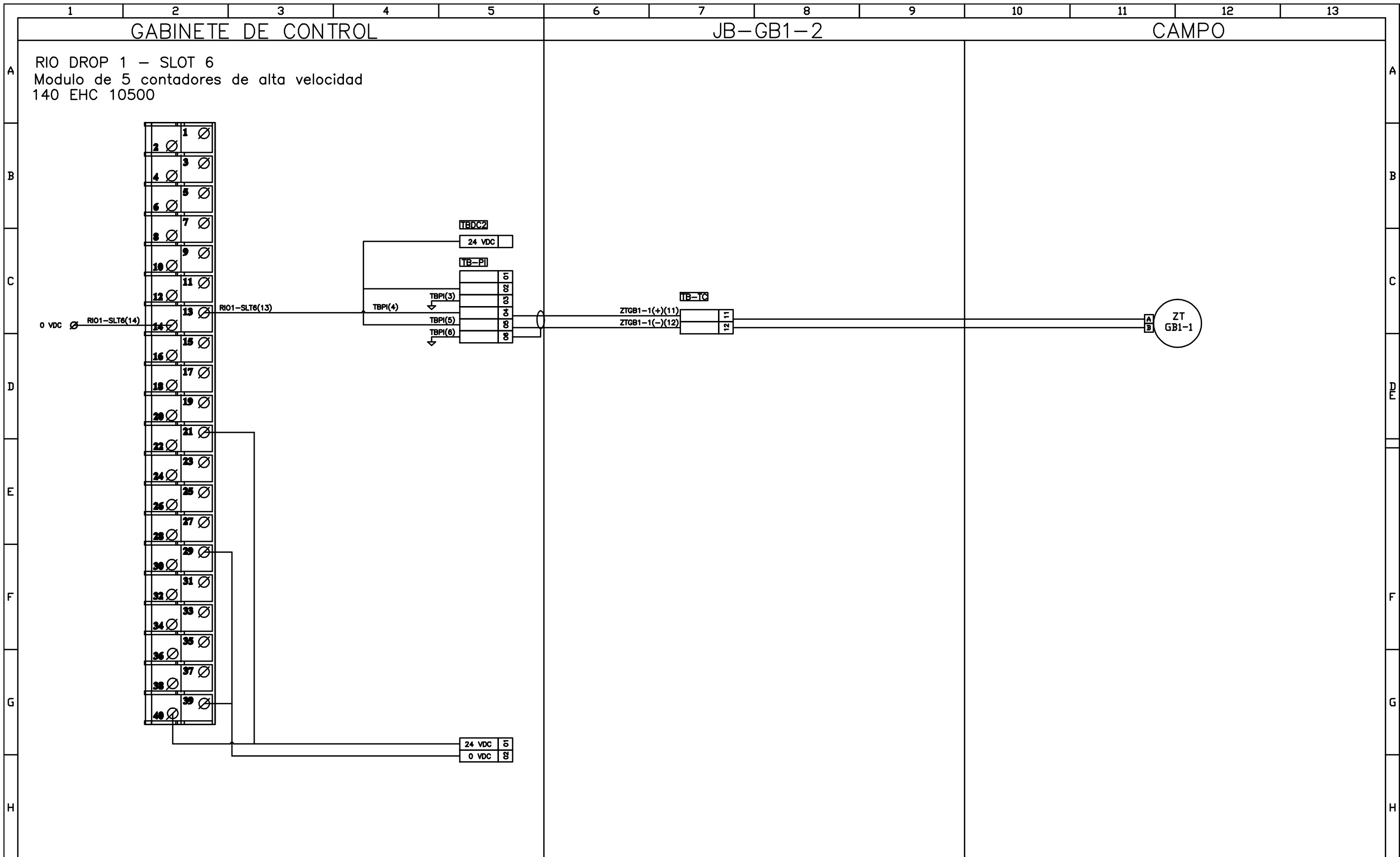


NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<div style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold; color: blue;">REDPOL</div>			
							ESCALA: SOLID			
							PLANO No: DRAWING No:			
							300-RPL-004 06/JA 3/20			
							REV: A			

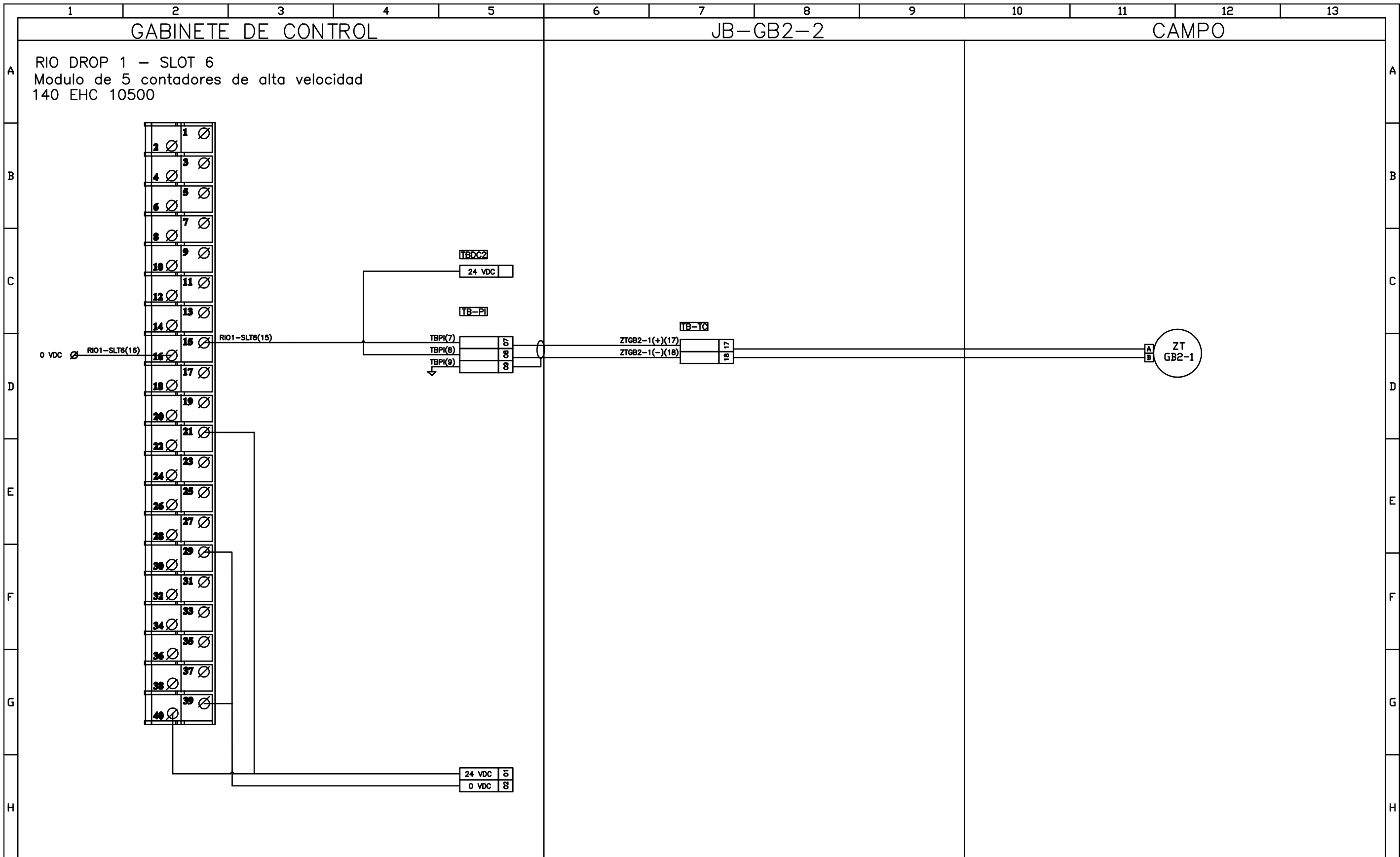




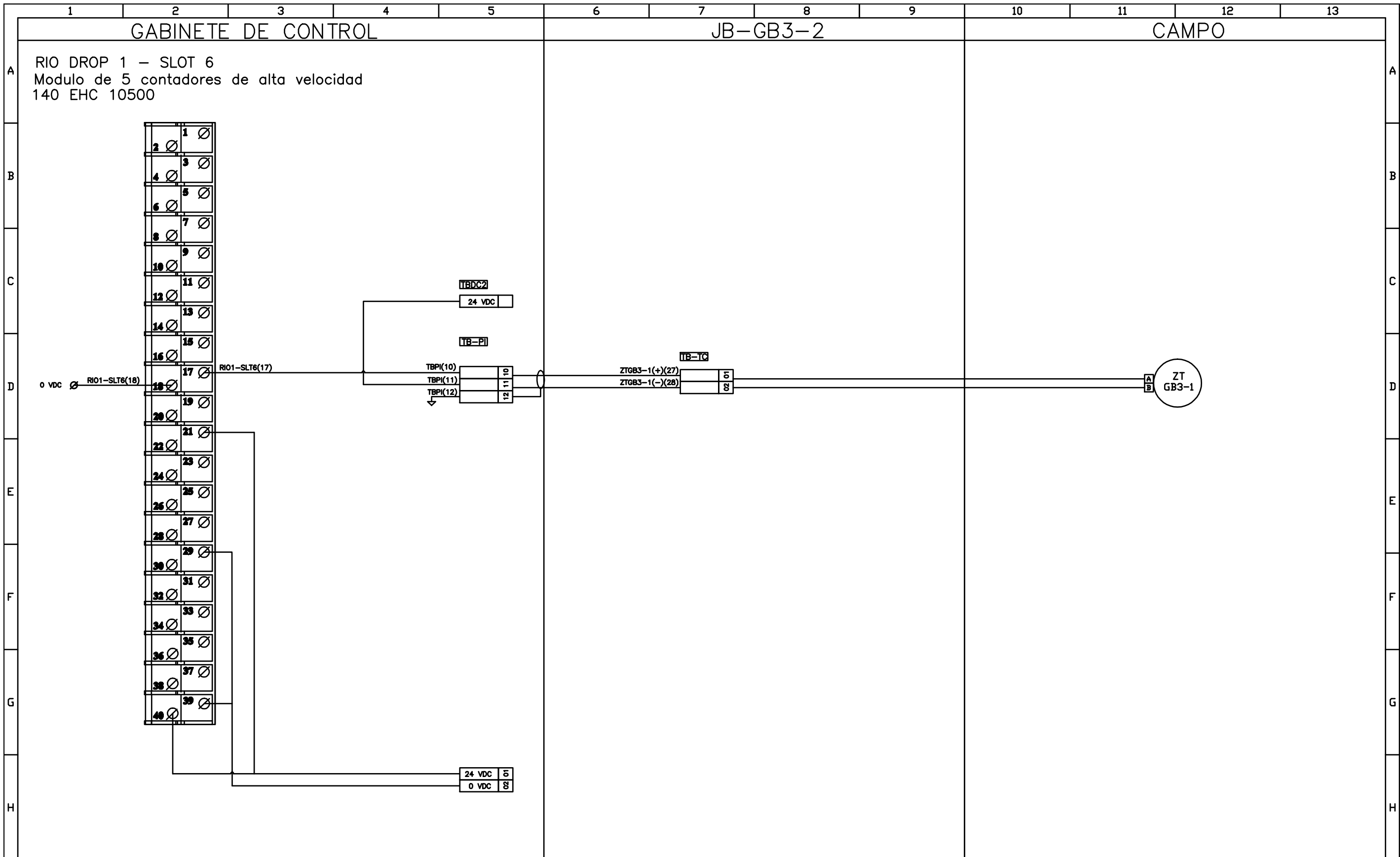
NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES			R E D P O L											
					DIBUJO ENTREGADO DRAWING ISSUED			REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	FIR BY	REVISADO REVISION	FECHA DATE	BL. DOLIO BLOCK					
					<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION			<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION			<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION			<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION			<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION		
					<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION			<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION			<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION			<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION			<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION		
					<input type="checkbox"/> REVISADO REVISION			<input type="checkbox"/> REVISADO REVISION			<input type="checkbox"/> REVISADO REVISION			<input type="checkbox"/> REVISADO REVISION			<input type="checkbox"/> REVISADO REVISION		
								PROYECTO PROJECT: SISTEMA DE BOMBEO REDPOL											
								CONTIENE CONTAINS: DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 1 SLOT 6 (J.B-GBE-1)											
1	2	3	4	5	6	7	ESCALA SCALE		PLANO No. DRAWING No.		300-RPL-006 02/JA 1/43		REV: A						



NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>							
							DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED		REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	FECHA DATE	REVISOR REVISOR	PROYECTO PROJECT
							<input type="checkbox"/> PARA REVISAR FOR REVIEW	<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION					SISTEMA DE BOMBEO REDPOL	
							<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION					CONTIENE CONTAINS	
							<input type="checkbox"/> PARA SERVIDOR FOR SERVER	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION					DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 1 SLOT 6 (J.B-GB1-1)	
							<input type="checkbox"/> REVISED						ESCALA SCALE	
													PLANO No. DRAWING No.	
													300-RPL-006 04/14 B/D REV: A	

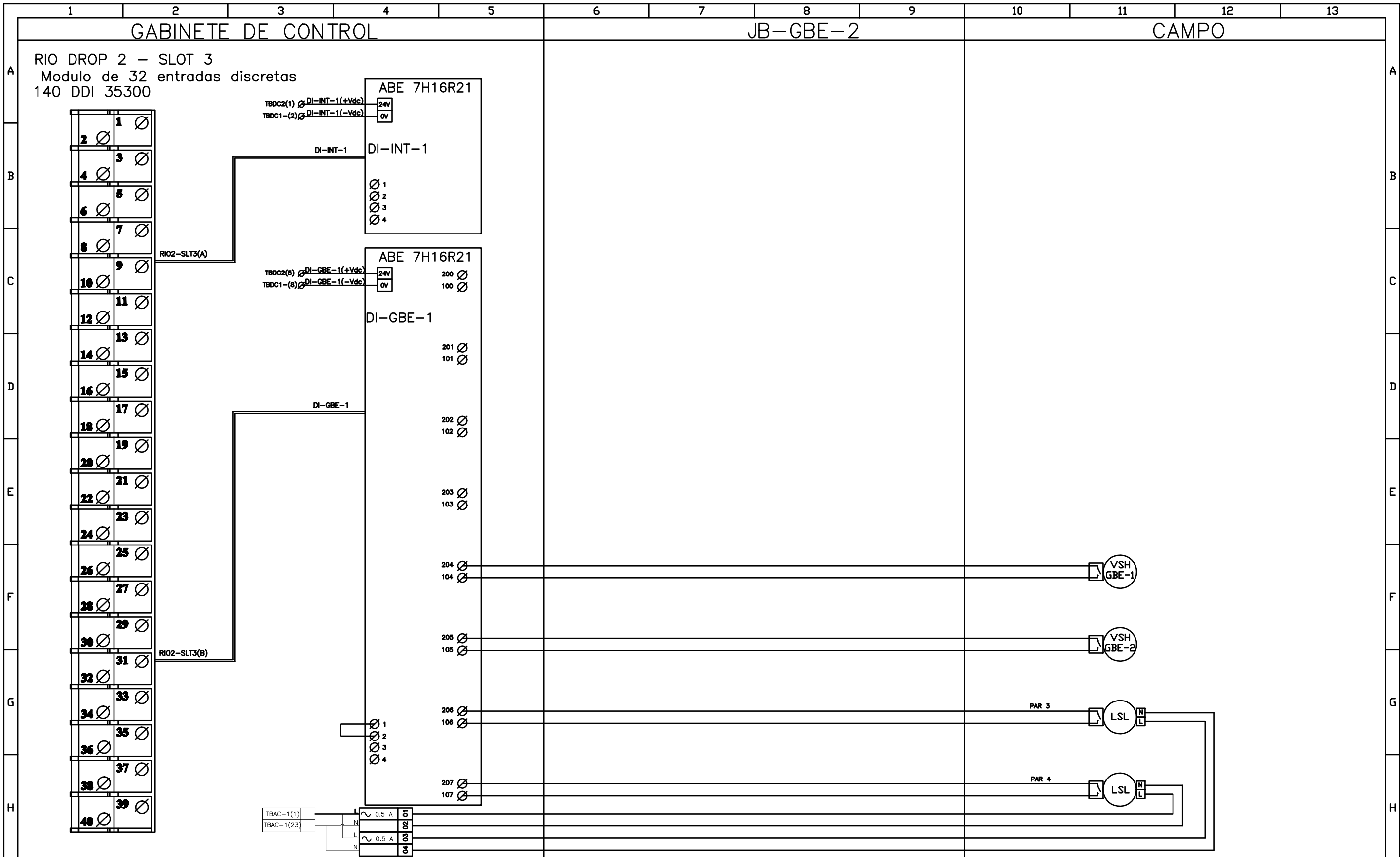


NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>			
							PROYECTO PROJECT SISTEMA DE BOMBEO REDPOL			
							CONTIENE CONTAINS DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 1 SLOT 6 (J.B-GB2-1)			
							ESCALA SCALE PLANO No. DRAWING No. 300-RPL-006 04/11 3/0			
							REV: A			

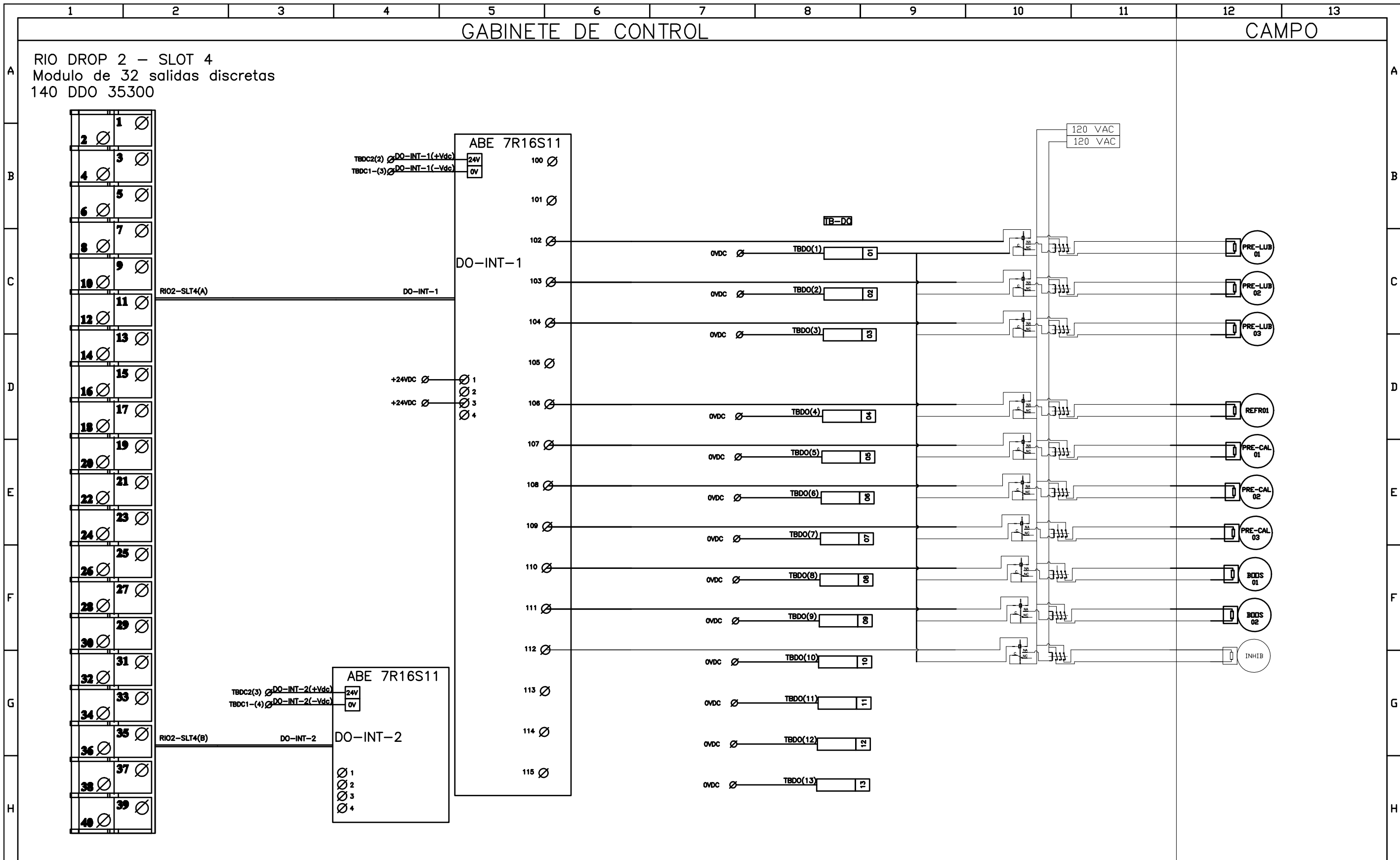


NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>			
							PROYECTO PROJECT SISTEMA DE BOMBEO REDPOL			
							CONTIENE CONTAINS DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 1 SLOT 6 (J.B-GB3-1)			
							ESCALA SCALE 1:1			
							PLANO No. DRAWING No. 300-RPL-006 06/14 4/0			
							REV: A			

