

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

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

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

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA, UNIDAD X-1602, EN CPF DE
PALO AZUL, BLOQUE 18”**

MARIA EUGENIA AGUILAR FERNÁNDEZ

SANGOLQUÍ-ECUADOR

2008

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado **“Diseño e Implementación del Sistema de Instrumentación y Control de la Planta De Tratamiento De Agua Cruda, Unidad X-1602, en CPF de Palo Azul, Bloque 18”** ha sido desarrollado en su totalidad por la señorita María Eugenia Aguilar Fernández, bajo nuestra dirección, como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Electrónico.

ING. HUGO ORTIZ

DIRECTOR

ING. PAÚL AYALA

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, con su cariño, guía y apoyo sin condiciones me han brindado todas las herramientas para cumplir mis objetivos.

A mis hermanas y amigos, por siempre estar presentes.

A tres hermosas familias, Sempértégui-Fernández, Iglesias- Fernández y Romero-Vallejo, por todo el afecto y la ayuda que me han ofrecido.

A los compañeros de INCOPRO y AFHidrotecnología, por todos los conocimientos y confianza depositados en mí.

A mis maestros cuya guía a lo largo de la carrera ha hecho posible la culminación de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi papá, su ejemplo de trabajo y tenacidad siempre me ha inspirado.

A mi mamá, por ser el principal pilar de nuestra familia.

A mami Chelita y papi José, su amor es infinito.

PRÓLOGO

Este proyecto tiene por objeto automatizar la Planta de Tratamiento de Agua Cruda X-1602 ubicada en el Centro de Facilidades de Producción (CPF) del Bloque 18, operado por PETROBRÁS. El sistema recibirá agua cruda desde pozos cercanos y proveerá dos tipos de efluentes: agua potable, apta para el consumo humano y agua de servicios, ablandada para sistemas de enfriamiento y sellos de bombas.

El trabajo comprende un estudio integral del proceso, desde la ingeniería básica y conceptual, pasando por la ingeniería de detalle, el estudio del sistema de control, un seguimiento de la construcción basada en normas de calidad y seguridad, finalizando por las pruebas que validan la funcionalidad del sistema.

La arquitectura de control elegida está basada en un conjunto de instrumentos: sensores y transmisores que evalúan el estado del sistema, más un conjunto de actuadores: electroválvulas, bombas y agitadores, que responden según las necesidades de la planta. Todas las operaciones de estos elementos son controladas bajo la lógica de control on-off mediante algoritmos de programación ejecutados en un Controlador Lógico Programable, elemento que también sirve para integrar el monitoreo del proceso hacia el sistema general de supervisión del CPF.

La ingeniería implementada garantiza el abastecimiento ininterrumpido de agua, y el control de las variables del proceso permite que la producción del líquido se encuentre dentro de los parámetros de salud e industriales requeridos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO 1

INGENIERÍA CONCEPTUAL Y BÁSICA DEL PROCESO

1.1	INTRODUCCION	¡Error! Marcador no definido.
1.2	CONDICIONES DE OPERACIÓN	2
1.3	DEFINICION DEL PROCESO	3
1.3.1	La Unidad de Remoción de Hierro y Manganeso	6
1.3.2	La Unidad de Filtrado y Purificación	8
1.3.3	Las Unidades de almacenamiento	9
1.3.4	La Unidad de Desinfección es el conjunto conformado por	9
1.3.5	Las Unidades Hidroneumáticas	10
1.3.6	La Unidad de desinfección final	11
1.4	ELABORACION DEL P&ID Y ANALISIS DEL PROCESO	11
1.5	ESPECIFICACIONES Y SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS	21
1.5.1	Indicadores de presión	21
1.5.3	Transmisores de presión diferencial	23
1.5.4	Transmisores de nivel	24
1.5.5	Switches de presión	25
1.5.6	Switch de nivel	26
1.5.7	Válvulas operadas con solenoide	27
1.6	ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL	28

CAPITULO 2

INGENIERÍA DE DETALLE

2.1	DETALLE DE UBICACIÓN E INSTALACION DE INSTRUMENTOS	31
2.1.1	Instalación de manómetros	32
2.1.2	Instalación de transmisores de presión	34
2.1.3	Instalación de switch de presión	36
2.1.4	Transmisor de presión diferencial	38
2.1.5	Switch de nivel	39
2.1.6	Válvulas operadas con solenoide	40
2.2	RUTAS DE BANDEJAS Y CABLES	43
2.3	DETALLE DEL PANEL DE CONTROL Y ARRANCADORES	46
2.4	DETALLES DE TERMINACIONES ELECTRICAS	53
2.5	DIAGRAMAS ESQUEMATICOS DE MOTORES	54
2.6	DIAGRAMAS DE LAZOS DE CONTROL	56
2.7	CONSOLIDACION DE LISTA DE MATERIALES	64

CAPITULO 3

PROGRAMACIÓN DE LA LÓGICA DE CONTROL

3.1	NARRATIVAS DE CONTROL Y DIAGRAMAS DE FLUJO	68
3.6.1	Operación del moto agitador ma-1618	69
3.6.2	Operación de bombas p-1616-a/b	70
3.6.3	Secuencia de filtros de arena y de carbón activo	73
3.6.4	Llenado de tanques t-1604 y t-1605	75
3.6.5	Control de unidad hidro-neumática de agua industrial	77
3.6.6	Control de unidad hidro-neumática de agua potable	80
3.2	DIAGRAMAS LOGICOS DE CONTROL E INTERLOCKS	84

3.3	LISTADO DE ENCLAVAMIENTOS	95
3.4	CARTA CAUSA EFECTO	97
3.5	PROGRAMACION DEL CONTROLADOR	98
3.6	NARRATIVAS DE CONTROL	103
3.6.1	Activación del moto agitador	103
3.6.2	Activación de las bombas de filtración	103
3.6.3	Etapa de filtración y retrolavado	104
3.6.4	Almacenamiento de agua	105
3.6.5	Unidades hidroneumáticas	105

CAPITULO 4

CONSTRUCCIÓN

4.1	CONSTRUCCION DEL PANEL DE CONTROL Y ARRANCADORES	107
4.1.1	Construcción del panel de control	107
4.1.2	Construcción del panel de arrancadores	113
4.2	CALIBRACION DE INSTRUMENTOS	116
4.2.1	Calibración de manómetros	116
4.2.2	Calibración de transmisores de presión	119
4.2.3	Calibración de switches de presión	122
4.3	INSTALACION DE BANDEJAS Y CABLES	124
4.4	MONTAJE DE INSTRUMENTOS	133
4.4.1	Manómetros	133
4.4.2	Transmisores de presión	134
4.4.3	Transmisores de presión diferencial	136
4.4.4	Switches de presión	138
4.4.5	Switches de nivel	140
4.4.6	Válvula solenoide	142

CAPITULO 5

PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD

5.1	PRUEBAS DE ACEPTACION EN FABRICA PARA PANELES	144
5.1.1	Normas y estándares	144
5.1.2	Condiciones para procedimientos FAT	145
5.1.3	Documentos necesarios para la prueba FAT	146
5.1.4	Procedimiento FAT	146
5.1.5	Cuadro de procedimiento FAT	149
5.1.6	Libro de Inspección	150
5.1.7	Planillas de cumplimiento	151
5.1.8	Punch List	151
5.1.9	Certificado FAT	152
5.2	PRUEBAS DE CONTINUIDAD Y AISLAMIENTO	152
5.3	PRUEBAS DE ACEPTACION EN SITIO	154
5.3.1	Condiciones para procedimientos SAT	155
5.3.2	Procedimientos SAT	156
5.3.3	Libro final de inspección sat	157
5.3.3.1	Sat checklist	157
5.3.3.2	Planillas de cumplimiento	157
5.3.3.3	Punchlist	158
5.3.3.4	Certificado SAT	158
5.4	PRUEBAS DE LAZO	158
5.5	PRUEBAS DE INTEGRACION AL SISTEMA PRINCIPAL	160
5.5.1	PROCEDIMIENTO SIT	160
5.5.1.1	Sit checklist	160
5.5.1.2	Punch list	161
5.5.1.3	Certificado SIT	162

CAPITULO 6

ESTUDIO ECONÓMICO

6.1	DESCRIPCION DE COSTOS	163
6.2	DETALLE DEL COSTO DE INVERSION	163
6.3	EGRESOS POR ADQUISICION DE AGUA POTABLE EN ORELLANA	164
6.4	EGRESOS POR ADQUISICION DE AGUA PARA SERVICIOS EN ORELLANA	165
6.5	EGRESOS POR OPERACIÓN MANUAL	165

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1	CONCLUSIONES	167
7.2	RECOMENDACIONES	169

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ANEXO 1.	CALIDAD DE AGUA DESEADA
ANEXO 2.	DIAGRAMA DE PIPING E INSTRUMENTACIÓN (P&ID)
ANEXO 3.	HOJAS DE DATOS DE INSTRUMENTOS
ANEXO 4.	PLANO DE IMPLANTACIÓN GENERAL
ANEXO 5.	PLANO DE UBICACIÓN DE INSTRUMENTOS
ANEXO 6.	ARQUITECTURA DE CONTROL
ANEXO 7.	NORMA API 550. INSTRUMENTACIÓN PARA MEDICIÓN DE PROCESOS
ANEXO 8.	NORMAS NEC

- ANEXO 9. RUTA DE BANDEJAS EN PLANTA DE AGUA X-1602
- ANEXO 10. DIAGRAMA PANEL DE CONTROL CTRL#10
- ANEXO 11. DIAGRAMA PANEL DE ARRANCADORES X-1602
- ANEXO 12. PLANOS DE TERMINACIONES ELÉCTRICAS
- ANEXO 13. DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DE MOTORES
- ANEXO 14. DIAGRAMAS DE LAZO PARA INSTRUMENTOS ANÁLOGOS
- ANEXO 15. DIAGRAMAS DE LAZO PARA ENTRADAS DIGITALES
- ANEXO 16. DIAGRAMAS DE LAZO PARA SALIDAS DIGITALES
- ANEXO 17. CARTA CAUSA-EFECTO
- ANEXO 18. SECUENCIAS DE PROGRAMACIÓN EN CONTROLLOGIX
- ANEXO 19. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN PARA INDICADORES DE PRESIÓN
- ANEXO 20. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN PARA TRANSMISORES DE PRESIÓN
- ANEXO 21. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN PARA SWITCHES DE PRESIÓN
- ANEXO 22. CHEQUEO GENERAL DE INSPECCIÓN
- ANEXO 23. PLANILLAS DE CUMPLIMIENTO PARA PRUEBAS SAT
- ANEXO 24. PUNCH LIST
- ANEXO 25. CERTIFICADO FAT
- ANEXO 26. LISTA DE INSPECCIÓN
- ANEXO 27. PLANILLAS DE PRUEBAS DE LAZO
- ANEXO 28. SAT CHECKLIST
- ANEXO 29. PLANILLAS DE CUMPLIMIENTO
- ANEXO 30. SAT PUNCHLIST
- ANEXO 31. CERTIFICADO SAT
- ANEXO 32. SIT CHECKLIST
- ANEXO 33. SIT PUNCH LIST
- ANEXO 34. CERTIFICADO SIT
- ANEXO 35. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

CAPÍTULO 1

INGENIERÍA CONCEPTUAL Y BÁSICA DEL PROCESO

1.1 INTRODUCCIÓN

El Estado Ecuatoriano mantiene con la empresa PETROBRÁS un contrato de participación para la exploración y explotación hidrocarburífera del bloque 18 y un Convenio de Explotación Unificada del Campo Palo Azul desde el 18 de enero del 2002. Dentro del marco de estos convenios, en el 2005 PETROBRÁS contrata a la constructora Azul para que inicie la ejecución de las actividades relacionadas con el PROYECTO DE INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE LA CPF DE PALO AZUL 40 KBOPD (40 kilo barriles de petróleo por día) BLOQUE 18, CANTÓN SACHA, PROVINCIA DE ORELLANA.

La construcción de la nueva Facilidad Petrolera Central (CPF) tiene como objetivo incrementar la extracción de crudo de 10 KBOPD hasta 40 KBOPD, construyendo para este fin diversas unidades que incluyen sistemas de compresión de aire, sistemas de bombeo, limpieza de ductos, depuradores de gas, etc., y un sistema de tratamiento de agua cruda apto para cubrir con todas las necesidades del nuevo CPF

El diseño de las unidades de la planta de tratamiento de agua, denominada para el proyecto global como Unidad X-1602, deberá responder a dos condiciones fundamentales. La primera, referida a la calidad del agua tratada, que debe alcanzar los parámetros mínimos exigidos por la legislación vigente del Ecuador y las elegidas por procesos y la

segunda, vinculada con los parámetros hidráulicos de operación, debe garantizar el caudal máximo y las presiones máximas y mínimas admisibles. Lo anterior, permitirá certificar la eficiencia del proceso de tratamiento.

1.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN

El agua a tratar (afluente) será proveniente de pozos profundos, la Planta deberá tener la flexibilidad de producir tres tipos de efluentes, el primero con una calidad industrial para enfriamiento, calificado como no potable, destinado a la reposición del sistema de agua de enfriamiento de los equipos de proceso y sellos de bombas que así lo requieran, el segundo, con una clasificación de agua potable para dotar al sistema de distribución de agua de las edificaciones en la cantidad y presión suficientes necesarias para las actividades domésticas del campamento y el tercero de agua industrial destinada a servicios de limpieza varios (Figura 1.1).

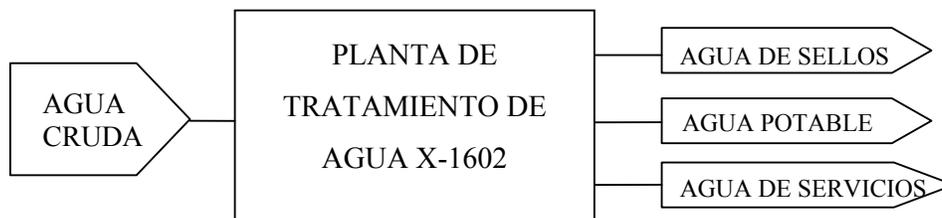


Figura 1. 1 Producción de Aguas en planta de tratamiento

El agua de sellos es el agua no potable que deberá ser “ablandada”. El agua “dura”, con un alto índice de minerales disueltos, específicamente calcio y magnesio, aunque no es contra indicada para la salud, es indeseable en los sistemas de enfriamiento, ya que produce formaciones residuales de cal (óxido de calcio) en tuberías y recipientes de agua, obstruye a la larga su flujo e impide garantizar la vida útil de los sistemas y la seguridad en su funcionamiento.

La unidad X-1602 debe tener una capacidad de procesamiento de agua equivalente a 120 GPM (galones por minuto), con capacidad de filtraje de 100% de respaldo. Debe tener tanques de al menos 4000 Galones cada uno, para suministrar 200 GPM de agua potable en las horas pico y 150 GPM entre agua de servicios y agua de sello de bombas en conjunto. La presión de descarga debe ser de 70 Psig mínimo para ambos casos.

De la capacidad de procesamiento de la Planta, 25 GPM serán tratados para el suministro de Agua Potable del campamento del CPF, el restante se lo empleará para agua de servicios y agua de sello de bombas.

La calidad de agua deseada a la salida, tanto potable como de enfriamiento / sello de bombas, se encuentra en el Anexo 1 “Calidad del Agua Deseada”.

Se debe suministrar con la planta un Panel Local, en el que se debe incluir los arrancadores de las bombas, para el monitoreo y control de las mismas que permita la autonomía de la planta. En el mismo deberán estar anunciadas todas las condiciones de operación y estatus de las unidades que conforman la planta. El Panel local debe tener un PLC Allen Bradley con comunicación ethernet OPC y fibra óptica para enlazarse al sistema central de control. La instrumentación no requiere ser fieldbus ni intrínsecamente segura, la instrumentación será la estándar empleada en una Planta de Tratamiento de Agua Cruda.

El Sistema Eléctrico dentro de La Planta debe proveerse para área NO clasificada servicio externo. La energía disponible es de 480 Vac, trifásica, 60 Hz.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROCESO

La Planta tiene como función tomar agua subterránea proveniente de pozos, tratarla en una primera fase para consumo humano y en una segunda fase para agua de servicio y

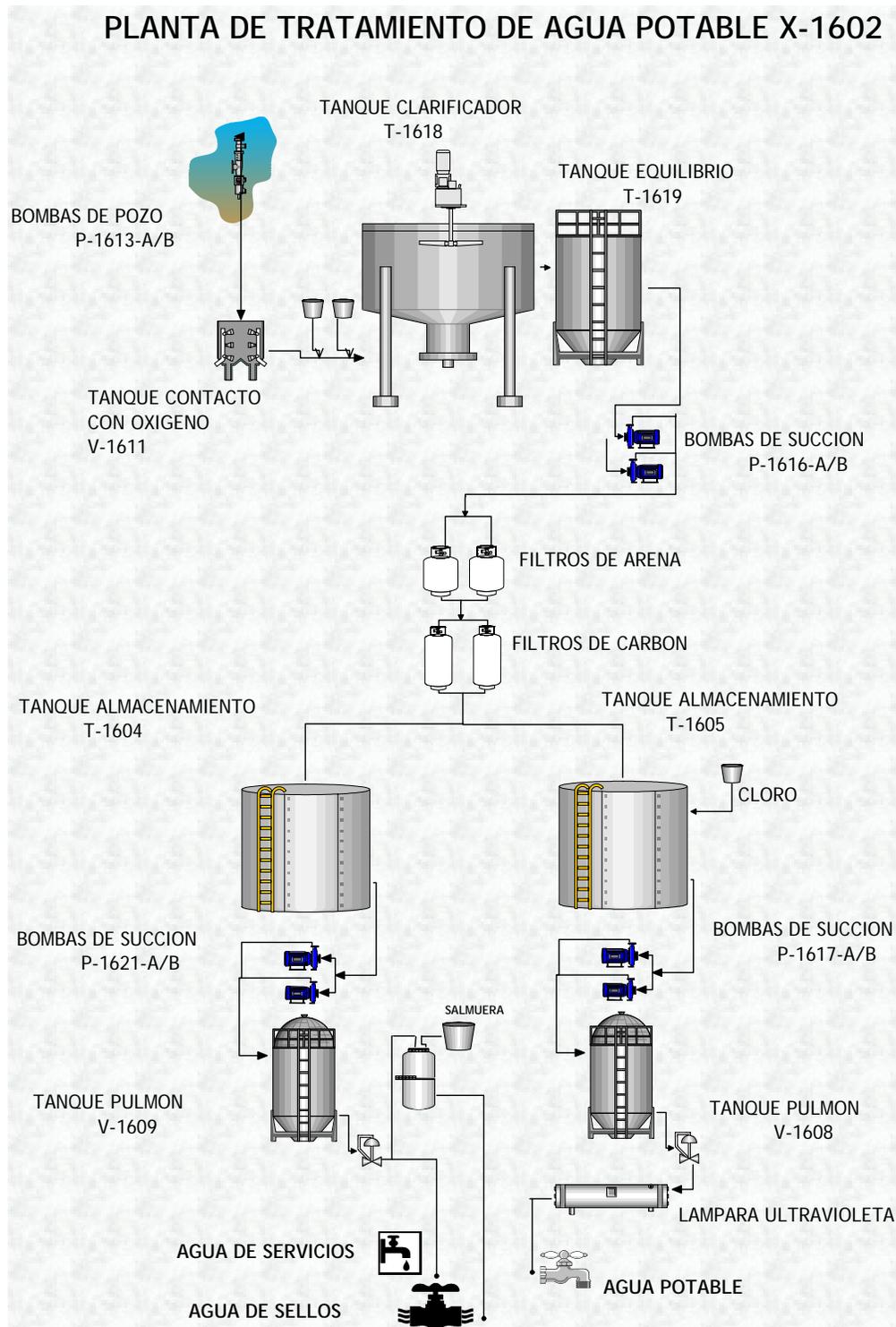
agua de enfriamiento para motores y sellos mecánicos. En la Figura 1.2 se refleja el esquema del procesamiento de agua, desde el inicio en donde ingresa agua cruda, hasta la salida en donde se producen agua potable, agua de servicio y agua para sello de bombas.

Como se observa en el diagrama siguiente el primer paso es la extracción de agua cruda, esto lo logra mediante el uso de bombas (P-1613-A/B) que se sumergen en pozos cavados en las cercanías de la planta de agua. A continuación se instalan mecanismos para que el agua se mezcle con el aire y se oxigene, esto ayuda al siguiente paso que es la floculación y coagulación en donde se logra que los materiales sólidos se aglutinen y decanten en la parte inferior del recipiente (T-1618). Mediante el proceso de clarificación se separan los sólidos decantados y el agua libre de ellos se la almacena aparte para posteriormente bombearla hacia filtros que retendrán las últimas impurezas y micro organismos que le dan mal sabor y olor al agua.

Después de la filtración el agua es almacenada en dos grandes tanques (T-1605 y T-1604), al agua reservada en el primer tanque se la desinfecta con cloro y se la bombea hacia un nuevo tanque que se mantendrá presurizado (V-1608), el agua finalmente pasará por un proceso de radiación ultravioleta antes de ser llevada a los campamentos para su consumo final. El agua almacenada en el segundo tanque también es bombeada hacia otro tanque presurizado (V-1609) cuya salida se divide en agua de servicios y en agua que será ablandada para ser utilizada como agua de enfriamiento.

Para cumplir con todo el proceso, la planta de agua se ha subdividido en varios paquetes o unidades acordes al proceso descrito anteriormente. Las unidades que compondrán la unidad X-1602 serán:

- Unidad de Remoción de Hierro y Manganeseo
- Unidad de Filtrado y Purificación
- Unidades de Almacenamiento
- Unidad de Desinfección con Hipoclorito de cloro



- Unidad Hidroneumática de Agua Potable.
- Unidad de Desinfección final.

- Unidad Hidroneumática de Agua de Enfriamiento y de Servicios.

1.3.1 La Unidad de Remoción de Hierro y Manganeseo

Es el conjunto conformado por:

- Unidad de aireación, compuesto por un tubo venturi y un tanque de contacto de oxígeno (Fig. 1.3).



Figura 1. 3 Tanque de contacto de oxígeno V-1611

El agua cruda pasa a través del tanque de contacto de Oxígeno V-1611 con ingreso simultáneo de agua y aire en micro burbujas al mismo tiempo. El aire ingresa directo a la línea de abastecimiento con la ayuda de un tubo venturi de 1" de diámetro. El aire disperso en micro burbujas realiza un proceso de oxidación en el agua cruda muy eficiente debido a la alta superficie de contacto.

- Bombas dosificadoras de químicos floculantes y coadyuvantes (Fig. 1.4)

Estas bombas inyectan los químicos directamente a la tubería que sale del tanque de contacto de oxígeno V-1611.

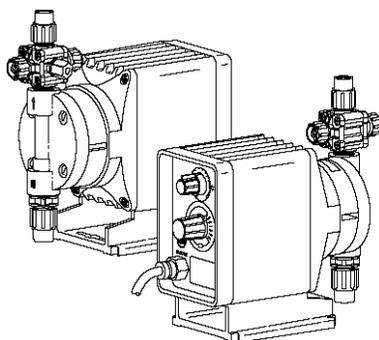


Figura 1. 4 Bombas dosificadoras de químicos P-1637-A y P-1637-B

- Tanque Clarificador y tanque de Equilibrio (Fig. 1.5)

El tanque clarificador es de forma cónica para que todos los sedimentos se acumulen en la parte inferior que serán removidos por los operadores. El rebose de este tanque se conecta al tanque de equilibrio y le transmite el agua con niveles bajos de turbiedad, que posteriormente serán bombeados hacia la unidad de filtrado.

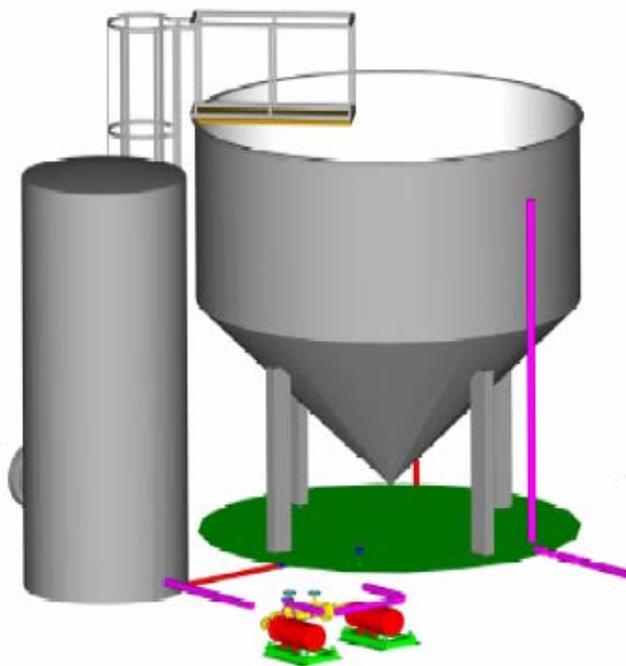


Figura 1. 5 Tanque clarificador T-1618 y Tanque de Equilibrio T-1619

- Instrumentación y control necesario para correcto funcionamiento autónomo de la unidad.
- Válvulas, tubería y elementos de interconexión.

1.3.2 La Unidad de Filtrado y Purificación

Ilustrada en la figura 1.6 es el conjunto conformado por:

- Filtros de arena (recipientes a presión), en donde el agua pasa a través de una capa de arena que retiene las partículas que pudieron haber quedado del anterior proceso.
- Filtros de carbón activado (recipientes a presión), cuyo carbón adsorbe las partículas orgánicas que dan olor y sabor al agua.

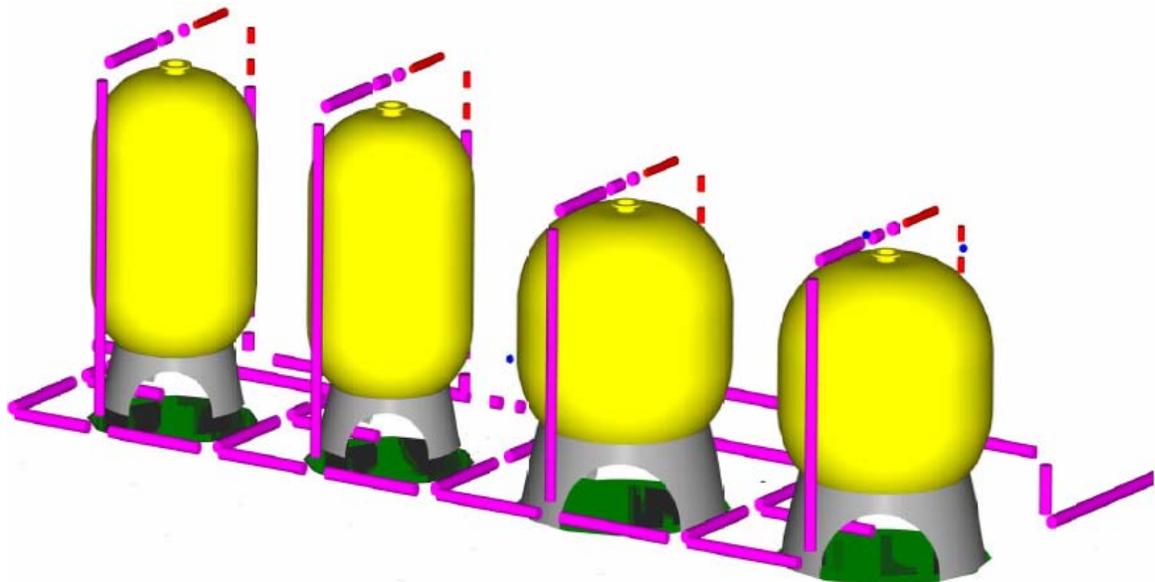


Figura 1. 6 Filtros de arena y de carbón activo FL-1601-A/B y FL-1602-A/B

- Válvulas, tuberías y elementos de conexión.
- Instrumentación y control necesario para correcto funcionamiento autónomo de la unidad.

1.3.3 Las Unidades de almacenamiento

Conformados por (Fig. 1.7):

- Un Tanque de almacenamiento de agua potable
- Un Tanque de almacenamiento de agua de servicios
- Bases metálicas (bastidor o skid). Instrumentación y control necesario para correcto funcionamiento autónomo de la unidad.

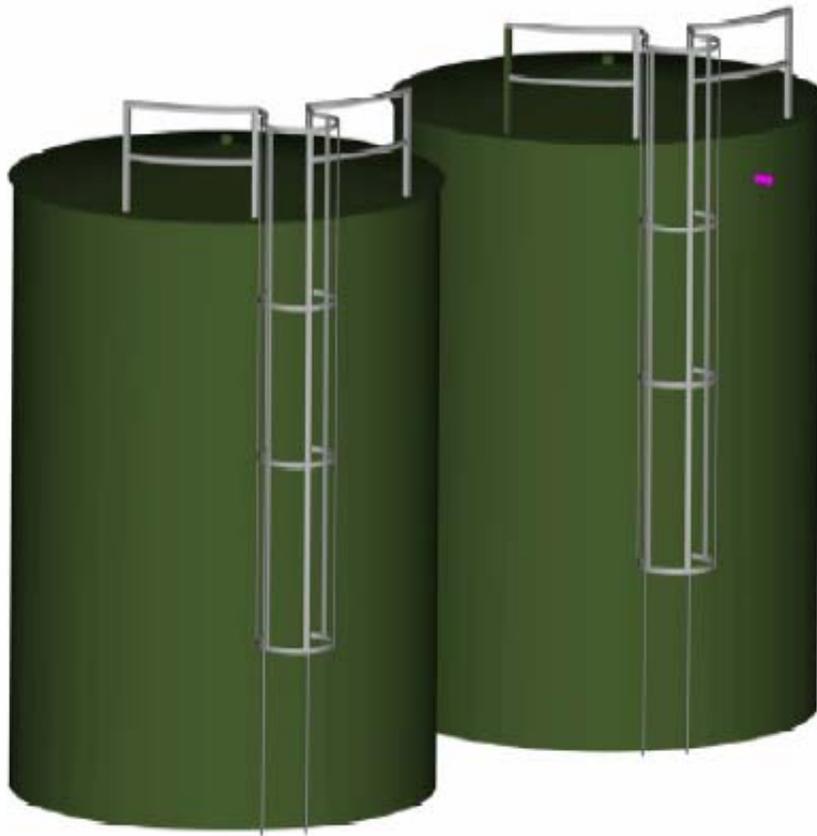


Figura 1. 7 Tanques de Almacenamiento de Agua T-1604 y T-1605

1.3.4 La Unidad de Desinfección es el conjunto conformado por

- Una bomba similar a la bomba dosificadora de químicos floclantes.
- Sensores de cloro y controlador autónomo de dosificación

1.3.5 Las Unidades Hidroneumáticas

Como se observa en la figura 1.8 están compuestas por:

- Tanques Pulmón (recipiente a presión) que mantienen el agua a presión suficiente para que fluya con fuerza suficiente por las tuberías de las instalaciones.
- Bombas de presurización que succionan agua desde los tanques de almacenamiento.
- Instrumentación y control necesario para correcto funcionamiento autónomo de la unidad.
- Válvulas, tubería y elementos de conexión.
- Bases metálicas (bastidor o skid).

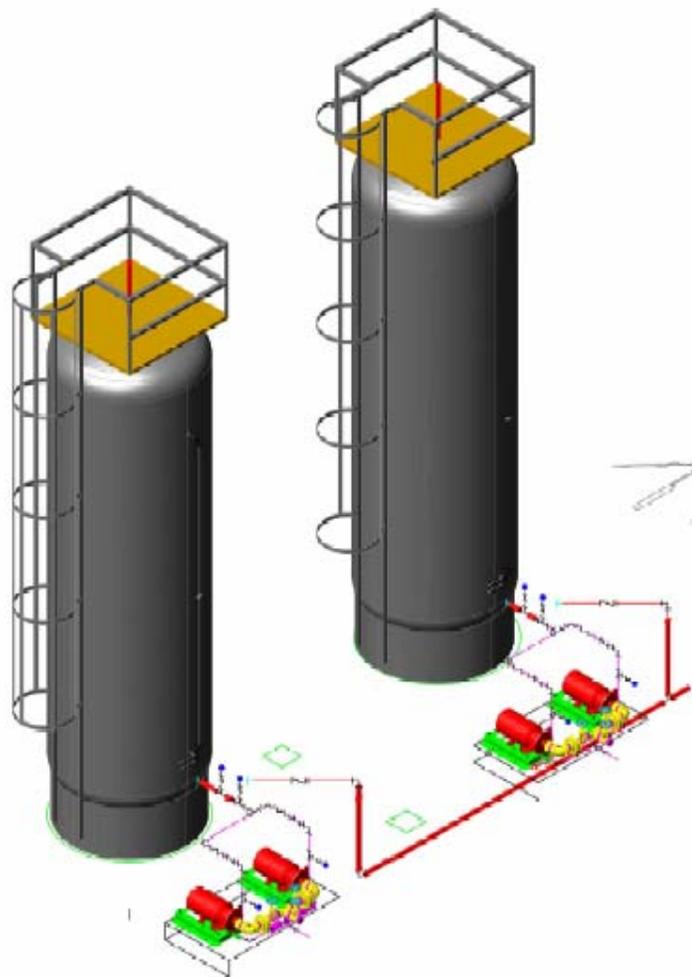


Figura 1. 8 Unidades Hidroneumáticas: Tanques Pulmón y Bombas de presurización

1.3.6 La Unidad de desinfección final

Se compone de:

- Una lámpara de radiación ultravioleta que eliminará las bacterias restantes (Fig. 1.9)
- Un controlador para el funcionamiento autónomo de la unidad.
- Válvulas, tubería y elementos de conexión.
- Bases metálicas (bastidor o skid).



Figura 1. 9 Lámpara de Radiación ultravioleta y controlador

1.4 ELABORACIÓN DEL P&ID Y ANÁLISIS DEL PROCESO

(Véase P&ID en anexo 2)

Para remover el hierro y el manganeso se utilizará un proceso químico: floculación. La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de las sustancias llamadas floculantes, se aglutinan los sólidos en el agua facilitando de esta forma su decantación y posterior remoción. El proceso de floculación es precedido por la coagulación.

Si el agua contiene sólidos en suspensión, la coagulación y floculación pueden utilizarse para eliminar gran parte del material. En la coagulación se agrega una sustancia al agua para provocar una oxidación, mediante una mezcla rápida.

El proceso de floculación que sigue a la coagulación, en una agitación suave y lenta. En la floculación las partículas entran más en contacto recíproco, permitiendo posteriormente su remoción del agua mediante sedimentación y filtración.

Para cumplir con los requerimientos de esta parte del proceso, lo primero que se debe asegurar es que el agua se mezcle con el aire, debido a que el oxígeno es un agente fundamental en la separación de los minerales requeridos, para esto se usa un tubo de efecto venturi, conocido también como tubo venturi (Fig. 1.10).

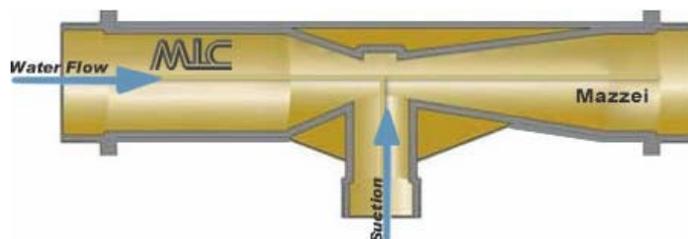


Figura 1. 10 Tubo Venturi

El efecto Venturi (Fig. 1.11) consiste en que la corriente de un fluido dentro de un conducto cerrado disminuye la presión del fluido al aumentar la velocidad cuando pasa por una zona de sección menor. Si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido contenido en este segundo conducto¹.

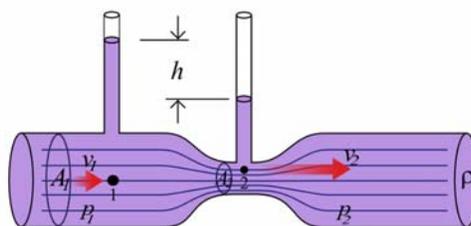


Figura 1. 11 Efecto Venturi

¹ Fuente: Colaboradores de Wikipedia, "Efecto Venturi," Wikipedia, La enciclopedia libre, http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Efecto_Venturi&oldid=10008087

Mediante esta forma, utilizando el tubo Venturi se inyectará aire al agua para que las moléculas se mezclen y sea factible la oxidación. Previo a este dispositivo, se colocará un manómetro (PI-V1611) para que el operador verifique la presión de entrada del agua afluyente que no será mayor a 70 psig.

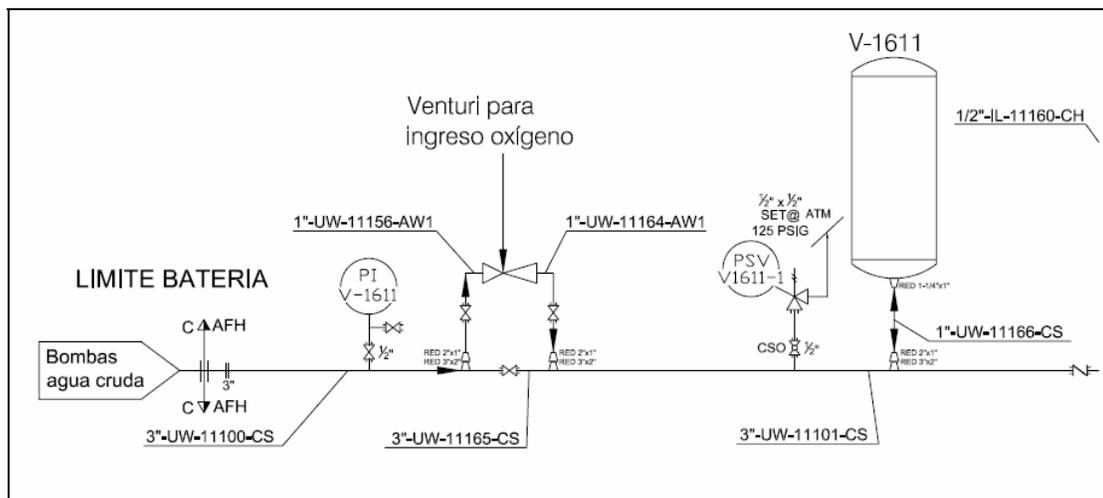


Figura 1. 12 Aireación del sistema

El agua con aire continúan su recorrido a al tanque V-1611 en dónde se intensifica la mezcla mediante turbulencia. Aunque la presión de trabajo es mucho menor que la presión máxima del recipiente, se utiliza una válvula de alivio (PSV-V1611-1) a fin de que descargue agua en caso de sobre presión y así proteger al recipiente de cualquier daño.

En la figura 1.12 se observa el proceso de aireación del sistema, en donde se representa mediante símbolos al manómetro (PI-V1611), al tubo venturi, a la válvula de alivio (PSV-V1611) y tanque de contacto de oxígeno (V-1611).