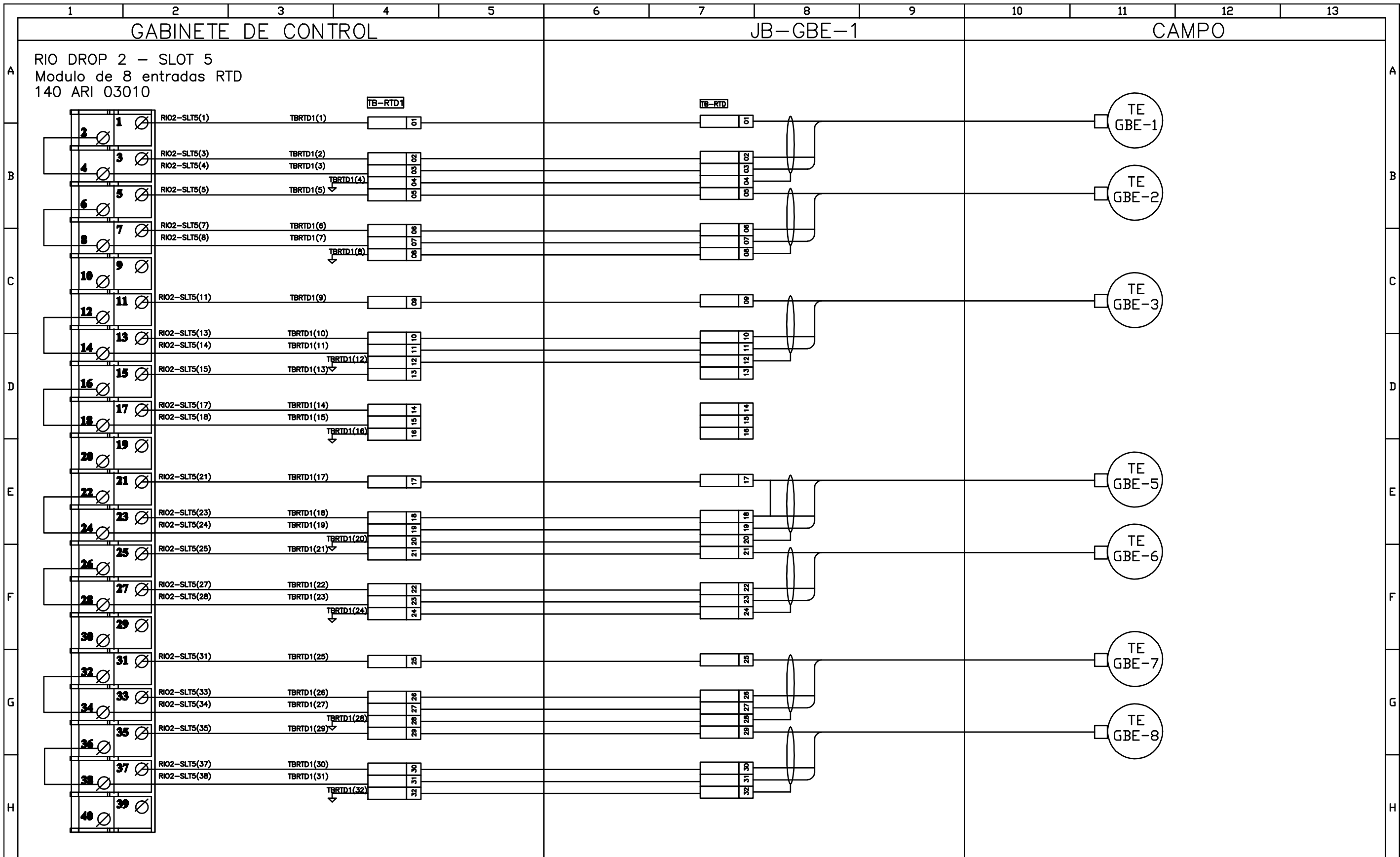




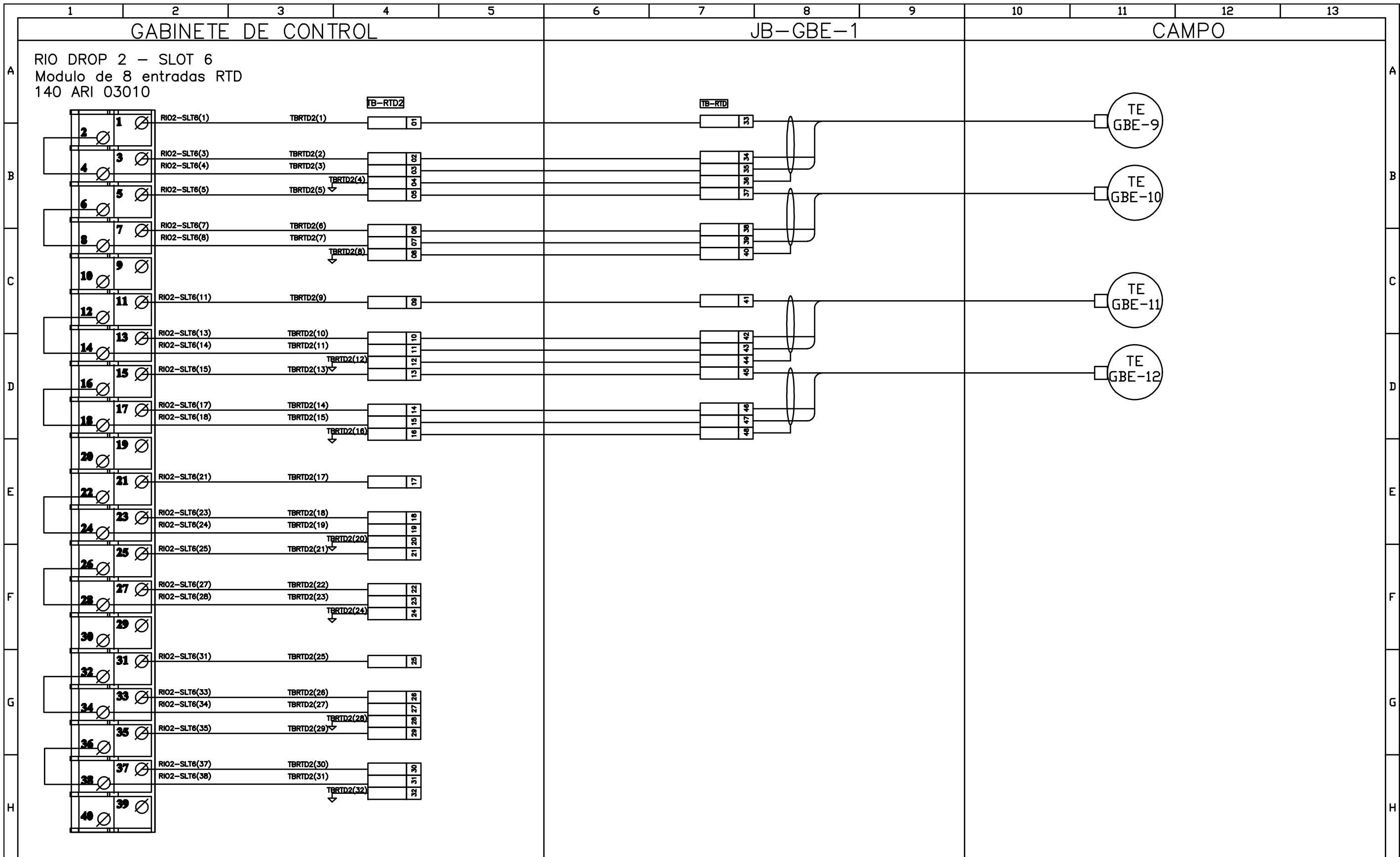
NOTAS GENERALES GENERAL NOTES			PLANS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b> SISTEMA DE BOMBEO REDPOL CONTIENE: DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 2 SLIT 3			
					PROYECTO: SISTEMA DE BOMBEO REDPOL CONTIENE: DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 2 SLIT 3			
					ESCALA: 1:1			



NOTAS GENERALES GENERAL NOTES			PLANS REFERENCIALES		<div style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold; letter-spacing: 10px;">R E D P O L</div>																																																
					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">DISEÑO EMITIDO DRAWING ISSUED</th> <th>REV</th> <th>FECHA DATE</th> <th>DESCRIPCION DESCRIPTION</th> <th>FIR</th> <th>REVISOR REVISOR</th> <th>FECHA DATE</th> <th>PROYECTO PROJECT</th> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>SISTEMA DE BOMBEO REDPOL</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>CONTIENE CONTAINS</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 2 SLIT 4</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> REVISED</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>PLANO No. DRAWING No.</td> </tr> </table>				DISEÑO EMITIDO DRAWING ISSUED		REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	FIR	REVISOR REVISOR	FECHA DATE	PROYECTO PROJECT	<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION	<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION							SISTEMA DE BOMBEO REDPOL	<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION							CONTIENE CONTAINS	<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION							DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 2 SLIT 4	<input type="checkbox"/> REVISED								PLANO No. DRAWING No.
DISEÑO EMITIDO DRAWING ISSUED		REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	FIR	REVISOR REVISOR	FECHA DATE	PROYECTO PROJECT																																													
<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION	<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION							SISTEMA DE BOMBEO REDPOL																																													
<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION							CONTIENE CONTAINS																																													
<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION							DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 2 SLIT 4																																													
<input type="checkbox"/> REVISED								PLANO No. DRAWING No.																																													
					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>ESCALA SCALE</td> <td>PLANO No. DRAWING No.</td> <td>DWG-RPL-000</td> <td>REV: A</td> </tr> </table>				ESCALA SCALE	PLANO No. DRAWING No.	DWG-RPL-000	REV: A																																									
ESCALA SCALE	PLANO No. DRAWING No.	DWG-RPL-000	REV: A																																																		

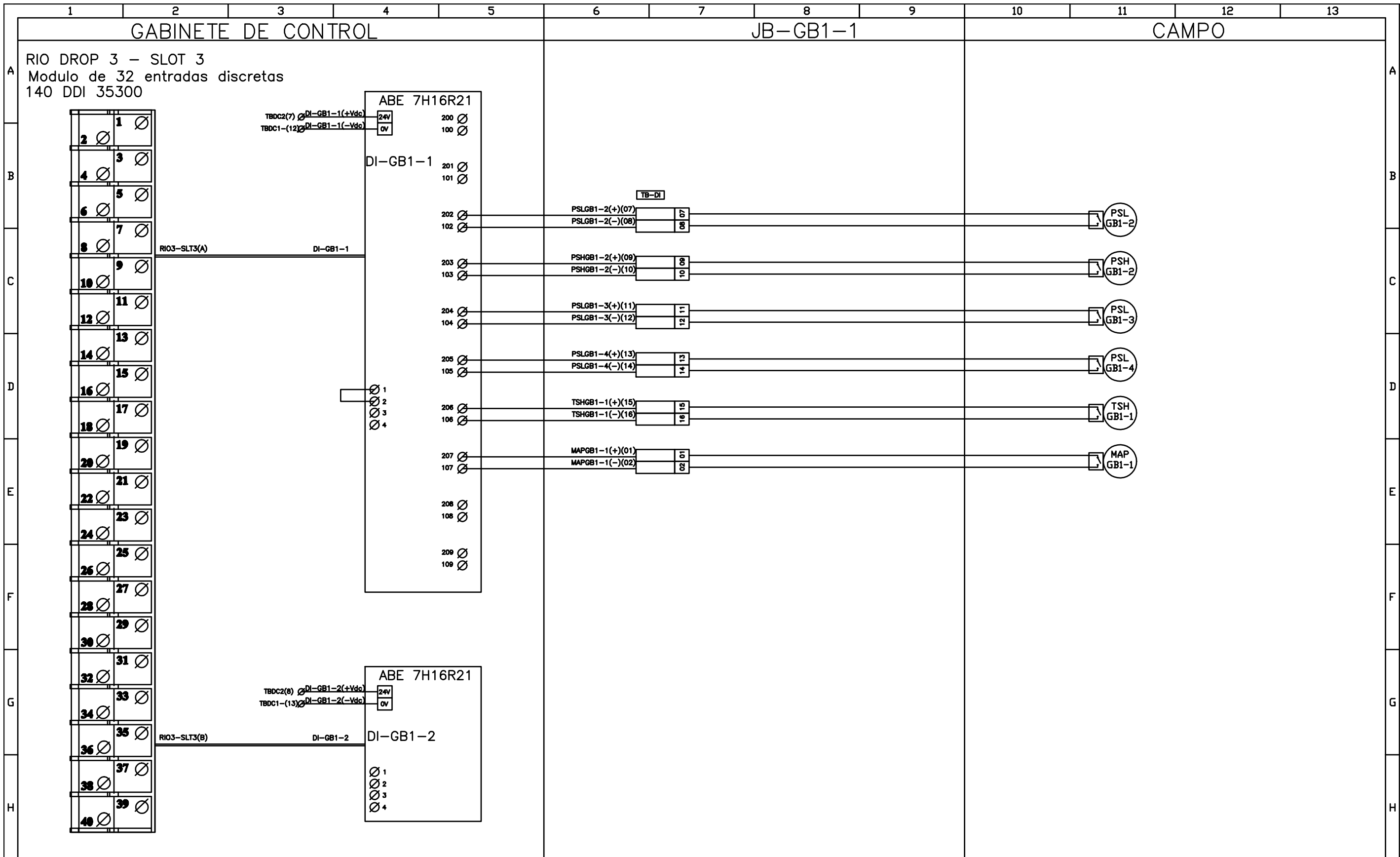


NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>REDPOL</b> PROYECTO: SISTEMA DE BOMBEO REDPOL CONTENIDO: DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 2 SLIT 5										
PARA ENTREGA DEL DISEÑO PARA REVISION PARA REVISION PARA REVISION <input type="checkbox"/> REVISED					PARA CONSTRUCCION PARA INFORMACION PARA INFORMACION		DISEÑO EMITIDO DRAWING ISSUED REV. 1 FECHA DATE 01/01/00	DESCRIPCION DESCRIPTION	FIB. NO. FIB. NO.	REVISION REVISION	FECHA DATE	ELABORADO DRAWN	REVISADO CHECKED	FECHA DATE	ESCALA SCALE	PLANO No. DRAWING No. R02-RPL-009	REV: A

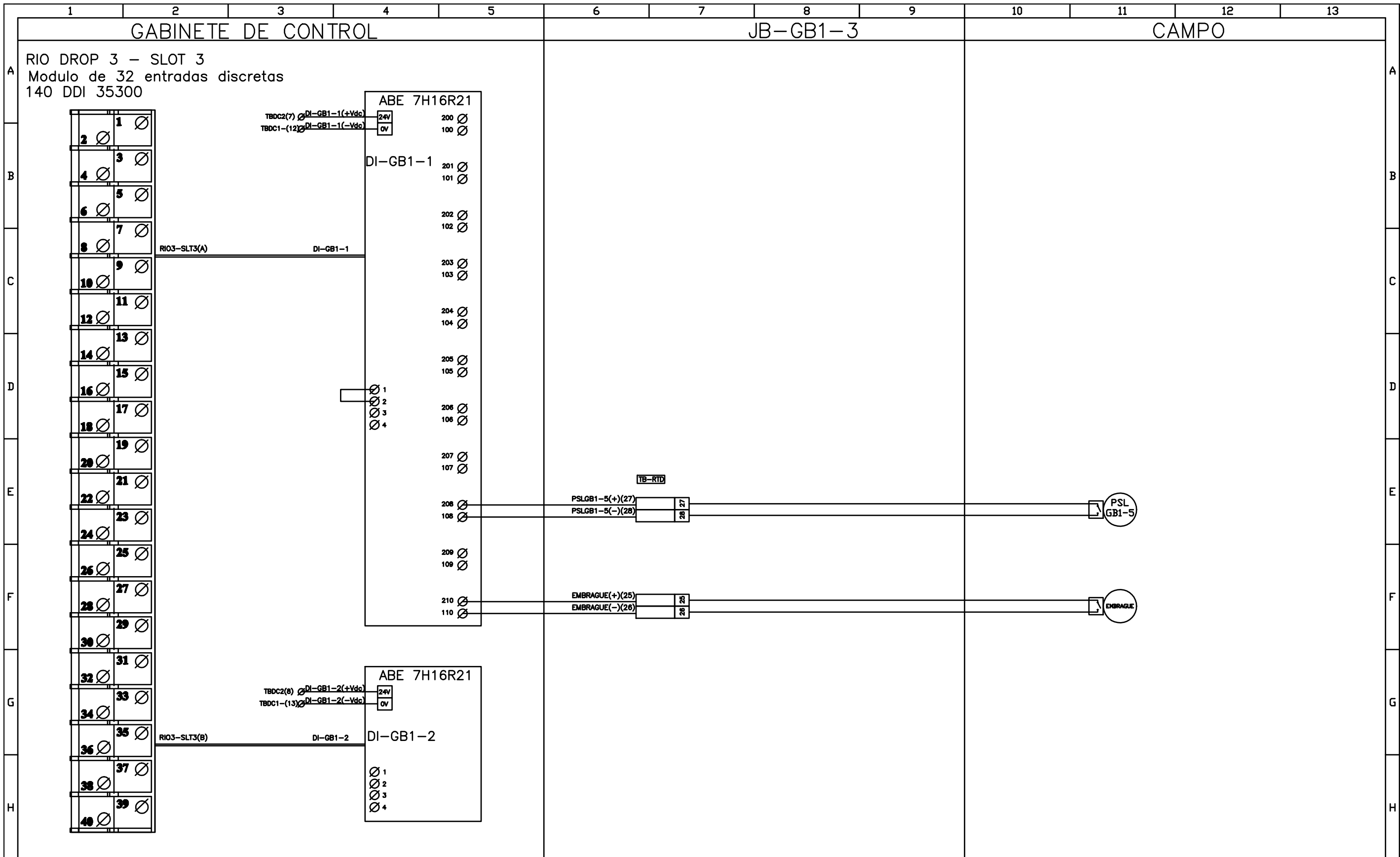


NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>REDPOL</b> SISTEMA DE BOMBEO REDPOL DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 2 SLIT 6			
							PROYECTO: SISTEMA DE BOMBEO REDPOL CONTENIDO: DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 2 SLIT 6			
							ESCALA: 1:1 PLANO No: 100-RPL-00 REV: A			

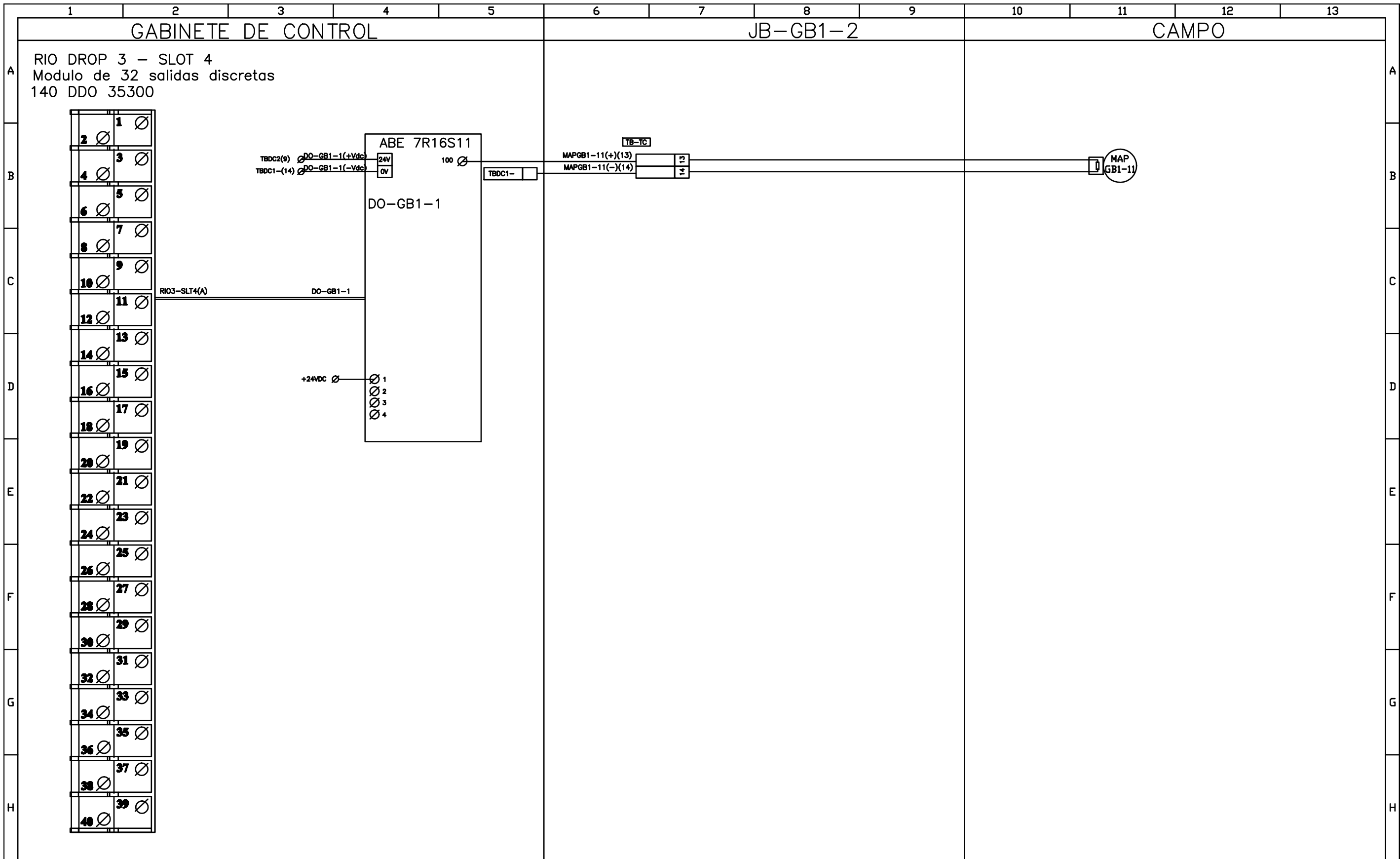




NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANDS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>			
							PROYECTO PROJECT SISTEMA DE BOMBEO REDPOL			
							CONTIENE CONTAINS DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 3 SLIT 3			
							ESCALA SCALE PLANO No. DRAWING No. DGD-RPL-012 G/10			
							REV: A			



NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>								
							DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED <input type="checkbox"/> PARA REVISAR FOR REVIEW <input type="checkbox"/> PARA REVISAR FOR REVIEW <input type="checkbox"/> PARA REVISAR FOR REVIEW <input type="checkbox"/> REVISADO REVISED			REV. FECHA DATE DESCRIPCION DESCRIPTION REV. FECHA DATE DESCRIPCION DESCRIPTION REV. FECHA DATE DESCRIPCION DESCRIPTION			PROYECTO PROJECT SISTEMA DE BOMBEO REDPOL CONTENIDO CONTENTS DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 3 SLIT 3		
							ESCALA SCALE PLANO No. DRAWING No. DDC-RPL-012 GB/3D			REV: A					