Una vez que se ha ingresado aire al agua, es necesario inyectar químicos actuadores en la floculación (Fig. 1.13). En la figura se aprecia que las bombas dosificadoras P-1637-A y P-1637-B succionan químicos de dos recipientes y lo descargan en la tubería principal a un caudal constante. Las dosificadoras se encienden bajo la acción de switches

denominados HS-M1637-A y HS-M1637-B ubicados en el panel local de la planta, y bajo la acción de una señal enviada por el sistema de control principal que indica que las bombas P-1613 están succionando agua desde los pozos.

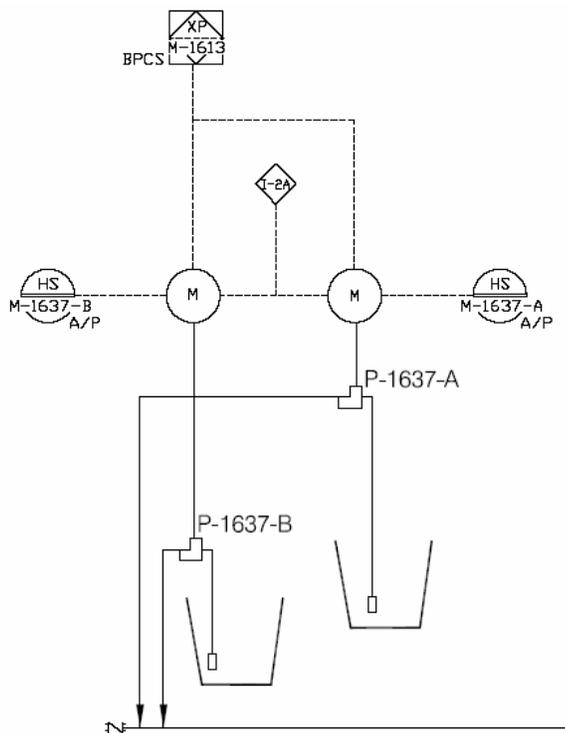


Figura 1. 13 Inyección de químicos en tubería

El líquido con floculante continúa su recorrido al recipiente T-1618. En este recipiente se produce la coagulación y decantación de hierro y magnesio entre otras partículas sólidas.

Para la coagulación el tanque tiene un moto-agitador MA-1618, que funcionará a intervalos para que se pueda producir la floculación.

En la figura 1.14 se puede observar el clarificador con el agitador, dado que las partículas del agua se decantan, el agua con menos sustancias coloidales sale de la parte superior del clarificador que irá al tanque de equilibrio, siguiente punto de revisión.

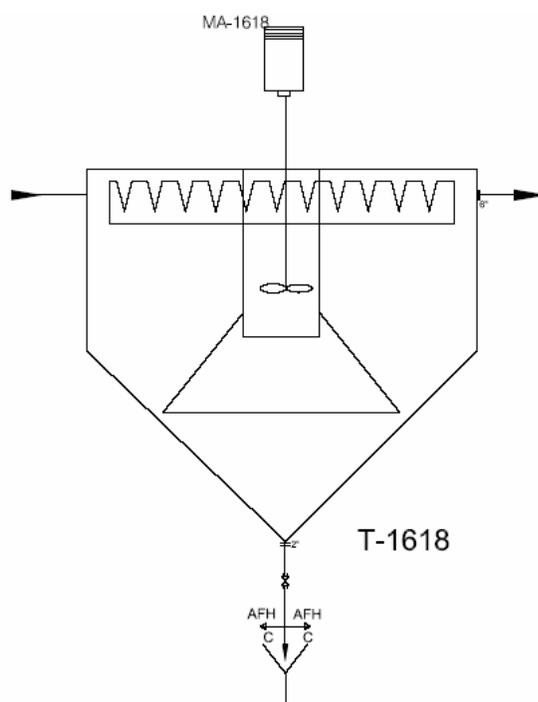


Figura 1. 14 Tanque de Clarificador T-1618 y moto-Agitador

Los flóculos generados en el proceso anteriormente descrito se sedimentan en el fondo del tanque clarificador T-1618. Estos lodos sedimentados serán purgados periódicamente, de manera manual, por el operador. El agua clarificada asciende hacia el canal dentado del tanque clarificador y rebosa hacia el tanque de equilibrio T-1619, con niveles bajos de turbiedad. El agua permanece almacenada como un colchón para la succión posterior de las bombas de filtración.

En la figura 1.15 se observa que en este tanque se encuentra instalado un transmisor de nivel, el LT-T1619-1, para detener el funcionamiento de la bomba de pozo P-1613A cuando el nivel del agua alcanza un máximo permisible. El tanque posee también un interruptor de nivel, el LSSL-T1619-1, el cual protege a las bombas P-1616A/B, para que las mismas no funcionen en seco.

Las bombas P-1616-A o P-1616-B succionan el agua clarificada desde el tanque de equilibrio. Las bombas tienen motores eléctricos de 10 HP y serán alimentadas desde el

panel de arrancadores. En el panel de arrancadoras todos los motores de la planta tienen la opción de trabajo en modo automático o manual comandado por switches. En el modo manual se habilitan push buttons que encienden o apagan los motores.

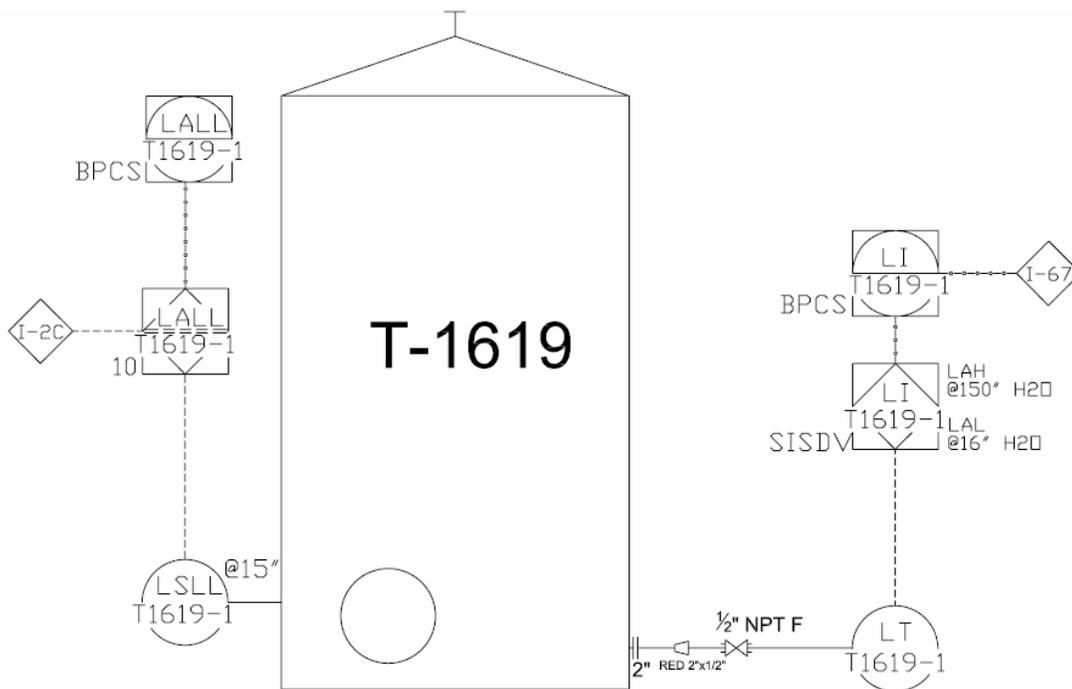


Figura 1. 15 Tanque de Equilibrio T-1619 e instrumentos asociados

En la figura 1.16 se observa la bomba P-1616 –A con el switch de presión PSHH-P1616A-2 en la línea de descarga. Cuando la presión de descarga sobrepasa los 87 psi, este switch envía una señal de alarma (PAHH-P1616A-2) al controlador para que este a su vez apague la bomba hasta volver a los niveles de seguridad. Esta relación de apagado por seguridad entre la alarma de presión PAHH-P1616A-2 generada por el PLC y el motor

está representado por la figura  y se la conoce como interlock 2C. Durante todo el proceso existen diferentes interlocks que serán numerados secuencialmente.

En la figura 1.16 también se observa los interruptores manuales HS-M1616A-B y HS-M1616A-A. El interruptor HS-M1616A-B es un selector de 3 posiciones: local,

apagado y remoto. En la posición de local se habilita el interruptor HS-M1616A-A, éste permite al operador apagar y prender la bomba a conveniencia. En la posición de remoto las bombas se prenden según la lógica de control de forma automática.

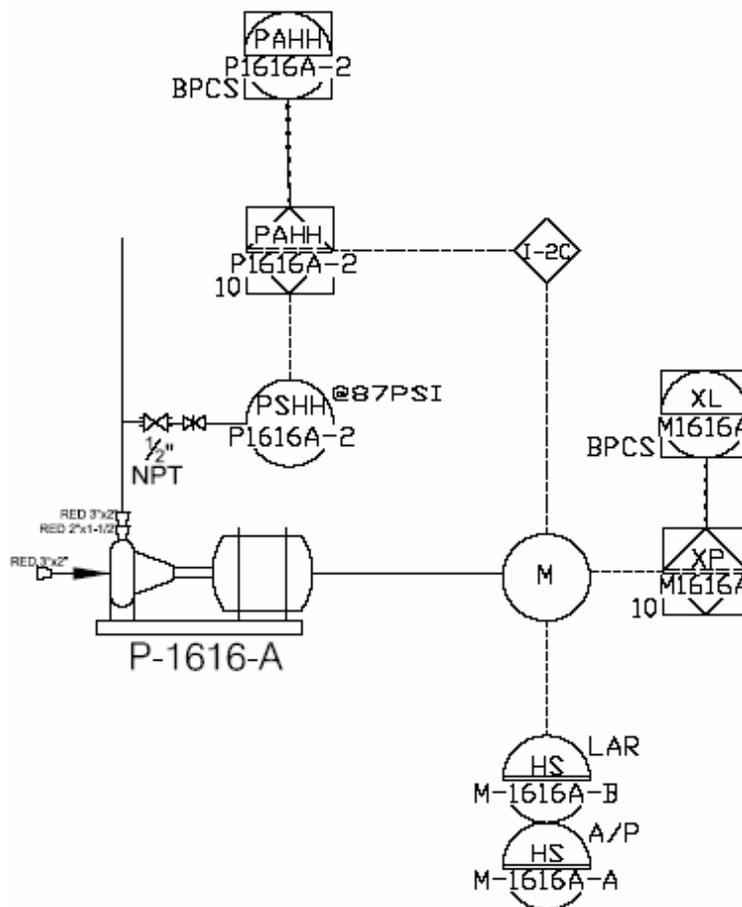


Figura 1. 16 Bomba P-1616-A e Instrumentos asociados

La señal XP-M1616A se envía desde el PLC hacia el sistema de monitoreo central para indicar en qué momento se encienden los motores. Todas las bombas tienen configuraciones similares a las descritas alrededor de la figura 1.16, se debe anotar que la bomba P-1616-B funciona únicamente como respaldo a la bomba P-1616-A y nunca al mismo tiempo.

A la salida de las bombas se pondrán un transmisor de presión y un manómetro (PT-P1616-1 y PI-P1616-2) para que los operadores locales y remotos y puedan observar el estado de la presión antes de ingresar a los filtros de arena.

Los filtros de arena son los elementos más utilizados para filtración de aguas con cargas bajas o medianas de contaminantes, que requieran una retención de partículas de hasta veinte micras de tamaño. Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través de un lecho filtrante de arena. La arena lavada y clasificada según su densidad es usada para la remoción de sedimentos. Es un medio inerte y tiene un largo periodo de vida, siendo muy resistente a la presión o turbulencia, características principales del retrolavado. Una vez que el filtro se haya cargado de impurezas, alcanzando una pérdida de carga prefijada, puede ser regenerado por lavado a contra corriente. La calidad de la filtración depende de varios parámetros, entre otros, la forma del filtro, altura del lecho filtrante, características y granulometría de la masa filtrante, velocidad de filtración, etc.

En la etapa de filtración el agua primero ingresa a uno de los dos filtros de arena FL-1601-A o FL-1601-B. Los dos filtros tienen 5 electro-válvulas que les permite realizar el retrolavado y alternarse.

Para determinar en qué punto se debe comenzar el retrolavado, a cada filtro se lo proveerá de un transmisor de presión diferencial. Al aumentar la sedimentación de partículas sobre el lecho de arena, la presión diferencial entre los puntos de entrada y salida del filtro será más considerable.

A la salida del proceso de filtrado se pondrá un transmisor de presión y un manómetro para fines de operación. Además cada filtro tendrá su propia válvula de seguridad para impedir sobre presiones que dañen el equipo.

La misma lógica ocurre para con los filtros de carbón activo. El carbón activo es muy eficiente en la remoción de contaminantes orgánicos del agua. Las sustancias orgánicas están compuestas comúnmente de dos elementos básicos, carbón e hidrógeno. Debido a que los químicos orgánicos son los responsables de olores y sabores, el carbón activo sirve para mejorar estéticamente al agua.

En este punto, el agua filtrada se dirige a dos tanques atmosféricos, el tanque T-1604 de agua de servicios y el tanque T-1605 de agua potable.

El tanque T-1604 servirá para almacenamiento, mientras que en tanque T-1605 aparte de almacenar se desinfectará el agua mediante cloro.

En el tanque T-1604 se incluye un transmisor de nivel y una electro válvula, para regular el nivel de líquido de agua. En el tanque T-605 también se usa un transmisor de nivel y una electro válvula pero además se incluye un controlador y dosificador de cloro, para potabilizar el agua.

La dosificación de cloro se hará mediante un analizador de cloro residual que determinará en que momento activar la bomba dosificadora.

El agua almacenada en estos recipientes será succionada por bombas que llevaran el agua a las unidades hidroneumáticas de agua de enfriamiento y de agua de servicios y a la unidad hidroneumática de agua potable. Estas bombas (P-1621-A/B y P-1617-A/B) son de 20 HP cada una, alimentadas desde el panel de arrancadores en la planta.

Cada bomba tiene su propio switch de presión para protegerla y a la salida antes del vessel se colocará un transmisor de presión y un manómetro que indicará la presión de descarga de las bombas y del vessel en su conjunto.

Los recipientes V-1608, y V-1609 son tanques cerrados y sometidos a presión gracias a la inyección de agua por las bombas y de un suministro externo de aire para instrumentos. Debido a esto, aparte del transmisor de de presión se incluirá un transmisor de nivel y una válvula solenoide que permitirá el ingreso de aire.

Al igual que todos los recipientes bajo presión existentes en la planta, los vessels V-1608 y V-1609 tienen sus propias válvulas de alivio para resguardar la seguridad de los equipos en caso de sobre presión.

A la salida de el vessel V-1609 se incluirá una válvula autorregula y un manómetro. En este punto se divide en dos efluentes. La primera es agua de servicio lista para el uso y la segunda es agua de sellos que se dirige a una unidad de ablandamiento.

La unidad de ablandamiento V-1612 funciona inyectando salmuera al agua y retirando el calcio existente para formar el agua de los sistemas de enfriamiento.

A la salida del vessel V-1608 (fig.1.17) se usa igualmente una válvula autorregulada cuyo set es 70 psi y un indicador de presión o manómetro previo a la lámpara ultravioleta que eliminará las bacterias restantes.

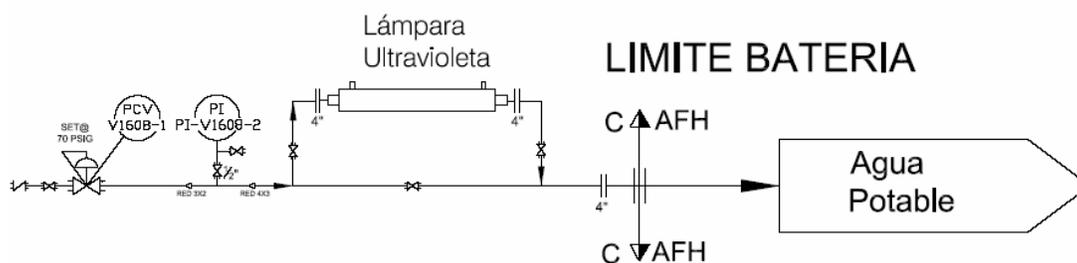


Figura 1. 17 Efluente de vessel V-1608

En el anexo 2 se detalla el diagrama de piping e instrumentación en su totalidad.

1.5 ESPECIFICACIONES Y SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS

Una vez realizados el diagrama de tubería e instrumentos (P&ID) se procede a elaborar las especificaciones generales de instrumentos (EGI). La EGI es un documento texto que requiere como soporte la hoja de datos de instrumentos, en la cual se resumen todas las características de los mismos para satisfacer los requerimientos del proceso. Al confeccionar la hoja de datos y la EGI se puede proceder a la requisición del instrumento, satisfaciendo así, la procura del proyecto. A continuación se procede a detallar las especificaciones generales de instrumentos, agrupados según su tipo. Cada uno de los apartados 1.5.1 hasta 1.5.8 han generado su respectiva hoja de datos que se encuentran adjuntadas en el anexo 3.

1.5.1 Indicadores de presión

Los manómetros (fig. 1.18) deben ser apropiados para ambiente corrosivo, el material del elemento de presión debe ser de acero inoxidable y este debe ser capaz de soportar un sobre rango de 1.3 veces de la presión de operación. Deben suministrarse con los accesorios necesarios para su instalación. Y debe cumplir con las siguientes características:



Figura 1. 18 Manómetro marca ASHCROFT

Indicador de presión para montaje en superficie, carátula de 4 ½” de diámetro, color de la carátula blanco, con caracteres negros, material de la caja de tipo fenol, tipo de anillo a presión, con disco de seguridad en la parte superior, elemento de presión de tipo bourdon, material de acero inoxidable, conexión inferior a proceso de ½” roscada.

Debe incluir una placa de identificación remachada y grabada, en acero inoxidable, el cuerpo del manómetro debe ser a prueba de ambiente corrosivo y debe llenarse con fluido anti-degradante con silicón o glicerina.

El modelo que cumple con todos los requerimientos es el 45 1279 SS 04L 0/200 psi XGL de la marca ASHCROFT, única aprobada por PETROBRÁS para manómetros.

Tabla 1. 1 Listado de manómetros en la planta X-1602

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	LÍNEA	RANGO Y MODELO		
1	PI-V1611-1	LÍNEA DE INGRESO AGUA CRUDA	3"-UW-11100-CS	0 - 200 PSI	45 1279 SS 04L 0/200 psi XGL	ASHCROFT
2	PI-P1616-2	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LAS BOMBAS P-1616 A/B HACIA LOS FILTROS DE AGUA	3"-UW-11111-CS			
3	PI-P1621-3	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LAS BOMBAS P-1621 A/B HACIA LOS EL TANQUE PULMÓN V-1608	3"-DW-11138-CS			
4	PI-V1609-2	LÍNEA DE AGUA DE UTILIDADES	3"-DW-11140-CS			
5	PI-P1617-3	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LAS BOMBAS P-1621 A/B HACIA LOS EL TANQUE PULMÓN V-1608	3"-DW-11151-CS			
6	PI-V1608-2	LÍNEA DE AGUA POTABLE	3"-DW-11152-CS			

1.5.2 Transmisores de presión

Los transmisores de presión deberán tener la función de indicación local (display de cristal líquido) y ser resistente a la lluvia al igual que todos los instrumentos en la planta. El elemento de presión tipo diafragma. El material de las partes en contacto con el fluido debe ser de acero inoxidable. El transmisor debe ser electrónico inteligente con alimentación de 9 a 32 VCD., la transmisión de 4 a 20 mA, la exactitud mínima del

elemento debe ser 0.075% del span o superior, conexión al proceso de ½” de diámetro. Se escogió la marca ABB para todos los transmisores y el modelo que se ajusta a las características y rangos de presión es el 264HSPSBA1 (Fig. 1.19).