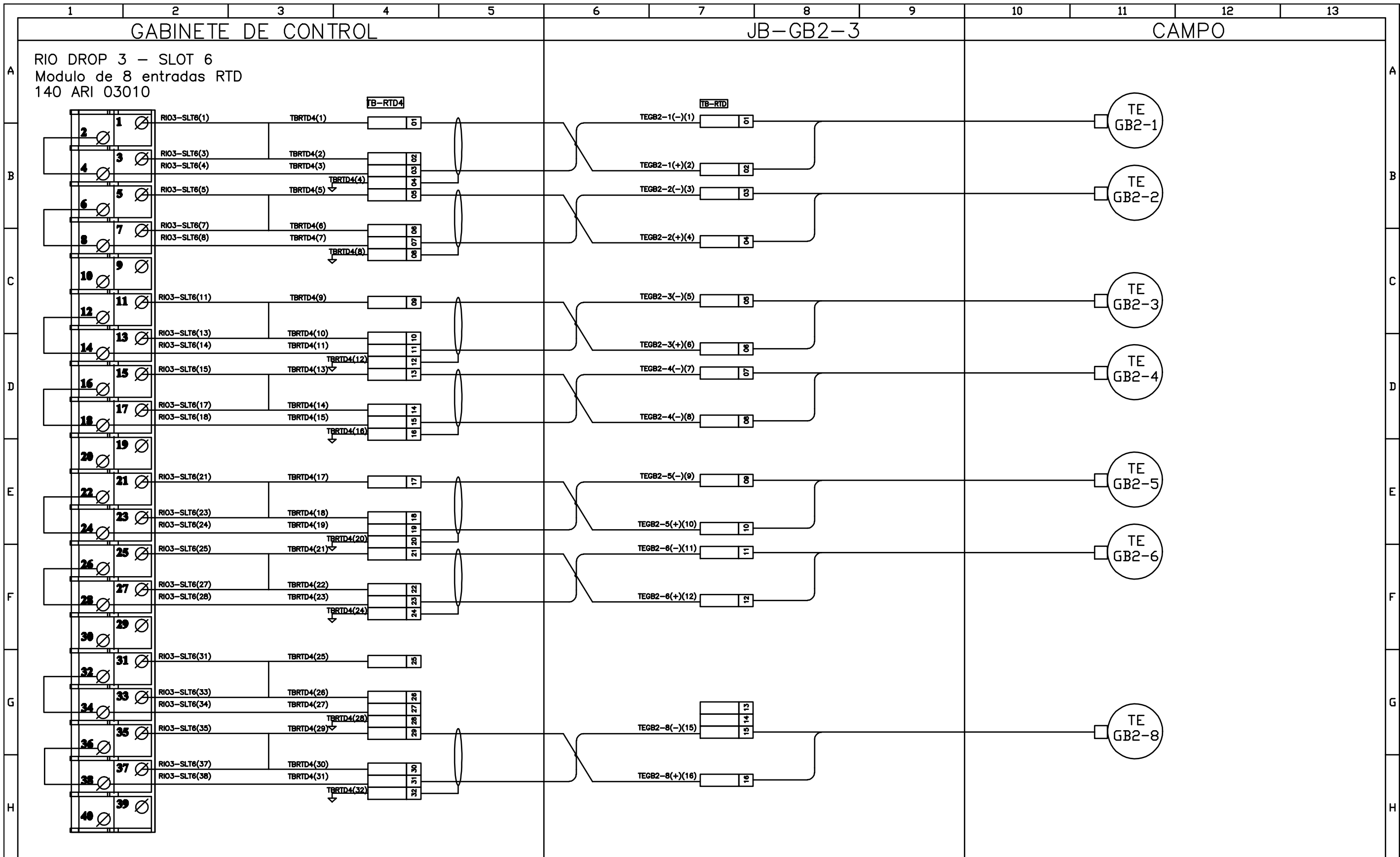


NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES				R E D P O L					
							DIBUJO ENTREGADO DRAWING ISSUED		REV. FECHA REV. DATE		DESCRIPCION DESCRIPTION		PROYECTO PROJECT	
							<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION		<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION		ESCALA SCALE		SISTEMA DE BOMBEO REDPOL	
							<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION		<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION		FECHA DATE		DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 3 SLIT 4 (JB-GB1-2)	
							<input type="checkbox"/> REVISED				PLANO No. DRAWING No.		300-RPL-013 04/JA 1/80	
											ESCALA SCALE		REV: A	

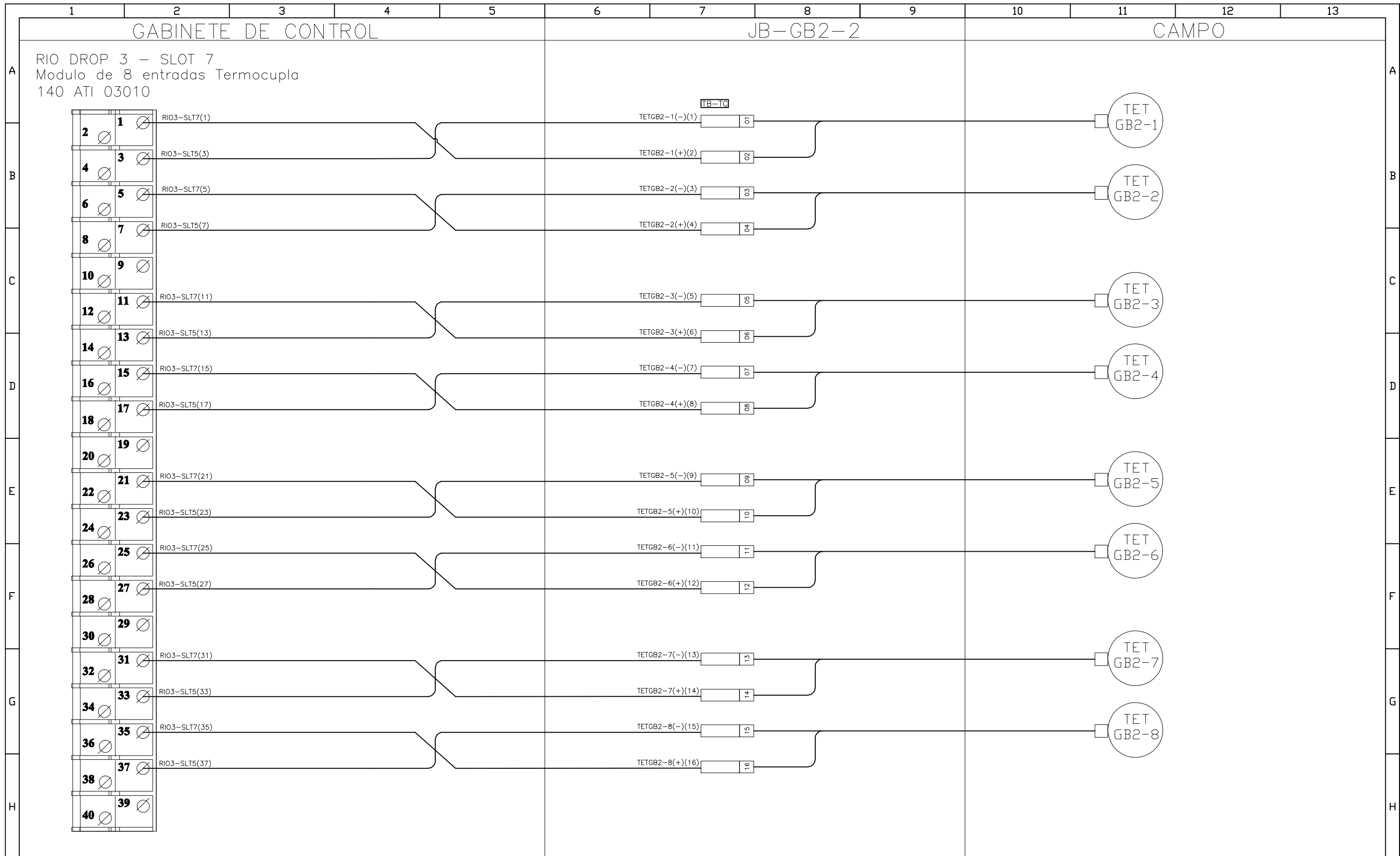








NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		DISEÑO EMITIDO DRAWING ISSUED <input type="checkbox"/> PARA REVISION <input type="checkbox"/> PARA REVISION <input type="checkbox"/> PARA REVISION <input type="checkbox"/> REVISADO		FECHA DATE * 0000-00		DESCRIPCION DESCRIPTION		REV. NO. REVISION NUMBER		FECHA DATE		ELABORADO POR DRAWN BY		REVISADO POR CHECKED BY		FECHA DATE		ESCALA SCALE		PLANO No. DRAWING No.		000-RPL-005		REV: A	
<b>R E D P O L</b> SISTEMA DE BOMBEO REDPOL DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 3 SLIT 6																														

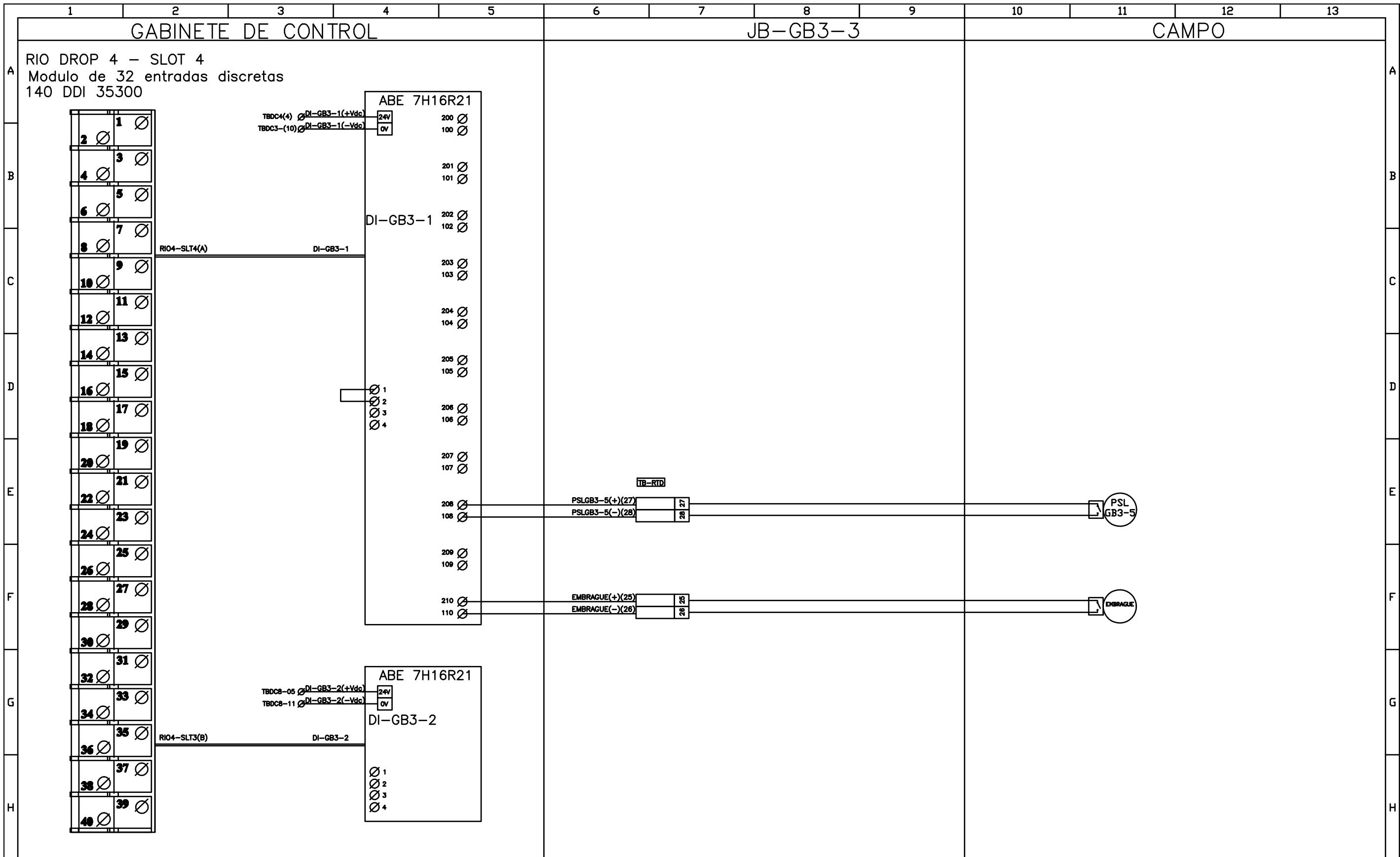


NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANDS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>			
							PROYECTO: SISTEMA DE BOMBEO REDPOL			
							CONTIENE: DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 3 SLOT 7			
							PLANO No: DGC-RPL-016			
							REV: A			