Figura 1. 19 Transmisor de presión ABB modelo 264HS

Tabla 1. 2 Listado de transmisores de presión en la planta X-1602

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	LÍNEA	RANGO Y MODELO		
1	PT-P1616-1	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LAS BOMBAS P-1616 A/B HACIA LOS FILTROS DE AGUA	3"-UW-11111-CS	0 - 200 PSI	264HSPSBA1L112N2CI	ABB
2	PT-FL1601-5	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LOS FILTROS FL-1601A/B HACIA LOS FILTROS FL-1602A/B	3"-UW-11120-CS			
3	PT-FL1602-5	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LOS FILTROS FL-1602 A/B HACIA LOS TANQUES T-1604 Y T-1605	3"-DW-11138-CS			
4	PT-V1609-1	PRESIÓN EN PULMÓN DE AGUA DE UTILIDADES V-1609	3"-DW-11140-CS			
5	PT-V1608-1	PRESIÓN PULMÓN DE AGUA POTABLE V-1608	3"-DW-11152-CS			

1.5.3 Transmisores de presión diferencial

Los transmisores de presión diferencial estarán ubicados en los 4 filtros y medirán el aumento de presión a mayor sedimentación causada por las impurezas en el agua.

Los transmisores deberán usar sensores de tipo diafragma, y deben ser adecuados para instalarse en zonas propensas a lluvia a y polvo, la salida será de 4 a 20 mA, la conexión al proceso de ½” de diámetro y de material acero inoxidable. El modelo seleccionado es el 264DSMSSB1A1 de la marca ABB (Fig. 1.20).



Figura 1. 20 Transmisor de presión diferencial ABB264DS

Tabla 1. 3 Listado de transmisores de presión diferencial de la planta X-1602

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	EQUIPO	RANGO Y MODELO		
1	PDT-FL1601A-3	Presión diferencial en filtro de arena	FL-1601-A	0 - 20 PSI	264DSM SSB1A1	ABB
2	PDT-FL1601B-3	Presión diferencial en filtro de arena	FL-1601-B			
3	PDT-FL1602A-3	Presión diferencial en filtro de carbón	FL-1602-A			
4	PDT-FL1602B-3	Presión diferencial en filtro de carbón	FL-1602-B			

1.5.4 Transmisores de nivel

Para determinar el nivel de agua en los tanques se sensorá la presión que ejerce el líquido sobre un punto fijo, para esto se usarán transmisores de presión diferencial similares a los del apartado anterior, de este modo las especificaciones son las mismas al igual que el modelo (264DS).

Tabla 1. 4 Listado de transmisores de nivel de la planta X-1602

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	EQUIPO	RANGO Y MODELO		
1	LT-V1609-1	NIVEL DE AGUA EN PULMÓN DE AGUA UTILIDADES V-1609	V1609	0-160 mm H20	264DSGSSB1A1V1 11111111111111111111	ABB
2	LT-V1608-1	NIVEL DE AGUA EN PULMÓN DE AGUA POTABLE V-1608	V1608			
3	LT-T1604-1	NIVEL EN TANQUE DE AGUA DE UTILIDADES T-1604	T-1604	0-260 mm H20		
4	LT-T1605-1	NIVEL EN TANQUE DE AGUA POTABLE T-1605	T-1605			

1.5.5 Switches de presión

Los switches de presión servirán para proteger a las bombas de succión de agua. Estos instrumentos estarán calibrados para que se activen en el punto de presión máxima permitida y envíen una señal al controlador que apagará las bombas inmediatamente.

La conexión del instrumento al proceso debe ser de ½” roscada, debe tener una alimentación de 24 VDC, el set point y la banda muerta serán ajustables, las conexiones eléctricas también serán de ½” de diámetro hacia las tuberías que contienen cables y el instrumento en general debe ser apto para funcionar bajo condiciones adversas tales como lluvia y polvo.



Figura 1. 21 Switch de Presión Endress Hauser PMP-131

El switch de presión escogido es de la marca Edress Hauser y el modelo es el PMP-131 (Fig. 1.21).

Tabla 1. 5 Listado de Switches de presión en la planta X-1602

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	EQUIPO	SET Y MODELO		
1	PSHH-P1616A-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1616A	P-1616-A	87 PSI	PMP-131	Endress Hauser
2	PSHH-P1616B-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1616B	P-1616-B			
3	PSHH-P1621A-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1621A	P-1621-A	115 PSI		
4	PSHH-P1621B-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1621B	P-1621-B			
5	PSHH-P1617A-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1617A	P-1617-A	110 PSI		
6	PSHH-P1617B-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1617B	P-1617-B			

1.5.6 Switch de nivel

El switch de nivel sensorará el nivel de agua en el tanque de equilibrio T-1619 e indicará a las bombas de succión P-1616 cuando deberán apagarse para que no succionen aire y empiecen a cavitarse.

El detector de nivel de límite será de horquillas en acero anticorrosivo, que vibran a su frecuencia de resonancia. Al introducirse en un líquido esta frecuencia varía y la electrónica activa un interruptor eléctrico.

La conexión al tanque será de ½" de diámetro, y el material en acero inoxidable, alimentación 24VDC, y debe ser de conexión directa al PLC.

El instrumento que cumple con todas estas características es el Endress Hauser FTL-20 (Fig. 1.22).



Figura 1. 22 Switch de nivel FTL-20 de Endress Hauser

Tabla 1. 6 Switch de nivel en la planta X-1602

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	EQUIPO	SET MODELO	MARCA	MODELO
1	LSLL-T1619-1	NIVEL MÍNIMO DE AGUA EN TANQUE T-1619	T-1619	15" H20	Endress Hauser	FTL-20

1.5.7 Válvulas operadas con solenoide

El tipo a usarse serán válvulas de diafragma, el material es de acero inoxidable. El accionamiento será mediante una válvula solenoide de tres vías con un voltaje de operación 120 VAC, actuación normalmente desenergizada,

El cuerpo de la válvula solenoide de acero inoxidable al igual que la válvula de diafragma. La conexión eléctrica de la válvula solenoide será de ½”.

Se escogió una válvula de la marca Osmonics, modelo AQUAMATIC V42 (Fig. 1.23)



Figura 1. 23 Válvula operada por solenoide Aquamatic V42

Tabla 1. 7 Válvulas operadas por solenoide en la planta X-1602

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	EQUIPO	Ø	MODELO	
1	XY-FL1601A-1	INGRESO DE AGUA AL FL-1601-A	FL-1601-A	2"	AquaMatic	V42G
2	XY-FL1601B-1	INGRESO DE AGUA AL FL-1601-A	FL-1601-A	2"		
3	XY-FL1601-4	SALIDA DE AGUA FILTROS DE ARENA	3"-UW-11120-CS	2"		
4	XY-FL1602A-1	INGRESO DE AGUA AL FL-1602-A	FL-1602-A	2"		
5	XY-FL1602B-1	INGRESO DE AGUA AL FL-1602-A	FL-1602-A	2"		
6	XY-FL1602-4	SALIDA DE AGUA FILTROS DE CARBÓN ACTIVO	3"-UW-11128-CS	2"		

7	XY-T1604-2	INGRESO DE AGUA T-1604	T-1604	2"		V42J
8	XY-T1605-2	INGRESO DE AGUA T-1605	T-1605	2"		
9	XY-FL1601A-2	RETROLAVADO DE FL-1601-A	FL-1601-A	3"		
10	XY-FL1601B-2	RETROLAVADO DE FL-1601-B	FL-1601-B	3"		
11	XY-FL1602A-2	RETROLAVADO DE FL-1602-A	FL-1602-A	3"		
12	XY-FL1602B-2	RETROLAVADO DE FL-1602-B	FL-1602-B	3"		
13	XY-V1608-3	INGRESO DE AIRE	V-1608-3	1/2"	ASCO	SC 8210G
14	XY-V1609-3	INGRESO DE AIRE	V-1609-3	1/2"		

En el anexo 4 se muestra el plano de implantación general y en el anexo 5 la ubicación de cada uno de los instrumentos dentro de la planta.

1.6 ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

En la fase de licitación, el cliente requería que la planta de tratamiento de agua X-1602 sea completamente automatizada y autónoma, con facilidad de integrarse a otros sistemas para fines de supervisión. PETROBRÁS demandó como controlador a un PLC de marca Allen Bradley, al que se denominará en adelante como Controlador # 10, nombre que se le adjudicó entre un total de 12 controladores dentro del CPF.

En la figura 1.24 se puede observar la arquitectura de control concebida que contempla dos unidades principales: el panel de control denominado CTRL #10 y el panel de arrancadores X-1602, las dos unidades tienen alimentación eléctrica independiente, la primera desde el UPS (fuente de poder continua a 120 VAC) y la segunda desde el MCC (centro de energía para motores a 480 V).

El Panel de control contiene al PLC, cuyo sistema es modular, compuesto por la fuente de poder, el CPU, una tarjeta para comunicación ethernet, una tarjeta para entradas analógicas, una tarjeta para entradas digitales y dos tarjetas para salidas digitales de contacto seco.

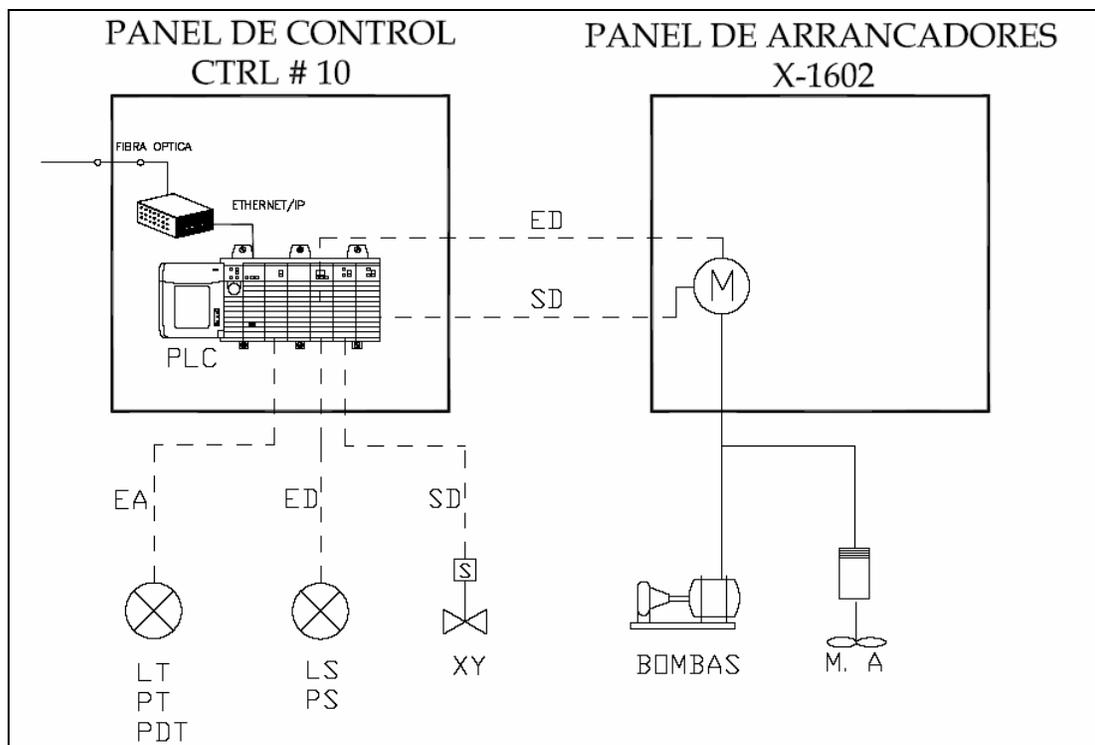


Figura 1. 24 Arquitectura de Control para planta de tratamiento de Agua X-1602

La tarjeta ethernet del controlador enviará los datos hacia un convertidor de medios, contenido en el panel, este convertidor de medios transforma la señal ethernet a señales de fibra óptica y las enviará por este medio a un cuarto de comunicaciones en el edificio administrativo, lugar en donde monitorearán todas las señales y alarmas que se generen en la planta.

Hacia el módulo de entradas analógicas (EA) llegan todas las señales de 4 a 20 mA generadas por los transmisores de presión, presión diferencial y nivel. Los switches de nivel y presión envían la una señal digital (ED) a la tarjeta de entradas digitales. Según las condiciones del proceso, el controlador activa las salidas digitales (SD) que actúan sobre las válvulas solenoides.

En el gráfico también se observa que existen señales eléctricas (ED y SD) que van desde el panel de arrancadores X-1602 al panel de control CTRL#10 y viceversa. Estas

señales sirven para accionar los contactores que dominan la lógica de mando en el arranque de los motores.

En el anexo 6 se detalla la misma arquitectura de control descrita en base a la figura 1.24, pero detallando todos y cada uno de los instrumentos conectados al panel de control, con su respectivo tag y tipo de cable utilizados; así como los equipos conectados al panel de arrancadores y distribución eléctrica.

CAPITULO 2

INGENIERÍA DE DETALLE

2.1 DETALLE DE UBICACIÓN E INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS

Para la realización de los detalles de ubicación e instrumentos se ha tomado como referencia las prácticas recomendadas por el Instituto Americano de Petróleo, específicamente el documento **API RP 550**, *Instrumentación para medición de Procesos*, adjuntado en el anexo 7 de este texto.

En general, se ha tomado en consideración los siguientes puntos para el montaje de instrumentos:

- La distancia entre la fuente y el sensor debe mantenerse al mínimo posible
- Los sensores deben conectarse mediante válvulas para facilitar el reemplazo o mantenimiento de los mismos.
- Los sensores deben estar protegidos de sobre rangos
- Para eliminar errores debido a gas atrapado, al sensar presiones de líquidos, el sensor debe ubicarse bajo la fuente.
- Todos los instrumentos que también son indicadores deben tener un fácil acceso, con la finalidad de que los operadores puedan revisar en campo sus propiedades.
- Los instrumentos más largos o pesados deben apoyarse en soportería independiente, para evitar que el peso produzca rupturas o inflexiones dentro de las instalaciones del proceso.

2.1.1 Instalación de manómetros

Las conexiones de las piezas que van desde el instrumento hasta el proceso se realizan mediante roscas cónicas NPT cuyas siglas en inglés (National Pipe Thread) se refieren a un estándar americano. En la figura 2.1 se observa una rosca NPT hembra y una rosca NPT macho.

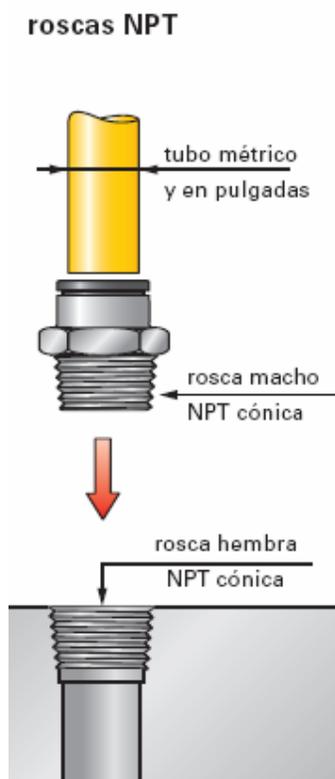


Figura 2. 1 Conexiones de roscas NPT

Ajustándonos a las normas API RP 551 sección 4, todo instrumento debe ser aislado del proceso por una válvula de bloqueo, generalmente de tipo compuerta, este sería el límite de piping. En la figura 2.2 se observa que en la tubería existe una T, en la parte superior un neplo que termina en una válvula delimitando la obra mecánica. Es importante delimitar este punto para que los técnicos en campo sepan desde donde empezar o terminar sus respectivas instalaciones sin alterar el trabajo de otras disciplinas.

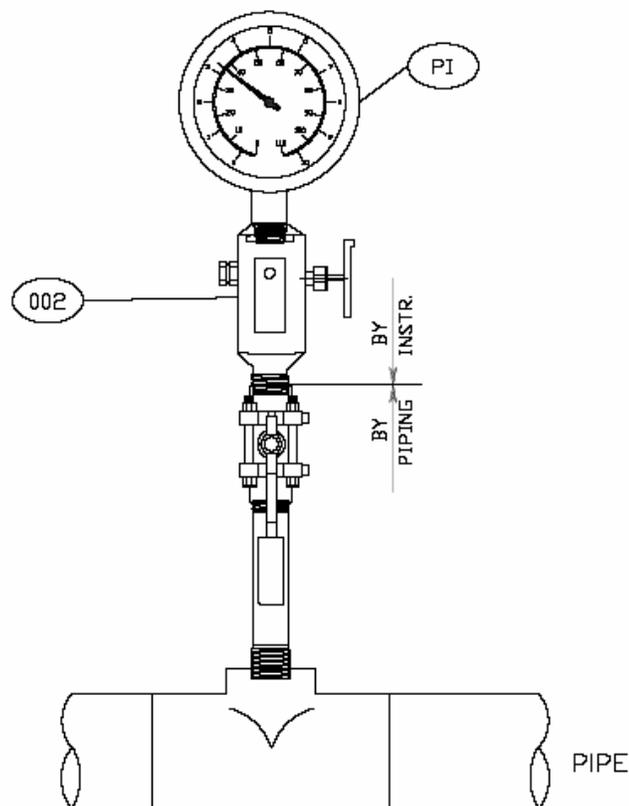


Figura 2. 2 Detalle de instalación de manómetros

Después de la válvula de compuerta se instalará una válvula de aguja con purga, accesorio 002 en la figura 2.2. Esta válvula ofrece la facilidad de aislar el instrumento y de realizar un venteo para despresurizar el instrumento sin riesgo para los operadores.

La válvula de aguja deberá ser en la entrada tipo MNPT (rosca tipo macho) y en la salida tipo FNPT (rosca tipo hembra), así se consigue utilizar menos accesorios ya que el manómetro se conecta directamente a la válvula para sensor el proceso.

En la figura 2.3 se puede observar una ilustración de la válvula de aguja escogida, de marca ANDERSON GREENWOOD modelo M9VKC44C.



Figura 2. 3 Válvula de aguja con purga M9VKC44C de Anderson Greenwood

La siguiente tabla (Tabla 2.1) resume la ubicación de todos los manómetros usados en la planta. Tómese como referencia también el plano general de ubicación de instrumentos en el anexo 5.

Tabla 2. 1 Ubicación de manómetros en planta X-1602

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	LÍNEA
1	PI-V1611-1	LÍNEA DE INGRESO AGUA CRUDA	3"-UW-11100-CS
2	PI-P1616-2	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LAS BOMBAS P-1616 A/B HACIA LOS FILTROS DE AGUA	3"-UW-11111-CS
3	PI-P1621-3	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LAS BOMBAS P-1621 A/B HACIA LOS EL TANQUE PULMÓN V-1608	3"-DW-11138-CS
4	PI-V1609-2	LÍNEA DE AGUA DE UTILIDADES	3"-DW-11140-CS
5	PI-P1617-3	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LAS BOMBAS P-1621 A/B HACIA LOS EL TANQUE PULMÓN V-1608	3"-DW-11151-CS
6	PI-V1608-2	LÍNEA DE AGUA POTABLE	3"-DW-11152-CS

2.1.2 Instalación de transmisores de presión

La conexión de los transmisores de presión al proceso (Fig. 2.4) es la misma utilizada para los manómetros, con la diferencia de que a partir de la válvula de aguja se utiliza un neplo corrido, esto es debido a que el transmisor tiene conexión NPT hembra a la entrada y la válvula de aguja también tiene conexión NPT hembra a la salida.

En la figura el nepló corrido es el accesorio 3. El transmisor de presión tiene otra conexión de $\frac{1}{2}$ "FNPT que sirve para poner un conector para cable. Este conector tipo macho (accesorio 1 en la figura 2.4) se inserta en el instrumento por un lado y por el otro abraza al cable (accesorio 2) que llevará la señal eléctrica al panel de control.

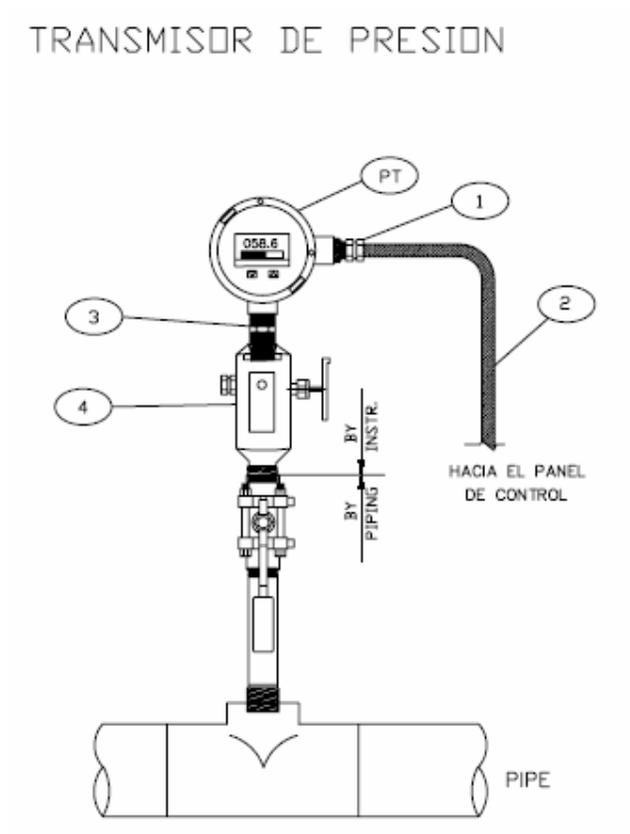


Figura 2. 4 Detalle de Instalación de Transmisores de Presión.

Se ha escogido un conector CGB de la marca Croase Hinds para que cumpla la función del accesorio 1 en el detalle de instalación de transmisores de presión. En la figura 2.5 se aprecia el conector en su totalidad y desensamblado en sus 3 partes, el cuerpo principal que es roscado, un bushing de neopreno y la tuerca que recubre al bushing. Estos tres elementos hacen que el conector proteja la interconexión entre el cable y el instrumento, evitando el ingreso de agua y de polvo.



Figura 2. 5 Conector CGB Crouse Hinds

El tipo de cable que se usará es un par blindado de diámetro 16 AWG (American Wire Gauge o Calibre Americano de cables) de la marca Arrayan. El cable es apropiado para instalaciones al aire libre, recubiertos con material resistente al sol, lluvia e hidrocarburos, no propagante de incendios.

La siguiente tabla (tabla 2.2) resume la ubicación de todos los transmisores de presión usados en la planta. Tómese como referencia también el plano general de ubicación de instrumentos en el anexo 5.

Tabla 2. 2 Transmisores de presión

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	LÍNEA
1	PT-P1616-1	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LAS BOMBAS P-1616 A/B HACIA LOS FILTROS DE AGUA	3"-UW-11111-CS
2	PT-FL1601-5	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LOS FILTROS FL-1601A/B HACIA LOS FILTROS FL-1602A/B	3"-UW-11120-CS
3	PT-FL1602-5	PRESIÓN EN LÍNEA DESDE LOS FILTROS FL-1602 A/B HACIA LOS TANQUES T-1604 Y T-1605	3"-DW-11138-CS
4	PT-V1609-1	PRESIÓN EN PULMÓN DE AGUA DE UTILIDADES V-1609	3"-DW-11140-CS
5	PT-V1608-1	PRESIÓN PULMÓN DE AGUA POTABLE V-1608	3"-DW-11152-CS

2.1.3 Instalación de switch de presión

El switch de presión, al medir la misma variable de proceso que un transmisor de presión, tiene la misma configuración de instalación que éste último. La única diferencia radica en que el cable que lleva las señales al controlador deja de ser un par blindado para convertirse en una triada blindada. Esto se debe a que las conexiones eléctricas del switch exigen dos cables para la alimentación y uno para la señal de respuesta.

SWITCH DE PRESION

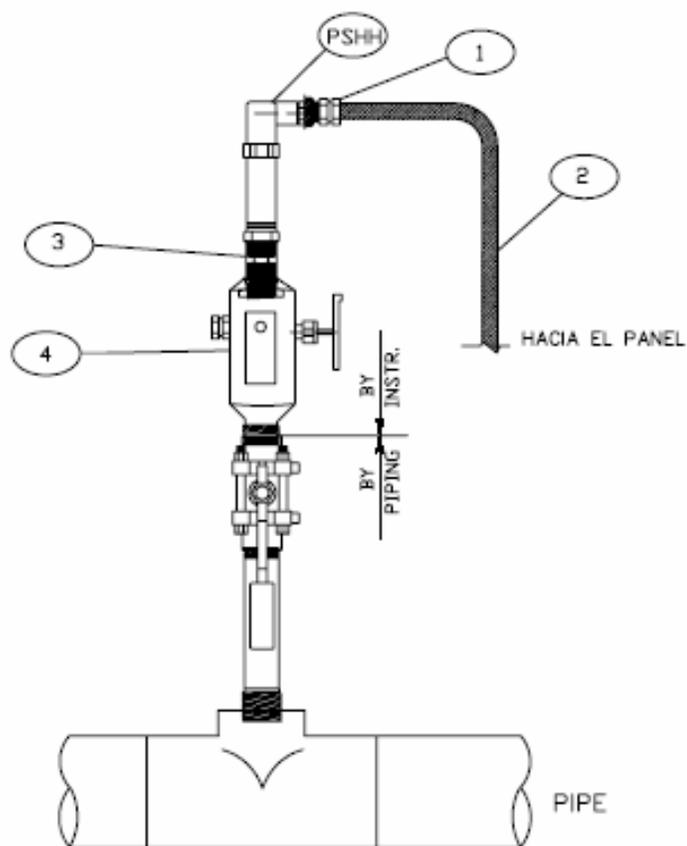


Figura 2. 6 Montaje de Switch de presión

La siguiente tabla (Tabla 2.3) resume la ubicación de todos los transmisores de presión usados en la planta. Tómese como referencia también el plano general de ubicación de instrumentos en el anexo 5.

Tabla 2. 3 Ubicación de switches de presión en planta X-1602

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	EQUIPO
1	PSHH-P1616A-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1616A	P-1616-A
2	PSHH-P1616B-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1616B	P-1616-B
3	PSHH-P1621A-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1621A	P-1621-A
4	PSHH-P1621B-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1621B	P-1621-B
5	PSHH-P1617A-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1617A	P-1617-A
6	PSHH-P1617B-2	PRESIÓN MÁXIMA EN BOMBA P-1617B	P-1617-B

2.1.4 Transmisor de presión diferencial

Los transmisores de presión diferencial medirán la caída de presión en los filtros de arena y de carbón activado. En estos recipientes la presión en la entrada es diferente a la presión de salida, este parámetro nos permitirá averiguar el nivel de sedimentación existente en el filtro.

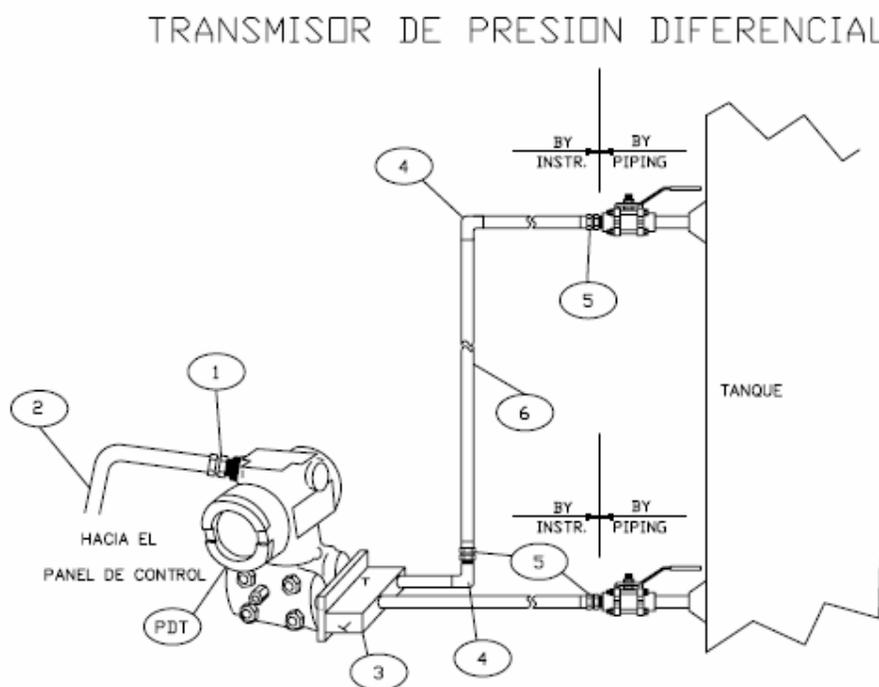


Figura 2.7 Detalle de instalación de Transmisores de presión diferencial

Para que el transmisor sense la diferencia de presión, se lo debe conectar en dos puntos del proceso en donde la presión sea distinta. En estos dos puntos se encuentran las válvulas de aislamiento que delimitan el inicio de la obra de instrumentación. En la figura 2.7 se observa el montaje de los transmisores de presión diferencial. El accesorio 5 en la figura es la unión universal que conecta a la tubería y a los codos hasta una válvula manifold (accesorio 3).

La válvula manifold cumple una función muy similar a las válvulas de aguja que describimos en el montaje de los transmisores de presión, ésta sin embargo se adapta a las dos entradas que tiene el transmisor de presión, permitiendo el aislamiento de una entrada por separado o las dos al mismo tiempo, también permite despresurizar el instrumento una vez aislado o recalibrarlo in situ.

La conexión eléctrica de el transmisor contempla la misma configuración que los anteriores transmisores, un conector CGB de marca Crouse Hinds (accesorio 1 en figura 2.7) y el cable apantallado de un par AWG 16 (accesorio 2) que lleva la señal hasta el controlador.

La siguiente tabla (Tabla 2.4) resume la ubicación de todos los transmisores de presión diferencial usados en la planta. Tómese como referencia también el plano general de ubicación de instrumentos en el anexo 5.

Tabla 2. 4 Transmisores de Presión Diferencial en planta de agua X-1602

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	EQUIPO	RANGO Y MODELO		
1	PDT-FL1601A-3	Presión diferencial en filtro de arena	FL-1601-A	0 - 20 PSI	264DSM	SSBIAI ABB
2	PDT-FL1601B-3	Presión diferencial en filtro de arena	FL-1601-B			
3	PDT-FL1602A-3	Presión diferencial en filtro de carbón	FL-1602-A			
4	PDT-FL1602B-3	Presión diferencial en filtro de carbón	FL-1602-B			

2.1.5 Switch de nivel

En la figura 2.8 se ilustra la instalación del switch de nivel en el tanque de equilibrio.

Dado que el switch de nivel emite la señal de activación cuando deja sentir agua entre sus paletas, se lo debe ubicar a la altura del tanque en el que deseamos la señal. En este caso necesitamos que las bombas de succión P-1616 dejen de trabajar cuando el nivel del tanque de agua descienda hasta 16" de agua, por esta razón al switch se lo ubica a esa altura.

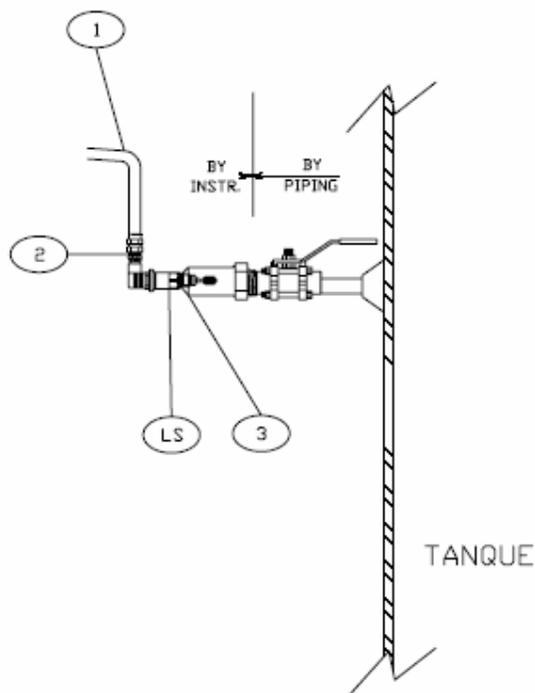


Figura 2. 8 Instalación del Switch de nivel en tanque de equilibrio T-1619

Al igual que todos los instrumentos se ha provisto de una válvula entre el sensor y el tanque para facilitar el mantenimiento del instrumento. El accesorio 3 en la figura 2.8 es un nepló que recubre las paletas del switch y lo interconecta hacia la válvula.

La conexión eléctrica del switch de nivel es muy similar a la conexión de los switches de presión; consiste en un conector CGB (accesorio 2 en la figura 2.8) que conecta el cable de tres conductores (accesorio 1) hacia el instrumento. Este cable de 3 conductores usa 2 para alimentación y 1 para el retorno de la señal.

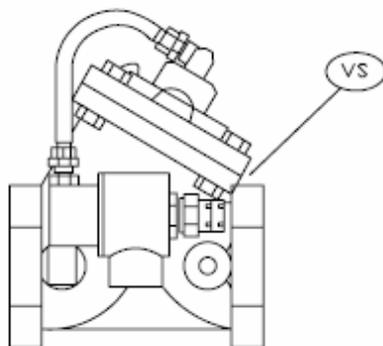
2.1.6 Válvulas operadas con solenoide

Las válvulas solenoides son unos de los principales actuadores de la planta, se encargan de dirigir el flujo de agua hacia o desde los tanques mediante las tuberías a las que se interconectan.

Para efectivizar la operación de estas válvulas es necesario proveerlas de alimentación eléctrica. El controlador se encargará de emitir las señales que activen las válvulas. De esta forma una vez que las válvulas se encuentren instaladas de acuerdo al diagrama de tubería e instrumentación (P&ID) referido en el capítulo anterior es necesario agregarle los accesorios mostrados en el detalle de la figura 2.9

VALVULA OPERADA CON SOLENOIDE

DETALLE 1



DETALLE 2

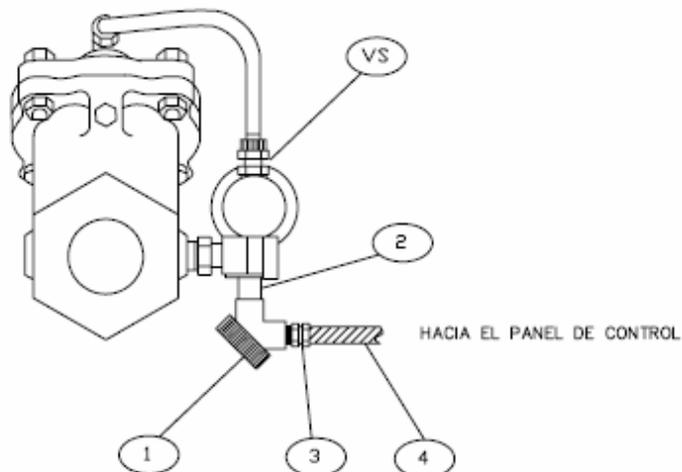
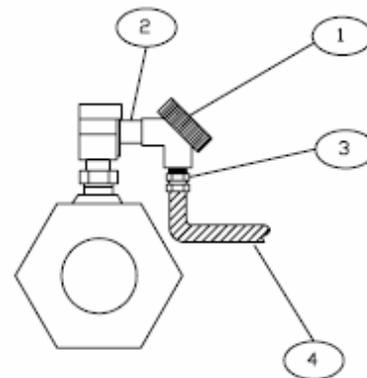


Figura 2. 9 Válvulas operadas con solenoide en la planta X-1602

El accesorio 2 es un neplo, se conecta directamente a la rosca npt hembra del solenoide y recubre los dos conductores de la misma. El accesorio 1 es un codo tipo conduleta, esto es, tiene una tapa roscada en la intersección que permite realizar el conexionado entre los cables de la solenoide y los cables que traen la energía eléctrica desde el panel de control, este tipo de accesorios facilitan la instalación y mantenimiento eléctrico.

El accesorio 3 es el mismo conector CGB de ½ " que conecta al codo con el cable de dos conductores (accesorio 4), proveyéndole sujeción y permeabilidad.

La siguiente tabla (Tabla 2.5) resume la ubicación de todas las válvulas solenoides usadas en la planta. Tómese como referencia también el plano general de ubicación de instrumentos en el anexo 5.

Tabla 2.5 Válvulas solenoides en la planta X-1602

ITEM	TAG	SERVICIO O DESCRIPCIÓN	EQUIPO	Ø	MODELO	
1	XY-FL1601A-1	INGRESO DE AGUA AL FL-1601-A	FL-1601-A	2"	AquaMatic	V42G
2	XY-FL1601B-1	INGRESO DE AGUA AL FL-1601-A	FL-1601-A	2"		
3	XY-FL1601-4	SALIDA DE AGUA FILTROS DE ARENA	3"-UW-11120-CS	2"		
4	XY-FL1602A-1	INGRESO DE AGUA AL FL-1602-A	FL-1602-A	2"		
5	XY-FL1602B-1	INGRESO DE AGUA AL FL-1602-A	FL-1602-A	2"		
6	XY-FL1602-4	SALIDA DE AGUA FILTROS DE CARBÓN ACTIVO	3"-UW-11128-CS	2"		
7	XY-T1604-2	INGRESO DE AGUA T-1604	T-1604	2"		
8	XY-T1605-2	INGRESO DE AGUA T-1605	T-1605	2"		
9	XY-FL1601A-2	RETROLAVADO DE FL-1601-A	FL-1601-A	3"	V42J	
10	XY-FL1601B-2	RETROLAVADO DE FL-1601-B	FL-1601-B	3"		
11	XY-FL1602A-2	RETROLAVADO DE FL-1602-A	FL-1602-A	3"		
12	XY-FL1602B-2	RETROLAVADO DE FL-1602-B	FL-1602-B	3"		
13	XY-V1608-3	INGRESO DE AIRE	V-1608-3	½"	ASCO	SC 8210
14	XY-V1609-3	INGRESO DE AIRE	V-1609-3	½"		

2.2 RUTAS DE BANDEJAS Y CABLES

Para diseñar el detalle de la construcción correspondiente a esta sección nos hemos referido a las siguientes normas adjuntas en el anexo 8 de este texto:

- NEC 392.- Cubre las especificaciones de instalación de sistemas de bandejas.
- NEC 727.- Cubre las especificaciones de instalación para cables de instrumentación en bandeja, aplicados a circuitos de instrumentación y control que operan a un máximo de 150 Voltios y 5 amperios.
- NEC 336.- Cubre las especificaciones de instalación para cables de potencia y control en bandeja que operan a un máximo de 600 Voltios y 30 Amperios

Un sistema de bandejas para cables es una unidad o ensamble de unidades o secciones y accesorios asociados que forman un sistema estructural usado para sujetar o soportar cables.