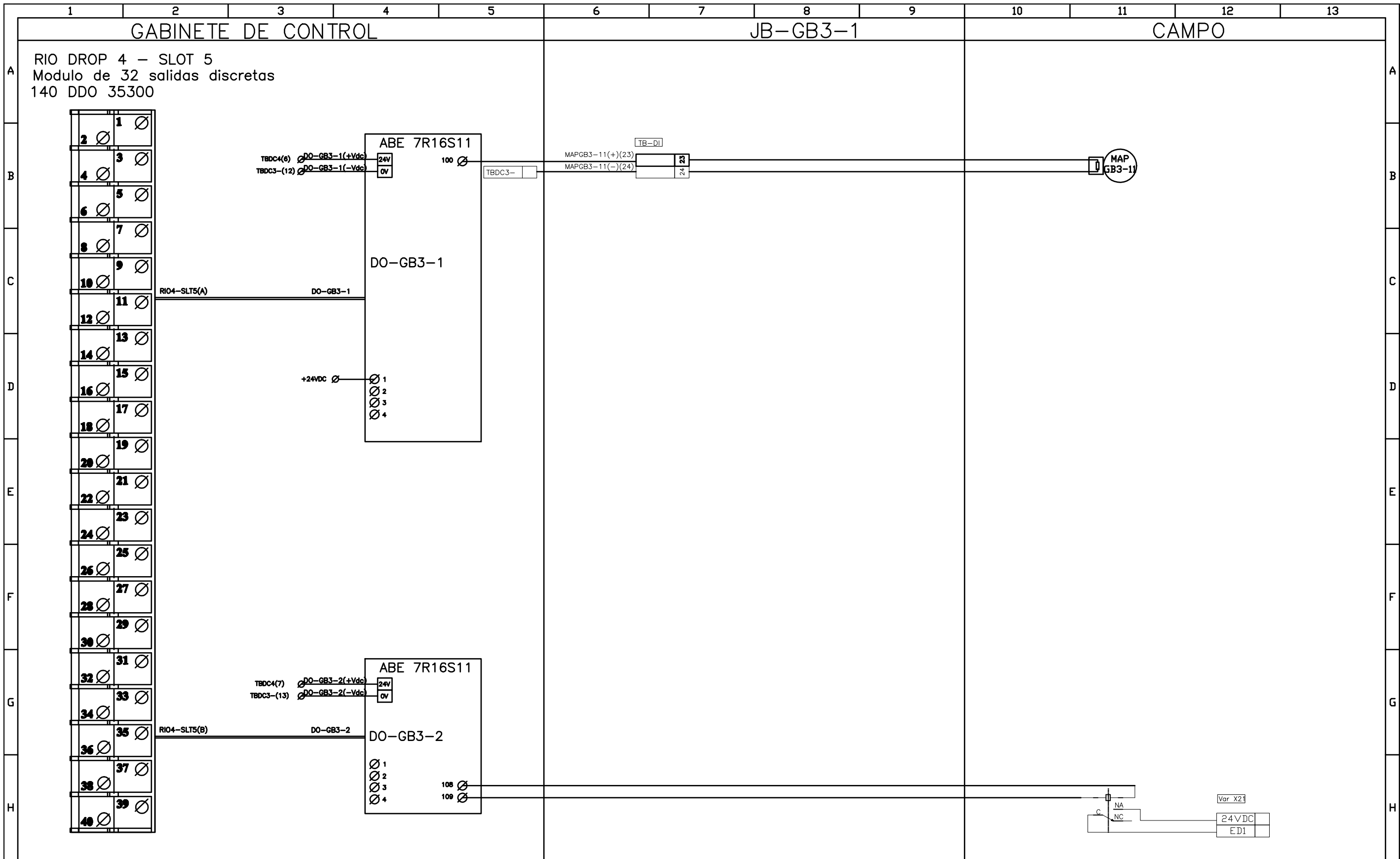




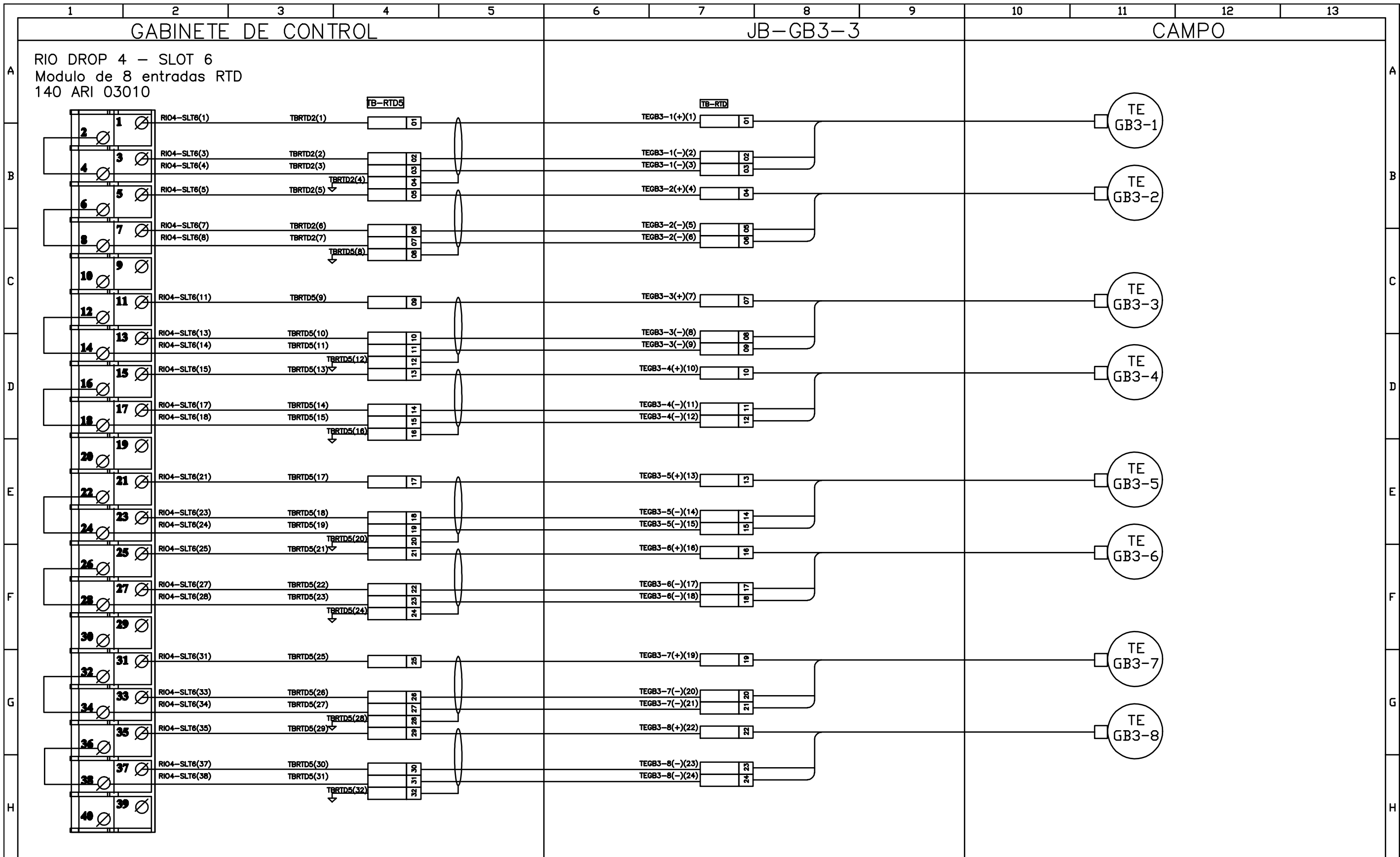


NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANDS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>					
							DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED		REV. FECHA REV. DATE		DESCRIPCION DESCRIPTION	
							<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION		<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION		PROYECTO PROJECT	
							<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION		<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION		SISTEMA DE BOMBEO REDPOL	
							<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION		<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION		CONTIENE CONTAINS	
							<input type="checkbox"/> REVISADO REVISED				DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 4 SLIT 4	
									ESCALA SCALE		PLANO No. DRAWING No.	
											300-RPL-010	
											REV: A	





NOTAS GENERALES GENERAL NOTES			PLANS REFERENCIALES		<table border="1"> <tr> <th>REV</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCION</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		REV	FECHA	DESCRIPCION	FECHA	DESCRIPCION						R E D P O L										
REV	FECHA	DESCRIPCION	FECHA	DESCRIPCION																							
<table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/> PARA ENTREGA</td> <td><input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> PARA RESERVA</td> <td><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> REVISED</td> <td> </td> </tr> </table>					<input type="checkbox"/> PARA ENTREGA	<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	<input type="checkbox"/> PARA RESERVA	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	<input type="checkbox"/> REVISED		<table border="1"> <tr> <td>PROYECTO</td> <td>SISTEMA DE BOMBEO REDPOL</td> </tr> <tr> <td>CONTIENE</td> <td>DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 4 SLIT 5</td> </tr> </table>		PROYECTO	SISTEMA DE BOMBEO REDPOL	CONTIENE	DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 4 SLIT 5	<table border="1"> <tr> <td>ESCALA</td> <td>PLANO No</td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>			ESCALA	PLANO No				
<input type="checkbox"/> PARA ENTREGA	<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION																										
<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION																										
<input type="checkbox"/> PARA RESERVA	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION																										
<input type="checkbox"/> REVISED																											
PROYECTO	SISTEMA DE BOMBEO REDPOL																										
CONTIENE	DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 4 SLIT 5																										
ESCALA	PLANO No																										
							DDC-RPL-019 REV: A																				



NOTAS GENERALES GENERAL NOTES			PLANS REFERENCIALES		DIBUJO ENTREGADO DRAWING ISSUED <input type="checkbox"/> PARA REVISION <input type="checkbox"/> PARA REVISION <input type="checkbox"/> PARA REVISION <input type="checkbox"/> REVISADO		REV. FECHA REV. DATE * 0000-1		DESCRIPCION DESCRIPTION			FIB. REVISION REVISION			BLOQUE BLOCK			PROYECTO PROJECT <b>SISTEMA DE BOMBEO REDPOL</b>		
					<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION							CONTENIDO CONTENT DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 4 SLIT 6								
					<input type="checkbox"/> REVISADO							ESCALA SCALE			PLANO No. DRAWING No. 000-RPL-000					