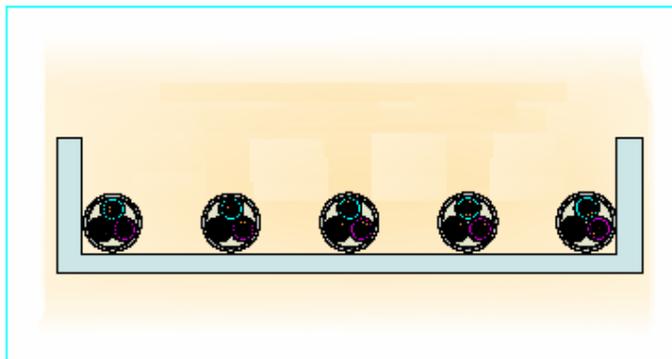


Figura 2. 10 Sección de transversal de bandeja y cables contenidos en ella

El tipo de bandeja a usar será un ducto de forma rectangular de 4" de ancho por 2" de alto, suficiente para contener el conjunto de cables respectivos. En la figura 2.10 se muestra un corte transversal de una bandeja conteniendo 5 triadas de cables.

El objetivo del sistemas de bandejas es llevar los cables desde el panel de control CTRL #10 hacia los instrumentos y válvulas solenoides; y desde el panel de potencia X-1602 hacia los motores de las bombas, del agitador y la lámpara ultravioleta. De esta forma se ha dividido la distribución de conductores en dos grupos, conformados según sus características descritas en las normas NEC 727 y 336 a las que se ha referido al inicio de este apartado:

- El primer grupo lo conforman los cables de instrumentación y control, esto abarca a los cables que conectan a los transmisores y switches operados a 24 voltios; y a las válvulas solenoides operadas a 120 V hacia el panel de control CTRL # 10.
- El segundo grupo lo conforman los cables de potencia, esto abarca a los conductores que conectan los motores de las bombas de succión y el moto agitador operados a 480 V, los motores de las bombas dosificadoras, la lámpara ultravioleta y el dosificador de cloro operados a 120 V hacia el panel de distribución eléctrica X-1602.

Para elaborar el plano de la ruta de los dos conjuntos de bandejas, es necesario primero basarse en el plano general de ubicación de instrumentos que se encuentra en el anexo 5 de este texto, este plano nos permitirá tener una visión general de los puntos de mayor concentración de elementos para optimizar el sistema de bandejas.

En el anexo 9 se observa una vista superior de la planta de agua con la ruta escogida para las bandejas. El diagrama ilustra la ubicación de todos los tanques, bombas y demás equipos de la planta con los respectivos nombres que se les ha asignado y de los cuales se ha hablado en el capítulo 1. También ilustra la ubicación de los cortes transversales que se le ha hecho a las dos bandejas, nominados desde la letra A hasta la letra J. Estos cortes sirven para tener una mejor apreciación del arreglo de las bandejas referidas a su altitud.

En la leyenda del plano se tiene la sección vistas de bandejas relacionada a los cortes transversales referidos en el párrafo anterior. Por ejemplo el corte A muestra dos bandejas, una junto a la otra a una elevación de 55 cm. Como describimos anteriormente la una bandeja lleva los cables de control a la parte inferior del panel CTRL# 10 y la otra bandeja lleva los cables de potencia a la parte inferior del panel X-1602. Los tramos de bandejas vistos desde el corte A son los únicos que se encuentran a 55 cm. del suelo dado que llevan todos los cables hacia las conexiones terminales en los paneles. El resto de tramos de bandejas se encuentran por sobre los 3 m como se observa en el resto de vistas (B hasta la J), las normas recomiendan que las bandejas sean ubicadas arriba de los equipos para proteger los cables y permitir operabilidad en la planta.

Como se observa en los cortes, exceptuando el primero, la bandeja de control está una altura superior de la bandeja de potencia, según las normas NEC la distancia entre bandeja y bandeja debe ser superior a 30 cm., para el diseño se ha escogido 40 cm. La bandeja de control se eleva hasta los 3.55 m y la bandeja de potencia hasta los 3.15 m.

En el plano se observa dos tramos de bandejas en la sección de los cortes A y B, una junto a la otra; en la sección de los cortes C, D y E solo se observa una bandeja, sin embargo de acuerdo a las vistas de las bandejas se observan que la bandeja de control está sobre la bandeja de potencia.

Para distinguir en los cortes el tipo de bandeja ilustrada se ha utilizado el sistema de numeración de bandejas que se encuentra en la sección inferior derecha del plano. Este sistema de numeración clasifica la bandeja de acuerdo a su locación, tipo de canalización y servicio, en este caso para la planta de tratamiento de agua la ubicación sería en el CPF, el tipo de canalización es bandeja y el servicio se divide en dos tipos: Instrumentación y control y 120/480 V.

2.3 DETALLE DEL PANEL DE CONTROL Y ARRANCADORES

En la arquitectura del sistema de control de la Planta de Tratamiento de Agua X-1602 se definió que existirán dos paneles principales, el primero albergará todos los componentes correspondientes a sistema de instrumentación y control y se lo llamará CTRL#10; el segundo contendrá el sistema de arranque para las bombas y distribución de poder y se lo llamará X-1602.

Estos compartimientos estarán ubicados en un ambiente exterior, en donde soportarán fuertes exposiciones a lluvias y polvo, de esta forma es necesario que los paneles tengan certificación NEMA 4 X, esto es, que sean resistentes al agua y a la corrosión. En el país no existen paneles de fabricación nacional que estén certificados, requerimiento esencial del cliente, por lo que se debe acudir a compartimientos de fabricación extranjera. La marca escogida para los paneles es HOFFMAN y el modelo es el A48H3612SS6LP, panel de 48" de alto, 36" de ancho y 12" de profundidad, dimensiones suficientes para abarcar todos los elementos necesarios.

En el anexo 10 se observa el primer plano con las características del panel Hoffman, sus dimensiones y la ubicación de 36 orificios de ½" de diámetro, por donde se insertarán los cables que vienen de cada instrumento hacia el panel CTRL#10 de instrumentación y control.

El anexo 10 también muestra un segundo plano con todos los elementos incluidos en el panel de control e instrumentación CTRL#10, cada uno de ellos está numerado desde la letra A hasta la J y en la leyenda se encuentra la referencia a estas letras para explicar sus características. La leyenda también contiene una tabla con todos los materiales a usar en el panel.

En el plano, la letra A hace alusión al panel Hoffman del que se habló en los apartados anteriores. El elemento bajo la letra B es un breaker de 6 A; está conectado en su

entrada al cable que viene desde el UPS (abreviatura de fuente de alimentación ininterrumpida en inglés) ubicado en la sala de control, y en su salida a la distribución eléctrica del panel. Este breaker (Fig. 2.11) es la primera protección de todo el circuito eléctrico interno, en caso de que la corriente sobre pase los 6A el breaker se cerrará y evitará daños en los equipos.



Figura 2. 11 Breaker monopolar 6A SIEMENS 5SX1

En la parte superior izquierda del panel están ubicadas las fuentes de poder denominadas con la letra C. Estas fuentes de poder reciben alimentación de 120 V y entregan un voltaje de 24V y un máximo de 10 A, servirá para proveer voltaje al PLC, y a los instrumentos. La marca es SOLA y el modelo es SDN-10-24-100 P (fig. 2.12).



Figura 2. 12 Fuente de poder SOLA SDN

Cómo se observa en el plano existen dos fuentes de poder iguales junto a otro módulo denominado bajo la letra D, este último es un módulo de redundancia dual externo

y sirve para controlar fallos de las fuentes, de esta forma si una de las dos fuentes presenta algún defecto, el módulo pone a funcionar la otra fuente garantizando la provisión de energía al PLC y a los instrumentos. El módulo de redundancia también acciona una salida digital en caso de fallo, que se conecta al PLC, esta señal avisa al cuarto de control acerca de este error para que el operador realice el cambio o reparación de la fuente. En la figura 2.13 se observa el conexionado entre las dos fuentes y el módulo de redundancia para la operación efectiva las mismas.

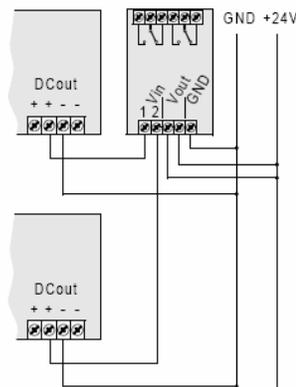


Figura 2. 13 Funcionamiento en redundancia mediante módulo de redundancia dual externo

A la derecha de las fuentes de poder se encuentra ubicado el Controlador Lógico Programable (PLC), numerado como ítem E. Tal como se comentó en el capítulo 1, el sistema escogido es un controlador ControlLogix de la marca Allen Bradley. El sistema ControlLogix consiste en un controlador autónomo y módulos de E/S en un solo chasis.

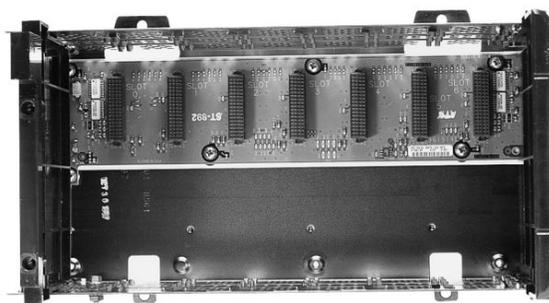


Figura 2. 14 Chasis modelo 1756 A-7 para ControlLogix

En la figura 2.14 se muestra el chasis del PLC, provisto de una placa madre con 7 ranuras de expansión. Estas ranuras sirven para conectar los módulos que conformarán todo el sistema de control. En la figura 2.15 se observa el arreglo de los módulos dentro del chasis junto a la fuente de poder del sistema controlador.

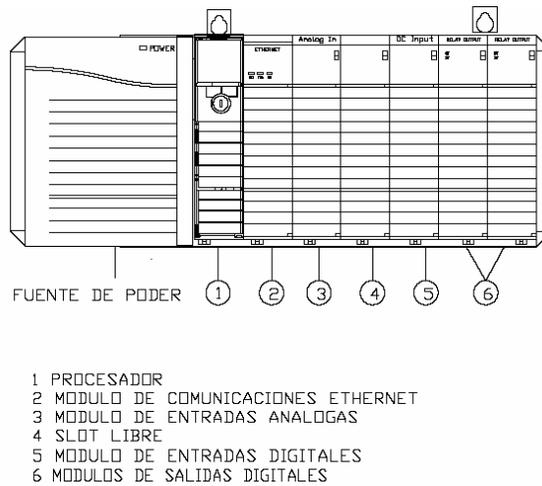


Figura 2. 15 Sistema de control ControlLogix

El siguiente equipo dentro del panel de control es un convertidor de medios (letra F en el plano). Se conecta al módulo de comunicaciones ethernet del PLC por un lado y por otro a la fibra óptica. Este convertidor (fig. 2.16) está diseñado para permitir la comunicación de equipos ethernet con una infraestructura de fibra óptica.



Figura 2. 16 Convertidor de medios entre Fibra óptica y Ethernet

Para preservar la integridad de la fibra óptica se ha escogido utilizar una caja de empalme conocido como “patch panel” (figura G en el plano). De esta forma el cable de fibra que viene desde el cuarto de control se conecta a esta caja, en donde se conecta a un segundo cable que es el que sufre las manipulaciones de mantenimiento en caso de dañarse el convertidor de medios.

En el plano también se observan 5 bloques de terminales denominados con las letras H hasta L conformados por borneras. En estos bloques se realizará el conexionado entre los cables que vienen desde los instrumentos y actuadores hacia los módulos del PLC. El conexionado mediante borneras permite mantener orden en el cableado, garantizando eficiencia en el mantenimiento gracias a que posee un sistema de marcaje e identificación. El bloque H, denominado TB2 servirá para el conexionado de las señales análogas. El bloque I denominado TB4 corresponderá a las entradas digitales. Los bloques J y K denominados TB5 y TB6 corresponden a las salidas digitales.

Otros elementos incluidos en el panel son las barras de tierra, un tomacorriente de 110 VAC y las canaletas ranuradas que rodean a los bloques terminales para conducir y agrupar los cables, conservando la estética del panel.

En el anexo 11 se adjunta el diseño del panel de arrancadores X-1602. A la izquierda del plano se aprecia una vista frontal de todos los elementos dentro del panel, a la derecha, el arreglo de los elementos que van en la puerta del panel con los que interactuará el operador. Como en los planos anteriores, se ha asignado un número a los elementos, agrupándolos según su funcionalidad para describirlos en la leyenda del plano.

El panel X-1602 tiene 2 principales funcionalidades: la primera es distribuir la energía que se utilizará en los equipos, tomando en cuenta las debidas protecciones a sobre corrientes tales como breakers, fusibles, etc. La segunda funcionalidad es ofrecer al operador la posibilidad de un arranque de las bombas en modo manual.

Como se observa en el plano, en la parte frontal del panel se encuentran 7 switches de 3 posiciones (item 13 en lista de materiales), estos permitirán definir si el funcionamiento de las bombas será local (manejado por operadores), remoto (accionado por el plc), o si estarán apagadas. En caso de que el switch se encuentre en la posición de local, los push buttons (item 15 y 16 en lista de materiales) de arranque y de parada se habilitarán para el uso del operador; si existiera alguna sobrecarga o fallo en el motor, automáticamente se encenderán los indicadores luminosos ubicados en la fila inferior del panel. En toda la planta existen 6 bombas y un agitador que tienen estas funcionalidades, por esto cada una de ellas cuenta con su switch de 3 posiciones, 2 push buttons para arranque y parada y un indicador luminoso, estos elementos están dotados de su propio rótulo para facilitar la operación, y además se encuentran arregladas de 7 columnas, una para cada bomba.

A la derecha de las 7 columnas de comandos que activarán las bombas se encuentran 3 selectores más de dos posiciones, estos sirven para activar o desactivar el funcionamiento de las bombas dosificadoras de químicos P-1637 A/B/C. El operador también podrá interactuar con otro elemento ubicado en la parte frontal del panel X-1602, éste es el medidor de parámetros MID-96 (item 12 en el plano) que se muestra en la figura 2.17.



Figura 2. 17 Medidor multifuncional digital MID-96

Este medidor de parámetros permite al operador conocer el estado de las variables eléctricas en el sistema trifásico tales como corriente de línea (L1,L2,L3), tensión de líneas y de fases, potencia activa y reactiva, factor de potencia, demanda de potencia y frecuencia. Para las mediciones de voltaje el equipo conecta sus terminales directamente al sistema trifásico de 480 V, sin embargo, el consumo de corriente del panel excede las especificaciones del MID 96, por lo que para medir la corriente de cada una de las 3 líneas hacemos uso de transformadores de corriente. Estos transformadores de corriente son usados para reducir la cantidad de amperaje enviados al amperímetro del MID96. Dentro del panel se encuentran ubicados en la esquina superior izquierda (item 18) y rodearán a cada uno de los tres conductores que vienen desde el MCC (Centro de energía para motores) antes de que se conecten al disyuntor o breaker principal de todo el sistema (item 10 en el plano).

A partir del breaker principal se ha destinado la segunda fila del panel para la ubicación de los breakers secundarios. Existen 4 breakers secundarios con capacidad de 40 Amperios para los circuitos de potencia de las bombas P-1621-A, P-1621-B, P-1617-A, y P-1617-B. Dos breakers de 20 A para las bombas P-1616 A y P-1616-B, y un breaker para cada uno de los elementos restantes: moto agitador, bombas dosificadoras, lámpara ultravioleta.

La tercera fila en el arreglo interno del panel está compuesta por los contactores y guarda motores (item 3), que accionarán las 6 bombas principales de la planta, el moto agitador y las bombas dosificadoras. Junto a los contactores se ha dispuesto de un repartidor de cargas (item 8), consiste en un conjunto de barras conectadas a la salida del transformador principal (item 5) que proveen un voltaje de 120 V y neutro, el objetivo de este elemento es facilitar las conexiones.

La cuarta fila del panel (item 4) está formada por borneras de conexionado, a esta hilera llegan los cables desde el PLC, desde los push buttons y selectores y van hacia los contactores.

En la parte inferior del panel también se encuentran borneras, en éstas se emparejarán los cables que vienen desde los motores a los cables que salen de los contactores.

2.4 DETALLES DE TERMINACIONES ELÉCTRICAS

El anexo 12 contiene el conjunto de planos con las conexiones eléctricas que se deben realizar dentro del panel de control CTRL#10. El primer plano muestra al PLC con sus 4 tarjetas de entradas y salidas conectadas hacia 5 bloques de terminales.

El primer bloque de terminales, ubicado a la izquierda, es el TB2 y corresponde a las conexiones entre la tarjeta de entradas analógicas del PLC en el SLOT 02 y los cables que vienen desde los transmisores. Cada par de conductores que viene desde el transmisor está etiquetado según el nombre del instrumento del que provienen y se conectan a dos borneras, una de ellas lo conecta a un voltaje de 24 V y la otra se conecta a uno de los terminales del módulo de entradas analógicas, existe una tercera bornera que conecta el enchaquetado del cable con la tierra aislada para instrumentos; en el siguiente plano del anexo 12 están reproducidas las mismas conexiones de los bloques terminales TB2 y TB4 en un tamaño más apreciable.

El segundo bloque de terminales denominado TB 4 corresponde a las conexiones entre las señales que envían los switches y el módulo de entradas digitales del PLC ubicado en el slot 4. A las dos primeras borneras se conectan los cables de alimentación y de retorno de señal del switch de nivel, los siguientes 6 pares de borneras corresponden a los switch de presión, de ahí en adelante las entradas digitales servirán para monitorear el estatus del motores de la planta y los switch de funcionamiento local o remoto de los mismos. Estas señales vendrán desde el panel de arrancadores X-1602.

El tercer bloque de terminales se denomina TB 5 y permite la conexión entre los cables que llevan energía eléctrica a las válvulas solenoides y el módulo de salidas digitales del PLC ubicado en el slot 5.

El cuarto bloque de terminales es el TB 6, conecta al modulo de salidas digitales del slot 6 a los cables que permitirán el accionamiento de los motores en forma local o remota. Por último, el módulo TB 0 contiene las conexiones que distribuyen la energía entre los diferentes equipos y tarjetas dentro del panel.

2.5 DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DE MOTORES

En el anexo 13 se presenta un conjunto de 7 planos, correspondientes a los diagramas eléctricos de control y fuerza de los motores para las 6 bombas y el agitador de la planta. Los siete equipos trabajan con un voltaje trifásico de 480V, bajo las mismas lógicas y condiciones por lo que se procederá a explicar el plano que corresponde a la bomba P1621-A, los siguientes planos solo cambian en la numeración de los elementos.

La lectura del plano empieza en la esquina superior izquierda, en donde las líneas L1, L2 y L3 de 480 V ingresan al breaker BR1 y luego al contactor KM1 que funciona conjuntamente con el guarda motores, todos estos elementos son tripolares y terminan sus conexiones en los terminales 6, 7 y 8 del bloque de borneras TB2 del panel de arrancadores, en este punto se conectan con los cables que vienen desde los motores.

Las conexiones que se muestran bajo el gráfico descrito en el párrafo anterior están destinadas a activar el contactor KM1. Este circuito trabaja a un voltaje máximo de 120 V, por lo que el transformador TR1 convierte el voltaje de 480 V a 120 V.