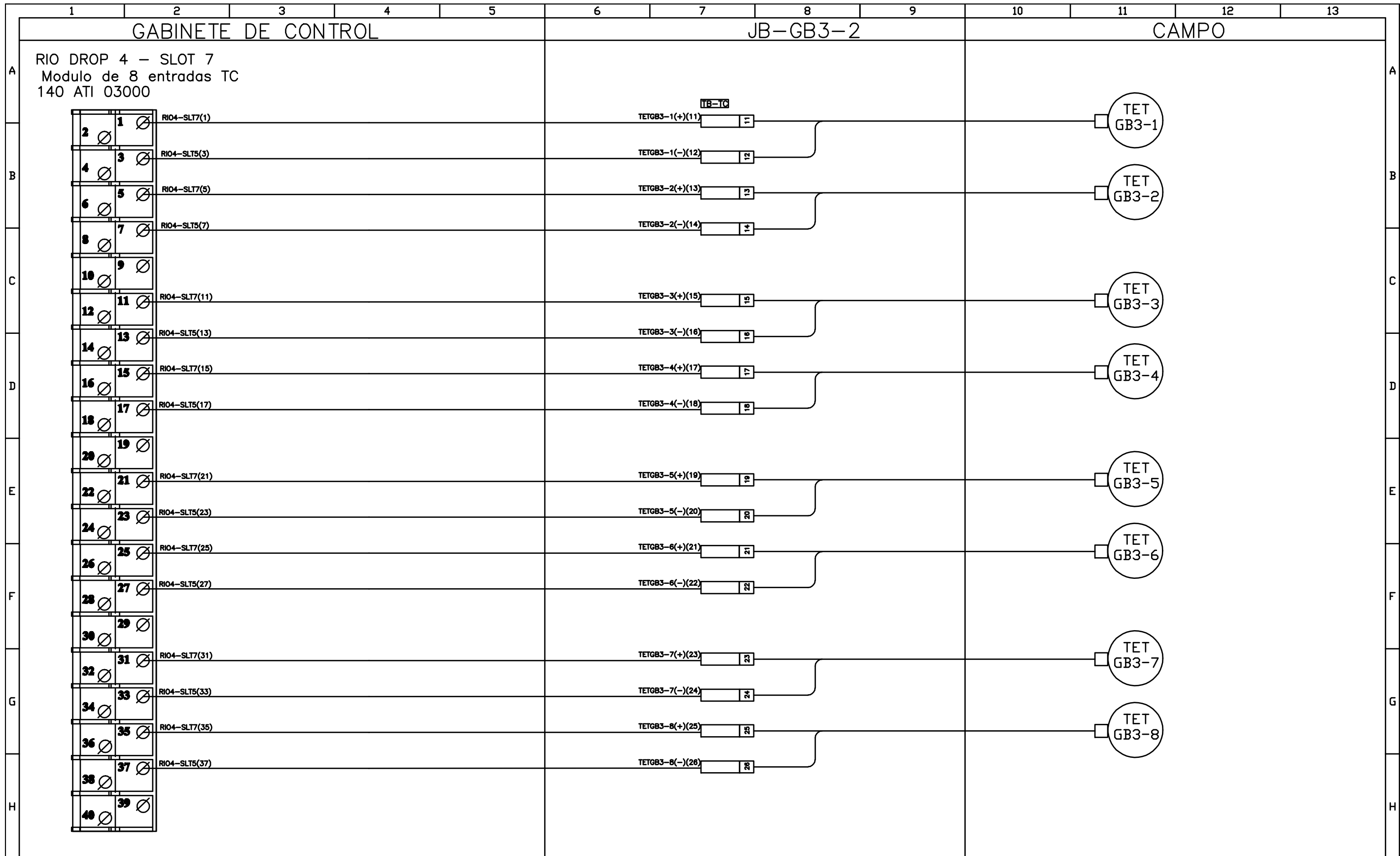
**R E D P O L**

PROYECTO  
PROJECT  
**SISTEMA DE BOMBEO REDPOL**

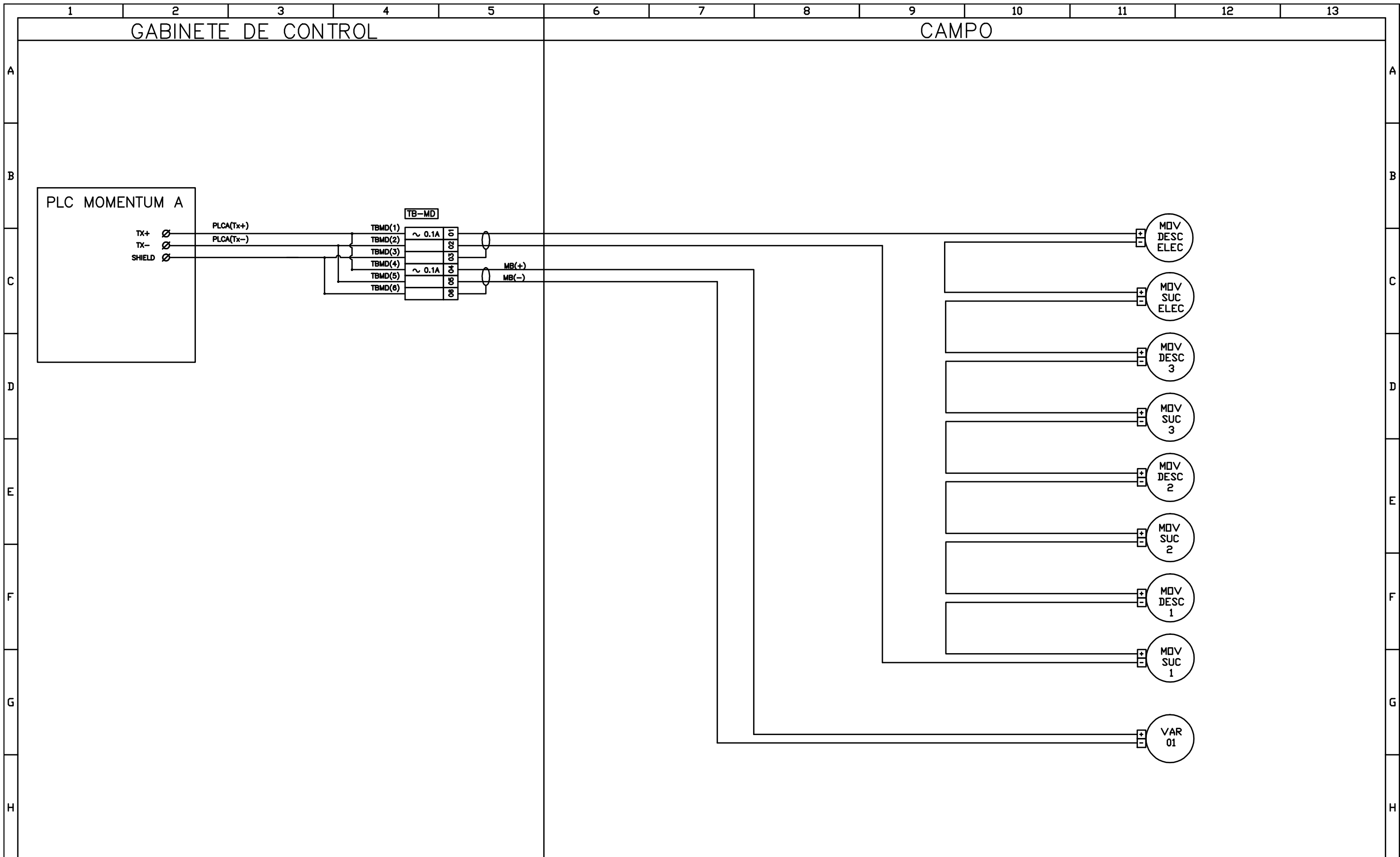
CONTENIDO  
CONTENT  
DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 4 SLIT 6

PLANO No.  
DRAWING No.  
000-RPL-000

REV: A



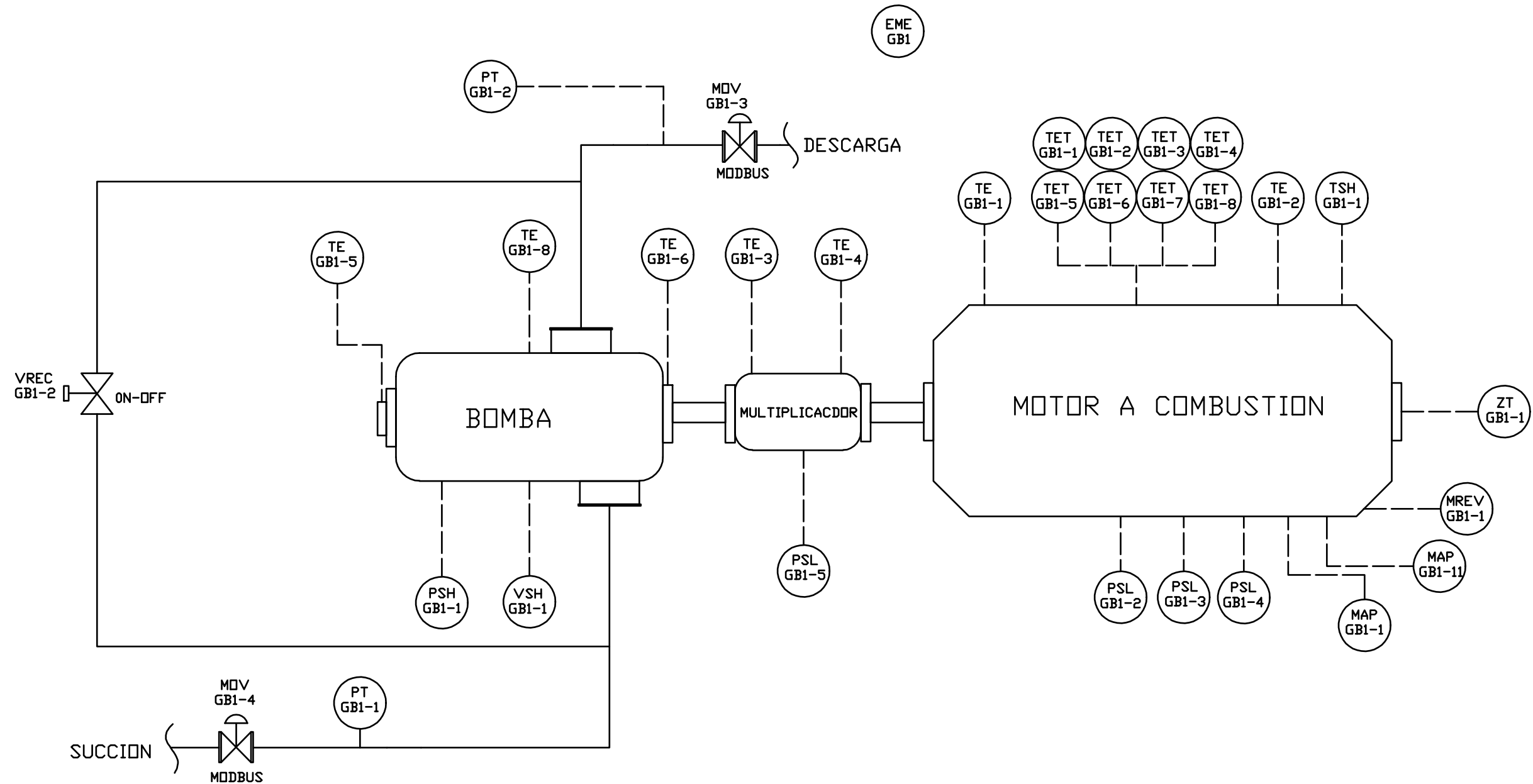
NOTAS GENERALES GENERAL NOTES					PLANS REFERENCIALES		<b>R E D P O L</b>			
							PROYECTO: SISTEMA DE BOMBEO REDPOL CONTENIDO: DIAGRAMAS DE CONEXIONADO RIO DROP 4 SLIT 7			
							ESCALA: 1:100 PLANO No: 002-RPL-001 REV: A			