Con el fin de armar el circuito de control para el arranque del motor se utilizarán 15 borneras, numeradas en el gráfico desde 1-01 hasta 1-15 y representadas con una

circunferencia . Las conexiones que van hacia el panel de control CTRL #10 como entradas digitales se las representa con la figura  y se las denomina con el número de bornera a la que pertenecen. Las conexiones que vienen desde el panel de control como salidas digitales se las representa con la figura  e igualmente están acompañadas con el número de terminal y bornera a la que pertenecen.

El circuito de control de arranque del motor M1621A contiene 3 elementos principales, agrupados cada uno en un rectángulo. En la parte inferior se encuentra el switch de 3 posiciones llamado HS-M1621A-B. Este switch se conecta a las borneras 11, 12 y 13 del panel de arrancadores, a su vez estas borneras se conectan al panel de control CTRL#10, a las borneras 29, 30 y 31 del TB 4, con esta conexión se informa al PLC mediante señales digitales si se efectuará una operación local o remota de las bombas. Si el funcionamiento es remoto y si se presentan las condiciones lógicas, el PLC activará su salida de contacto seco JYS-M1621A-R (O:6, DATA 4) y permitirá el voltaje entre la bornera 6-09 y 6-10 del panel de control CTRL 10 que a su vez se conectarán a las borneras 1-05 y 1-04 del panel de arrancadores X-1602, de esta forma se cierra el circuito del mando y se acciona el contactor. Si el funcionamiento es local, sucede algo parecido ya que se activa la salida de contacto seco JYS-M1621-L y se conecta en serie con dos push buttons (uno de ellos enclavados con un contacto auxiliar). Si se presiona el switch de arranque el contactor se energiza y se enclava hasta que se presione el switch de parada.

Siempre que el contactor esté activo, uno de sus contactos auxiliares (13-14) enviará una señal digital que irá al I:4, DATA 13 del PLC y servirá para monitoreo. Por otro lado, si el guarda motor detecta una sobre carga también activa el contacto normalmente cerrado (95-96) que desenergiza a la bobina del contactor y apaga al motor.

En la parte derecha del plano existe un diagrama de conexionado que resume las terminaciones eléctricas, en la parte del panel de arrancadores enlista las borneras del 1 al 15 y sus conexiones, por un lado a la izquierda de el contactor y sus contactos auxiliares, y, por otro lado, a la derecha de las conexiones que se dirigen hacia el panel de control.

2.6 DIAGRAMAS DE LAZOS DE CONTROL

Los diagramas de lazos de control son documentos básicos para realizar pruebas de instrumentos durante el arranque de una planta y para realizar labores de mantenimiento en fases posteriores. Se debe realizar un diagrama por cada lazo de control que esté representado en el plano de tuberías e instrumentación (P&ID).

En el caso del sistema de control para la Planta de Tratamiento de Agua X-1602 existen 3 tipos de diagramas de lazo: uno para los instrumentos transmisores de señales análogas (4-20 mA), otro tipo que agrupa a los instrumentos que transmiten señales digitales (switches) y por último el que agrupa a los actuadores (válvulas solenoides) comandadas por salidas digitales. Se explicará 1 diagrama de cada tipo para que sirvan como referencia en la lectura de los siguientes planos.

En el anexo 14 se agrupan los planos con los diagramas de lazo correspondientes a instrumentos de campo cuya señal es análoga (4-20 mA), a este grupo corresponden los transmisores de presión, transmisores de nivel y transmisores de presión diferencial, en cada plano se presentan dos lazos, para facilidad de uso en la lectura de los mismos.

El primer plano corresponde al transmisor de presión PT-P1616-1 y al transmisor de presión diferencial PDT-FL1601A-3. Todo el diagrama está dividido en 3 columnas, la columna izquierda corresponde a la instrumentación de campo, al elemento en sí que genera la señal, la segunda columna describe las conexiones dentro del panel de control CTRL# 10, entre borneras y tarjetas del PLC y por último la columna derecha atañe a las señales que se observarán en la sala de control y monitoreo.

El primer elemento que se observa es un transmisor de presión, conectado al proceso mediante una válvula de bola en su lado izquierdo, y a su derecha dos recuadros con el símbolo + y -, como en la figura 2.18. Estos cuadros simbolizan los puntos en donde se conectan los cables que llevarán la señal eléctrica al PLC.

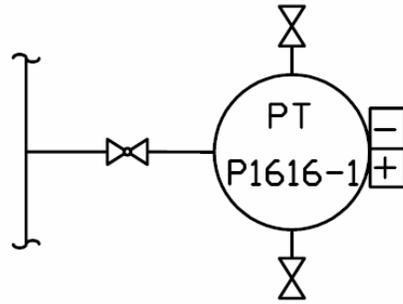


Figura 2. 18 Símbolo de transmisor de presión

En el diagrama se observan dos líneas continuas anexas a los recuadros que representan a los conductores del cable, cada conductor tiene sobre si el nombre PT-P1616-1(-) y PT-P1616-1(+) al final y al inicio de la línea continua, esto significa que el cable tendrá esas marquillas físicamente al inicio en las conexiones con el instrumento y al final en las conexiones de las borneras con el panel control, sirven para identificar la polaridad del instrumento a la que se conectan.

Sobre las líneas que representan al cable se muestra un gráfico como el de la figura 2.15 que representa el nombre del cable y sus características principales, en este caso es un par de conductores y AWG #16. Físicamente existirá una placa de identificación con este nombre en los dos extremos de cable.

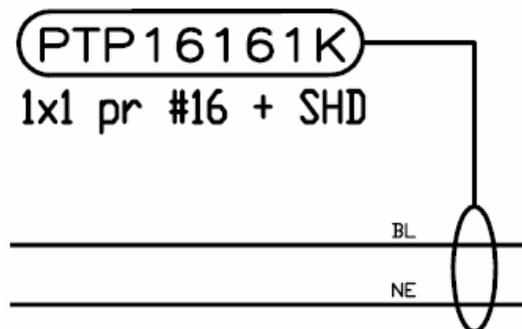


Figura 2. 19 Nominación de cables

En la parte superior del símbolo del instrumento de campo existe un pequeño resumen de 4 líneas que detalla el tipo de elemento que es, la marca, el modelo y el rango al que se encuentra calibrado. Este instrumento es un transmisor de presión de la marca ABB y está calibrado de 0 a 120 PSI.

Los dos conductores que salen del transmisor de presión ingresan a la columna del medio, que representa al panel de control, en este punto se encuentran con las borneras 2-01, 2-02 y 2-03 del bloque de terminales TB 2 (Fig. 2.20). La segunda bornera es especial ya que porta un fusible de 0.5 A. La tercera bornera sirve para conectar el enchaquetado del cable y aterrizarlo.

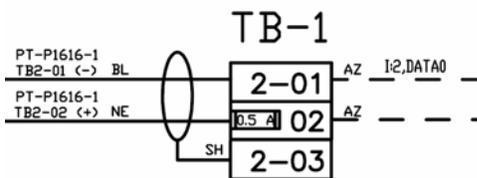


Figura 2. 20 Borneras de conexión en panel de control

A la derecha de las borneras se encuentra el símbolo ISA de un PLC (figura 2.21), con dos rectángulos y el número 1 y 2 que corresponden a los bornes asignados al canal 0 del módulo de entradas análogas del PLC.

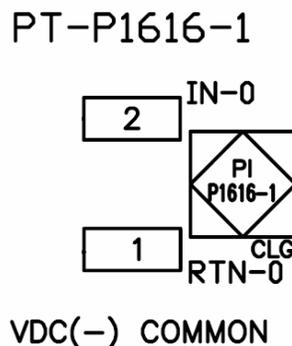


Figura 2. 21 Símbolo de PLC

De esta forma, a la bornera 2-02 se envían 24 VDC hacia el instrumento. La bornera 2-01 se conecta al Terminal 2 de la tarjeta de entradas análogas del PLC, correspondientes al canal 0 y en el Terminal 1 se conecta al voltaje común para cerrar el circuito. Como se observa en el símbolo del PLC, se genera un indicador de presión PI P1616-1, este es un dato que se envía a la consola del cuarto de control, gráficamente a la tercera columna del plano, en donde se encuentra otro símbolo que representa a un indicador de presión ubicado en la sala de control. Este indicador muestra además alarmas en casos de baja o alta presión cuyos valores para este instrumento corresponden a 40 o 100 PSI respectivamente.

En el anexo 15 se agrupan los planos con los diagramas de lazo correspondientes a instrumentos de campo cuya señal es digital, a este grupo corresponden los switches de presión y de nivel, manteniendo la misma estructura que los planos anteriores en cada plano se presentan dos lazos.

El primer plano corresponde al switch de nivel LSSL-T1619-1 y al switch de presión diferencial PSHH-P1616A-2. Todo el diagrama está dividido en 3 columnas, la columna izquierda corresponde a la instrumentación de campo, al elemento en sí que genera la señal, la segunda columna describe las conexiones dentro del panel de control CTRL# 10, entre borneras y tarjetas del PLC y por último la columna izquierda atañe a las señales que se observarán en la sala de control y monitoreo.

El primer elemento que se observa es un switch de nivel, conectado al proceso en su lado izquierdo, y a su derecha tres recuadros numerados del 1 al 3, como en la figura 2.22. Estos cuadros simbolizan los puntos en donde se conectan los cables que llevarán las señales eléctricas al panel de control.

En el diagrama se observan tres líneas continuas anexas a los recuadros que representan a los conductores del cable, cada conductor tiene sobre sí el nombre LSSL-T1619-1(NO), LSSL-T1619-1(+) y LSSL-T1619-1(-) al final y al inicio de la línea

continua, esto significa que el cable tendrá esas marquillas físicamente al inicio en las conexiones con el instrumento y al final en las conexiones con borneras con el panel control.

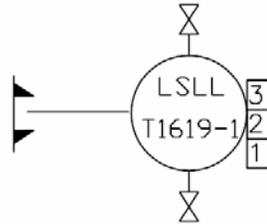


Figura 2. 22 Símbolo de switch de nivel

Sobre las líneas que representan al cable se muestra un gráfico como el de la figura 2.23 que representa el nombre del cable y sus características principales, en este caso es una triada de conductores y AWG #14. Físicamente existirá una placa de identificación con este nombre en los dos extremos de cable.

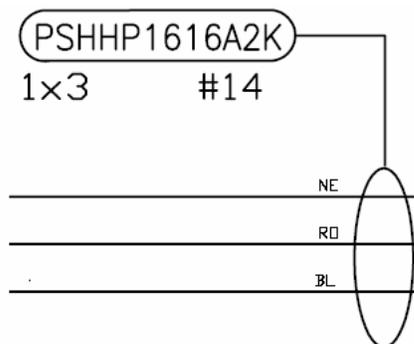


Figura 2. 23 Nominación de cables

Los tres conductores que salen del transmisor de presión ingresan a la columna del medio, que representa al panel de control, en este punto se encuentran con las borneras 4-01, 4-02 y 4-58 del bloque de terminales TB 4 (Fig. 2.24).

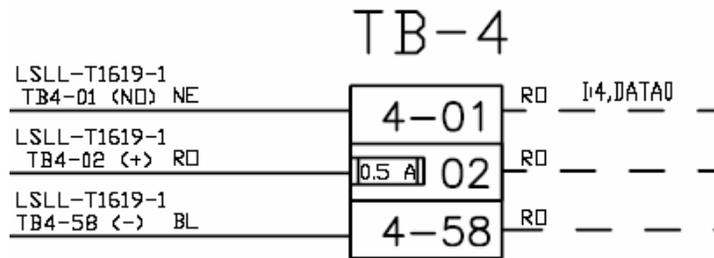


Figura 2. 24 Borneras de conexión en panel de control

A la derecha de las borneras se encuentra el símbolo ISA de un PLC (figura 2.25), con un rectángulo y el número 1 que corresponde al borne asignado al canal 0 del módulo de entradas digitales.

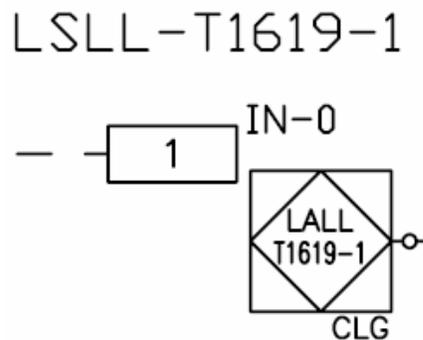


Figura 2. 25 Símbolo de PLC

De esta forma, a la bornera 4-02 se envían 24 VDC hacia el instrumento. La bornera 4-01 se conecta al Terminal 1 de la tarjeta de entradas digitales del PLC, correspondientes al canal 0 y el borne 4-58 se conecta al polo negativo de la fuente para cerrar el circuito. Cómo se observa en el símbolo del PLC, se genera una alarma de bajo nivel, este es un dato que se envía a la consola del cuarto de control, gráficamente a la tercera columna del plano, en donde se encuentra otro símbolo que representa también una alarma de bajo nivel ubicado en la sala de control.

En el anexo 16 se agrupan los planos con los diagramas de lazo correspondientes a los actuadores, a este grupo corresponden las válvulas operadas por solenoides, manteniendo la misma estructura que los planos anteriores en cada plano se presentan dos lazos.

El primer plano corresponde a las válvulas solenoides XY-FL1601A-1 y XY-FL1601A-2. El primer elemento que se observa es la válvula solenoide, a su derecha dos recuadros con las letras F y N, como en la figura 2.26. Estos cuadros simbolizan los puntos en donde se conectan los cables que traen la energía eléctrica desde el panel de control.

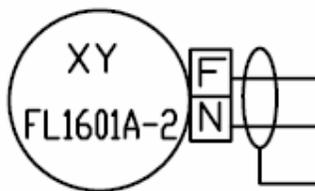


Figura 2. 26 Símbolo de válvula solenoide

En el diagrama se observan dos líneas continuas anexas a los recuadros que representan a los conductores del cable, cada conductor tiene sobre sí el nombre XY-FL1601A-2(F) y XY-FL1601A-2(N) al final y al inicio de la línea continua, esto significa que el cable tendrá esas marquillas físicamente al inicio en las conexiones con el instrumento y al final en las conexiones con borneras con el panel control.

Sobre las líneas que representan al cable se muestra un gráfico como el de la figura 2.27 que representa el nombre del cable y sus características principales, en este caso es un par de conductores y AWG #14. Físicamente existirá una placa de identificación con este nombre en los dos extremos de cable.

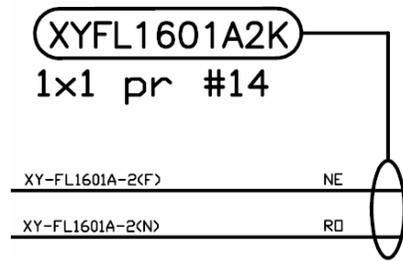


Figura 2. 27 Nominación de cables

Los dos conductores que salen de la válvula ingresan a la columna del medio, que representa al panel de control, en este punto se encuentran con las borneras 5-01, 5-02 del bloque de terminales TB 5 (Fig. 2.28).

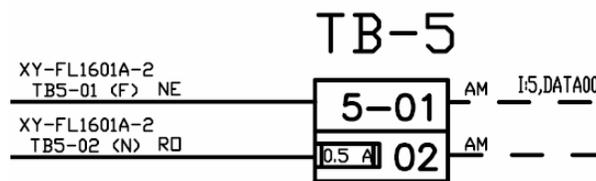


Figura 2. 28 Borneras de conexión en panel de control

A la derecha de las borneras se encuentra el símbolo ISA de un PLC (figura 2.26), con dos rectángulos que encierran los números 1 y 2, corresponde a los bornes asignados al canal 0 del módulo de salidas digitales.

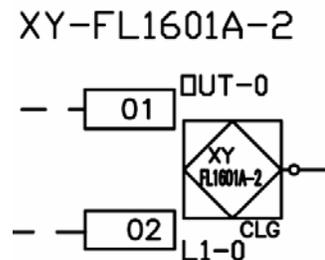


Figura 2. 29 Símbolo de PLC

De esta forma cuando se activa una salida digital, el PLC permite el paso de 120 VAC por el canal 0 que llegan a la bornera 5-01 y luego a la válvula. Como se observa en el símbolo del PLC, se genera una señal, este es un dato que se envía a la consola del cuarto de control para que el operador sepa que válvulas se encuentran activas.

2.7 CONSOLIDACIÓN DE LISTA DE MATERIALES

Tabla 2. 6 Lista de materiales sistema de control

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	UNIT	QTY
1	CHASIS 7 SLOTS	1756-A7	EA	1
2	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	1756-PA72	EA	1
3	PROCESADOR 750KB MEMORY	1756-L55M12	EA	1
4	MODULO ETHERNET/IP	1756-ENBT	EA	1
5	MÓDULO DE 16 E. ANALÓGICAS DE CORRIENTE O VOLTAJE (36 PINES)	1756-IF16	EA	1
6	MÓDULO DE 32 E. A 24 VCC (36 PINES)	1756-IB32	EA	1
7	MÓDULO DE 16 S. AISLADAS POR RELÉ N.A. (36 PINES)	1756-OW16I	EA	1
8	FUENTE DE ALIMENTACIÓN 24VDC, 10A	SDN10-24-100P	EA	2
9	BLOQUE DE TERMINALES DE 36 PINES CON SUJECIÓN POR TORNILLOS	1756-TBCH	EA	2
10	TAPAS PARA SLOTS LIBRES	1756-N2	EA	4
11	RSLINX OEM	9355-WABOEMENE	EA	2
12	RSLOGIX 5000 STANDARD	9324-RLD300ENE	EA	1
13	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	1756-PA72	EA	1

Tabla 2. 7 Lista de materiales de Panel de Control

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Panel de acero inoxidable 304 NEMA 4X 48x36x12 pulgadas	EA	1
2	Doble fondo de acero inoxidable 304 4X 48x36x12 pulgadas	EA	1
3	Riel dim standard 35 mm	m	3
4	Borneras	EA	180
5	Base porta fusible	EA	100
6	Porta fusible con indicador 24 VDC	EA	90
7	Porta fusible con indicador 110 VCA	EA	10

8	Tapa final para bornera	EA	10
9	Topes finales	EA	15
10	Porta rótulo	EA	10
11	Sistema de marcaje números del 1-50	EA	3
12	Sistema de marcaje números del 51-100	EA	1
13	Borneras para tierra de la alimentación	EA	6
14	Terminales con cuello plástico cable 16 AWG 100 c/u	Pqt	2
15	Terminales con cuello plástico cable 14AWG 100 c/u	Pqt	5
16	Marquillas termocontraíbles para cable número 16	EA	640
17	Tomacorriente 120 VAC	EA	1
18	Cable flexible AWG18 Azul	m	100
19	Cable flexible AWG18 Rojo	m	100
20	Cable flexible AWG18 Amarillo	m	100
21	Barra de tierra 8x1x3/16 "	EA	1
22	Barra de tierra aislada 8x1x3/16 "	EA	1

Tabla 2. 8 Lista de materiales Panel de Arrancadores

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Panel de acero inoxidable 304 NEMA 4X 48x36x12 pulgadas	EA	1
2	Doble fondo de acero inoxidable 304 45x	EA	
3	Breaker principal Siemens Sentron 3P 160 AMP 3VLA17 16-1DA33	EA	1
4	Repartidor de carga de 4 polos 250 Amp Lagrand 0374 00	EA	2
5	Supervisor de fases marca ICM -450 digital 0-600V	EA	1
6	Medidor de parámetros eléctricos	EA	1
7	Transformador de corriente 15075 Clas 1 CGECT-1	EA	3
8	Breakers Secundarios Siemens Sentron 3P 60 AMP 3VL17 05-1DA33	EA	4
9	Contactores Siemens Sirius 3RT035 con BOB 110V	EA	4
10	Relé de Sobrecarga Siemens Sirius 3RU1126-4EB0 DE 22-32 AMP 110	EA	4
11	Bases porta fusible 10x38 con fusible de 2 AMP	EA	21
12	Breakers Secundarios Siemens Sentron 3P 20 AMP 3VL96 05-1DA33	EA	2
13	Contactores Siemens Sirius 3RT0125 con BOB 110V	EA	2
14	Relé de Sobrecarga Siemens Sirius 3RU1126-4AB0 DE 11-16 AMP 110	EA	2