NOTAS GENERALES GENERAL NOTES			PLANS REFERENCIALES		<table border="1"> <tr> <th>REV</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>FECHA</th> <th>FECHA</th> <th>FECHA</th> <th>FECHA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		REV	FECHA	DESCRIPCION	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA									R E D P O L			
REV	FECHA	DESCRIPCION	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA																			
					<table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> <td><input type="checkbox"/> PARA REVISION</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	PROYECTO: SISTEMA DE BOMBEO REDPOL CONTENIDO: DIAGRAMAS DE CONEXIONADO SERIALES MODBUS PLC A	
<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION																		
<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION																		
					ESCALA: 1:1 PLANO No: 100-RPL-002 REV: A																					



# GRUPO DE BOMBEO DIESEL 1 - GB1



NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANS REFERENCIALES

DIBUJO ENTREGADO DRAWING ISSUED	
<input type="checkbox"/> PARA INICIO DE OBRAS	<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION
<input type="checkbox"/> PARA REVISION	<input type="checkbox"/> PARA OPERACION
<input type="checkbox"/> PARA SERVIDOR	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION
<input type="checkbox"/> REVISADO	

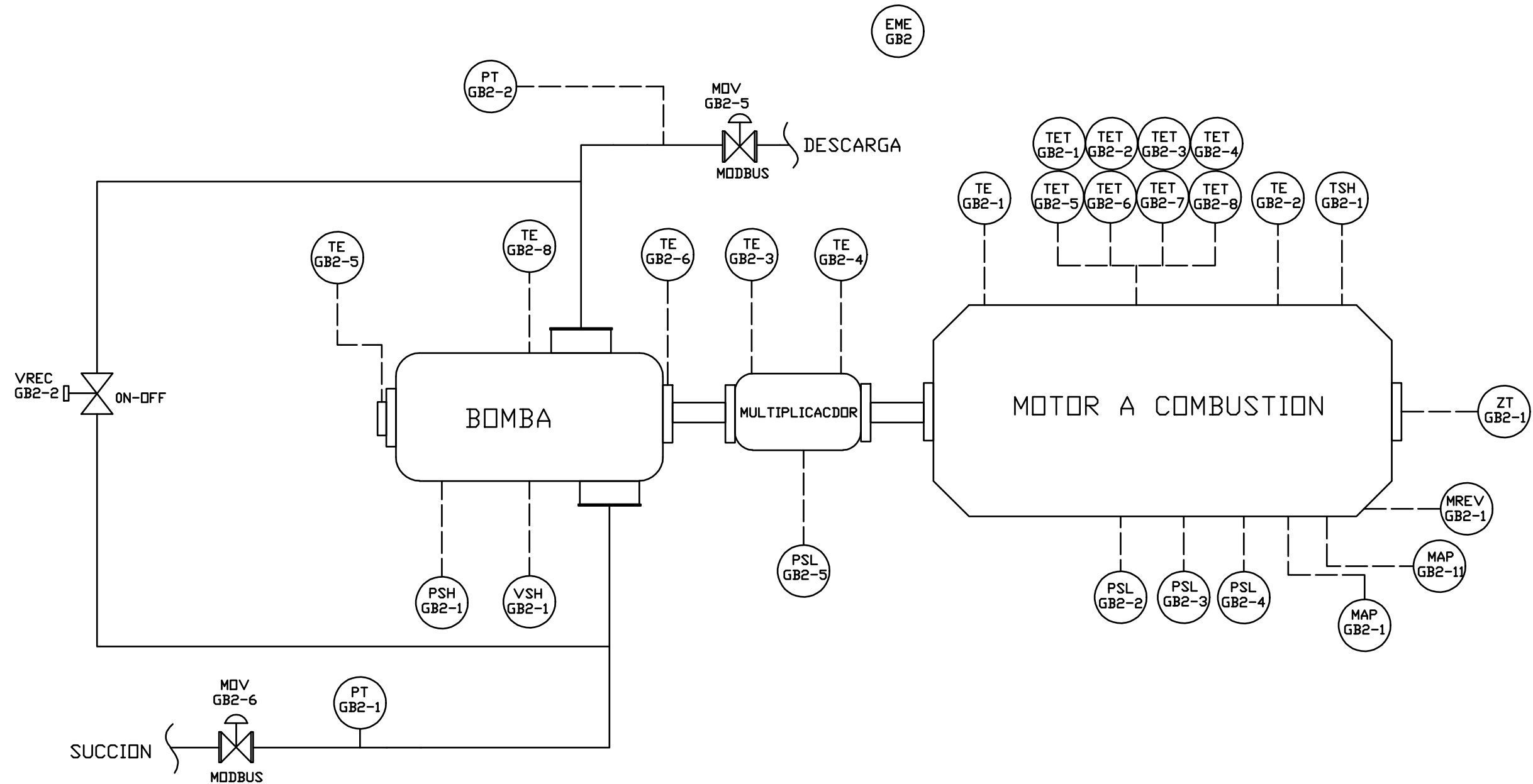
REV	FECHA	DESCRIPCION	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO

R E D P O L

PROYECTO PROJECT	SISTEMA DE BOMBEO REDPOL
CONTIENE CONTAINS	GRUPO BOMBEO DIESEL 1
ESCALA SCALE	PLANO No. DRAWING No.
	PC-RPL-002

REV: A

# GRUPO DE BOMBEO DIESEL 2 - GB2



NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANS REFERENCIALES

R E D P O L

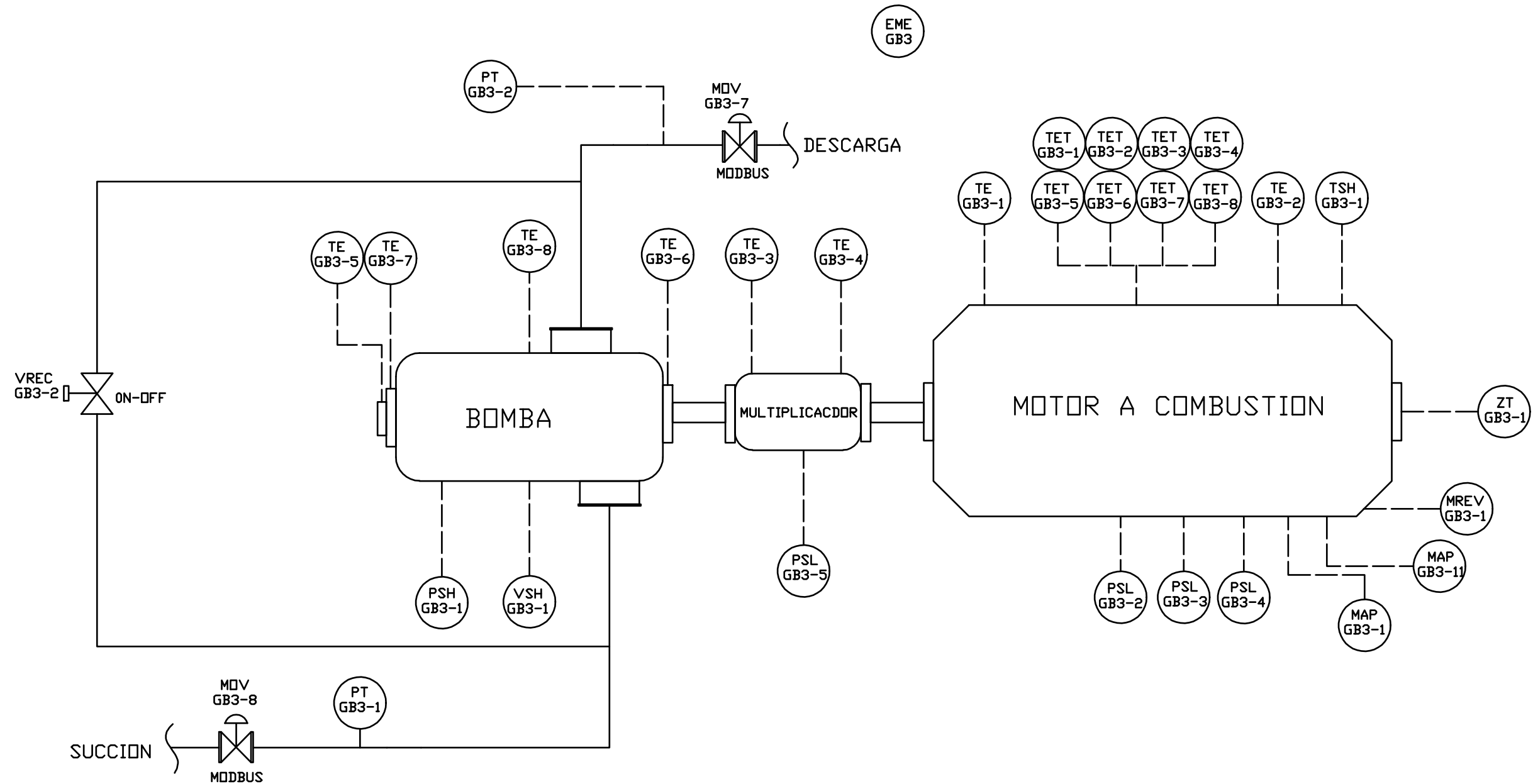
DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED		REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	FECH DATE	REVISOR REVISOR	PROYECTA PROJECT
<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION						
<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION						
<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION	<input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION						
<input type="checkbox"/> REVISADO REVISADO	<input type="checkbox"/> REVISADO REVISADO						

PROYECTO PROJECT <b>SISTEMA DE BOMBEO REDPOL</b>	CONTIENE CONTAINS <b>GRUPO BOMBEO DIESEL 2</b>
ESCALA SCALE 	PLANO No. DRAWING No. 

PC-RPL-003

REV: A

# GRUPO DE BOMBEO DIESEL 3 - GB3



NOTAS GENERALES  
GENERAL NOTES

PLANS REFERENCIALES

R E D P O L

DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED	REV	FECHA DATE	DESCRIPCION DESCRIPTION	POR BY	REVISADO REVIEWED	FECHA DATE	DISEÑADO DESIGNED	PROYECTO PROJECT
<input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION  <input type="checkbox"/> PARA REVISION FOR REVISION  <input type="checkbox"/> PARA SERVIDOR FOR SERVER  <input type="checkbox"/> REVISADO REVISADO								SISTEMA DE BOMBEO REDPOL  GRUPO BOMBEO DIESEL 3

PLANO No:  
DRAWING No: PE-RPL-003

Escala:  
SCALE: NEVA A



El siguiente proyecto fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica reposando en la Escuela Politécnica de Ejército desde:

Sangolquí, a

---

Ing. Víctor Proaño.  
Coordinador de la Carrera

---

Sr. Jorge Luis Orellana  
Autor