15	Breakers Secundarios Siemens RIEL 5SX1 310-7DIN 3P 6 AMP	EA	1
16	Contactores Siemens Sirius 3RT015 con BOB 110V	EA	1
17	Relé de Sobrecarga Siemens Sirius 3RU1116-0JB0 DE 0,7-1 AMP 110	EA	1
18	Repartidor de carga de 4 Polos 125 Amp Lagrand 0048 88	EA	1
19	Breaker Secundarios Siemens Riel 5SX1 206-7DIN 2P 6 AMP	EA	3
20	Contactores Siemens Sirius 3RT1015 con BOB 110V	EA	3
21	Breaker Secundarios Siemens Riel DIN 5SX1 02-7 1P 6 AMP	EA	3
22	Selector de 3 posiciones Telemecanique	EA	7
23	Pulsadores luminosos rojos TELEMECANIQUE	EA	7
24	Pulsadores luminosos verdes TELEMECANIQUE	EA	7
25	Selector de 2 Posiciones TELEMECANIQUE	EA	3
26	Borneras de control 4mm PULSADORES	EA	105
27	Borneras de control 4mm DOSIFICADORES	EA	10
28	Breaker Riel DIN 1 polo 10 Amp	EA	1
29	Rollo de cable de control # 16 AWG	EA	1
30	Cable #6 AWG	EA	30
31	Canaletas Ranurada 60x60	EA	4
32	Bornera de fuerza para motores	EA	20
33	Paquete de Amarras 15 cm.	EA	2
34	Paquete de Terminas Tipo "U" 16-14	EA	1
35	Riel dim standard 35 mm	EA	3
36	Terminales con cuello plástico cable 12AWG 100 c/u	EA	2

Tabla 2. 9 Lista de Instrumentos

	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	CANTIDAD	UNIDAD
1	INDICADORES DE PRESIÓN	ASHCROFT	45 1279 SS 04L 0/200 psi XGL	6	EA
2	TRANSMISORES DE NIVEL	ABB	264DSGSSB1A1V1L1B1I2N2C1	2	EA
3	TRANSMISORES DE NIVEL	ABB	264DSFSSB1A1V1L1B1I2N2C1	2	EA
4	TRANSMISORES DE NIVEL FIELDBUS	ABB	264HSGSBA3L1I2N2C1	1	EA
5	TRANSMISOR DE PRESIÓN	ABB	264HSPSBA1L1I2N2C1	5	EA
6	TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL	ABB	264DSMSSB1A1V1L1B1I2N2C1	4	EA
7	SWITCH DE PRESIÓN	Endress Hauser	PMP131	6	EA
8	SWITCH DE NIVEL	Endress Hauser	FTL20	1	EA

9	VÁLVULA AUTORREGULADA	FISHER	1098EGR	2	EA
10	VÁLVULA DE ALIVIO	CROSBY	961	5	EA
11	VÁLVULA DE ALIVIO	CROSBY	972	2	EA
12	VÁLVULA DE ALIVIO	CROSBY	951	1	EA
13	VÁLVULA SOLENOIDE DE 2"	AQUAMATIC	V42G	8	EA
14	VÁLVULA SOLENOIDE DE 3"	AQUAMATIC	V42J	4	EA
15	VÁLVULA SOLENOIDE DE 1/2"	ASCO	SC 8210G034 120/60, 110	2	EA
16	ANALIZADOR DE CLORO RESIDUAL	Endress Hauser		1	EA

CAPITULO 3

PROGRAMACIÓN DE LA LÓGICA DE CONTROL

3.1 NARRATIVAS DE CONTROL Y DIAGRAMAS DE FLUJO

En el desarrollo de la lógica de control se han identificado claramente 8 subprocesos distintos detallados en los siguientes puntos:

- Operación del moto agitador MA-1618
- Operación de bombas P-1616-A/B
- Secuencia de filtros de arena
- Secuencia de filtros de carbón
- Llenado de tanque T-1604
- Llenado de Tanque T-1605
- Control de unidad hidro-neumática de agua industrial
- Control de unidad hidro-neumática de agua industrial

Como parte del desarrollo de la lógica de control cada proceso estará descrito por un diagrama de flujo, narrativas de control, diagramas lógicos de control, listado de enclavamiento, y una carta causa efecto que finalmente devendrán en la programación del controlador principal.

3.6.1 Operación del moto agitador ma-1618

En la parte superior del tanque clarificador T-1618 se encuentra ubicado un motor-reductor, se acopla a un agitador y facilita la mezcla del agua que ingresa desde el pozo con los químicos coagulantes y coadyuvantes. La figura 3.1 describe el proceso que pone en funcionamiento al agitador.

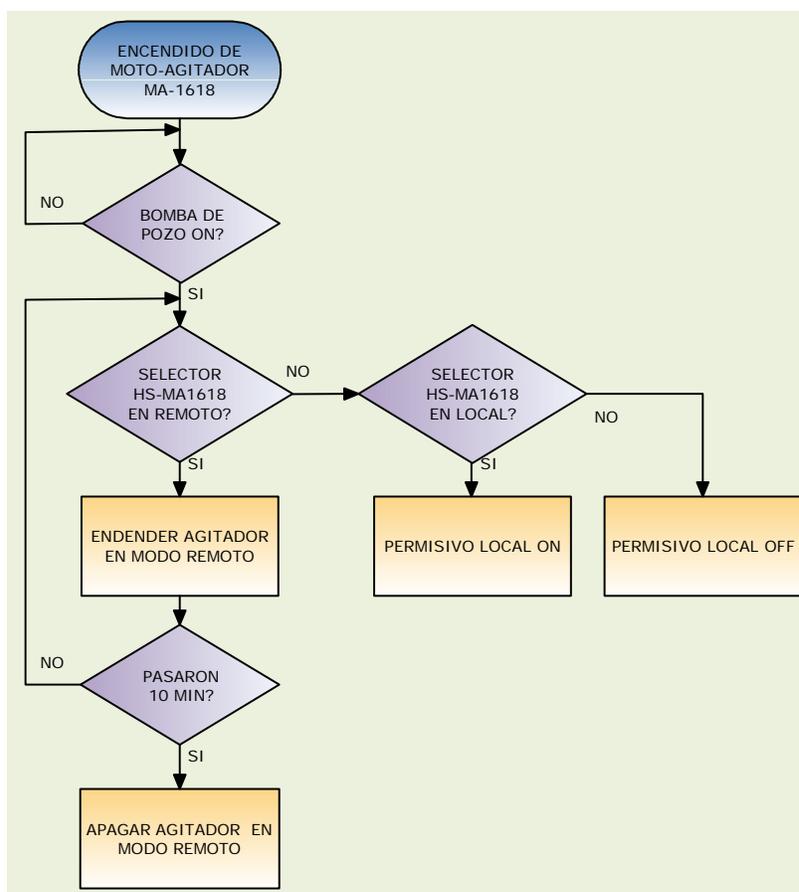


Figura 3. 1 Flujograma para funcionamiento de Moto-Agitador

Como se ha descrito en el capítulo 1 el agitador funciona por intervalos de tiempo solo cuando está ingresando agua a la planta es decir solo cuando la bomba de succión del pozo está activa. El funcionamiento de estas bombas está fuera de los límites de la planta de agua X-1602, sin embargo el controlador recibe una señal digital externa que indica al PLC el estado de las mismas, esta señal sirve como primera condición de decisión tal como se observa en el flujo grama de la figura 3.1

El selector de 3 posiciones ubicado en la puerta del panel de arrancadores y denominado HS-MA1618-B permite al operador seleccionar un funcionamiento manual o automático del agitador y envía al PLC las señales digitales HS_MA1618_B1 y HS_MA1618_B2 respectivamente con las que el controlador decide activar el permisivo de arranque por 10 minutos en caso del funcionamiento automático o remoto; para el caso del funcionamiento local o manual el controlador activa el permisivo pero es necesario que el operador pulse los botones de arranque y parada también ubicados en el panel de arrancadores.

3.6.2 Operación de bombas p-1616-a/b

El segundo proceso que el controlador debe manejar es el bombeo de agua desde el tanque de equilibrio T-1619 hacia los filtros de arena, para esto el PLC evalúa las condiciones mediante los sensores y activa o desactiva la bomba P-1616-A o P-1616B.

En la figura 3.2 se observa el diagrama de flujo que refleja el funcionamiento de la bomba P-1616-A, que siempre tiene prioridad sobre la bomba P-1616-B. En primera instancia se valida el estado del selector HS-M1616A-B, éste indica al controlador si el operador ha escogido el funcionamiento de la bomba P-1616-A ya sea en modo local o remoto; si ninguno de los casos se cumplen el controlador interroga el estado de selector HS-M1616B-B correspondiente la bomba P-1616-B tal como se observa en la figura 3.3.

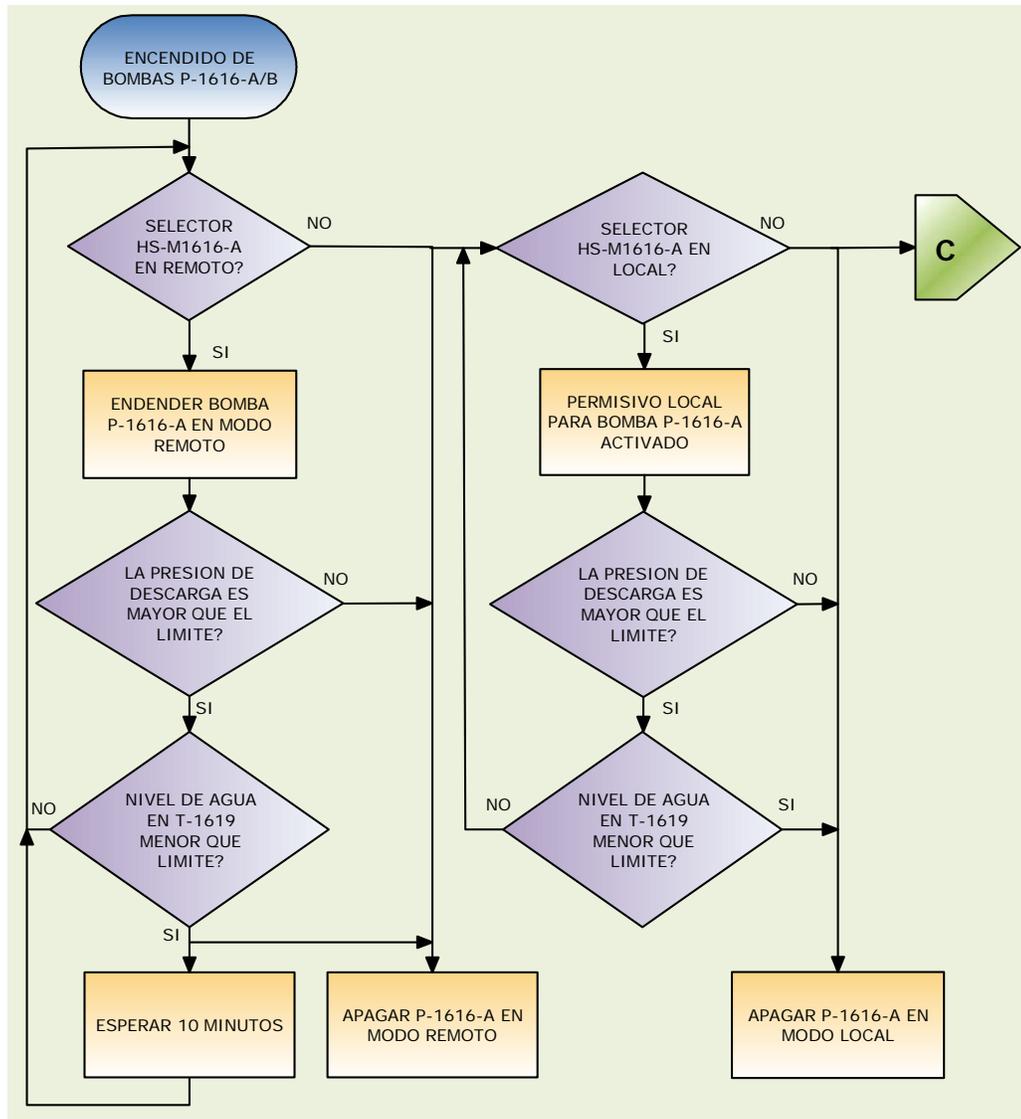


Figura 3. 2 Flujograma para funcionamiento de bomba P-1616-A

Las figuras 3.2 y 3.3 se encuentran acopladas por el conector  y cada una corresponde al flujograma de funcionamiento de las bombas P-1616-A y P-1616-B, en ambos casos la lógica es la misma ya que el funcionamiento de una es respaldo de la otra.

En los diagramas de flujo anteriores se observa que cuando el selector se encuentra en modo remoto el permisivo acciona el arranque de la bomba hasta que la presión de la

línea llegue a su límite, cuando este evento sucede el controlador recibe la señal de entrada digital PSHH_P1616A_2 generada por el switch de presión correspondiente y automáticamente apaga la bomba. Si la presión de descarga está por debajo del valor máximo, el controlador analiza el estado de la señal LSLL_T1619_1, si está activa significa que el nivel de agua en el tanque es muy bajo y por lo tanto se debe apagar la bomba P-1616A/B al menos por 10 minutos, tiempo en el que el tanque de equilibrio nuevamente se llena gracias al agua succionada por las bombas del pozo.

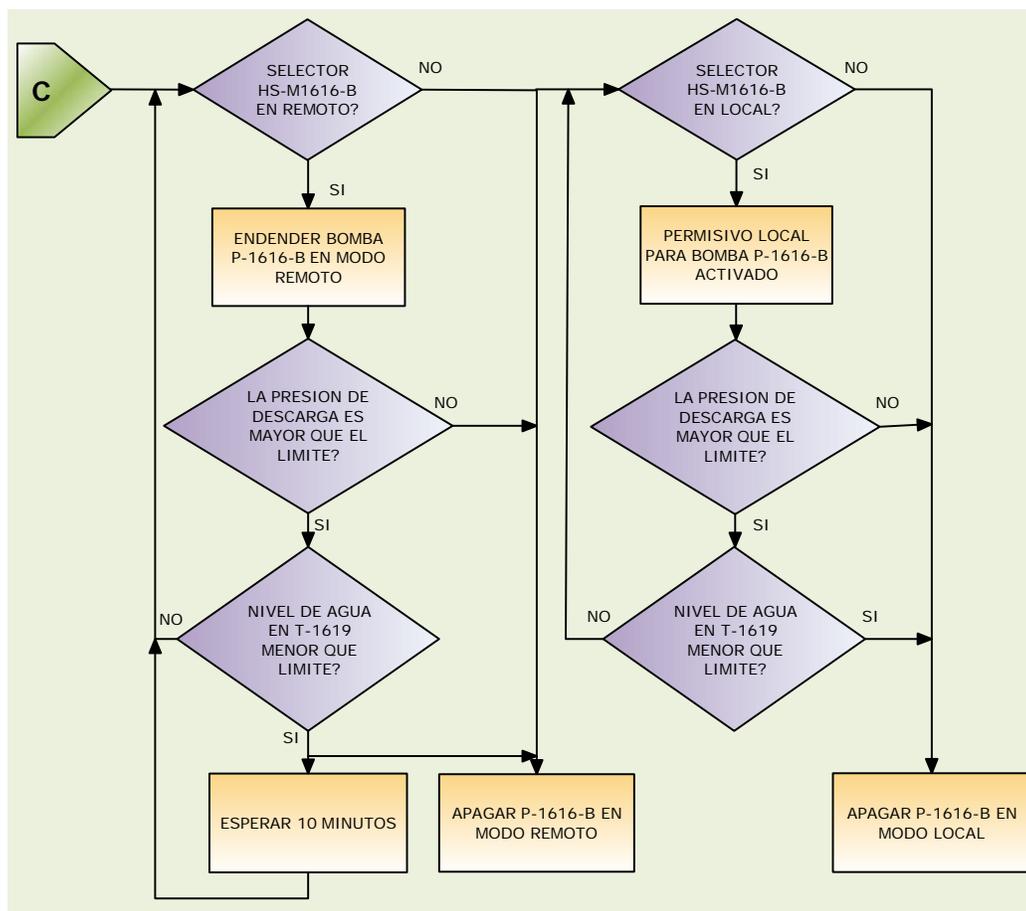


Figura 3. 3 Flujo de control para funcionamiento de bomba P-1616-B

En caso de que los selectores HS-M1616A-B o HS-M1616B-B estén en posición remota se activarán los permisos de arranque local listos para activar la bomba en el momento que el operador habilite los botones ubicados en la puerta del panel de arrancadores.

3.6.3 Secuencia de filtros de arena y de carbón activo

El tercer proceso ejecutado dentro de la planta es el paso del agua a través de filtros de arena y carbón activo. En la figura 3.4 se aprecian dos diagramas de flujo cuya lógica es similar, tan solo varía el arreglo de válvulas correspondientes a los dos tipos de filtros.

El primer diagrama de flujo ubicado a la izquierda en la figura 3.4 describe el proceso de filtrado en los recipientes de arena, básicamente se trata de que las cinco electro-válvulas vinculadas a los dos vessel de arena cambien de estado en dependencia de las condiciones descritas a continuación.

En primera instancia el controlador activa las señales XY_FL1601A_1 y XY_1601_4 para que las correspondientes electro válvulas se abran y el agua fluya a través del primer filtro (FL-1601-A), a continuación se valida el estado de la señal transmitida por el sensor de presión diferencial PDT-FL1601-A que analiza la diferencia de presión entre la entrada y salida del filtro. Cuando la arena está limpia y aún no se ha formado una capa de sedimentos, el transmisor de presión diferencial registra valores de 8 psi aproximadamente, a medida que el agua fluye este valor aumenta gracias a la capa de sólidos que se va acumulando sobre la arena.

En caso de que la diferencia de presión entre la entrada y salida del filtro FL-1601-A sea menor a 15 psi, el agua seguirá fluyendo por el mismo y seguirá su camino al filtro de carbón, cuando pasa del límite de 15 psi el controlador reorganiza el estado de las 5 electro válvulas para realizar un retro-lavado en este filtro y enviar todos los sedimentos acumulados al drenaje. Para el lavado del filtro el PLC envía señales que abren las válvulas XY-FL1601A-2 y XY-FL1601B-1, y cierra las otras tres válvulas asociadas de modo que el agua succionada por las bombas P-1616-A/B atraviesa el filtro de arena alterno FL-1601-B y en vez de seguir su cause hacia el filtro de carbón lo hace hacia el filtro FL-1601-A, pero esta vez el agua ingresa por la parte inferior del recipiente y de esta forma provoca que los sólidos acumulados sobre la capa de arena se vayan al drenaje; este proceso se mantiene durante 10 minutos, tiempo suficiente para que se evacuen todas las impurezas.

En la figura 3.5 se ilustran los procesos de filtrado y de retro-lavado en donde las flechas señalan la dirección del flujo del agua y su destino en cada caso.

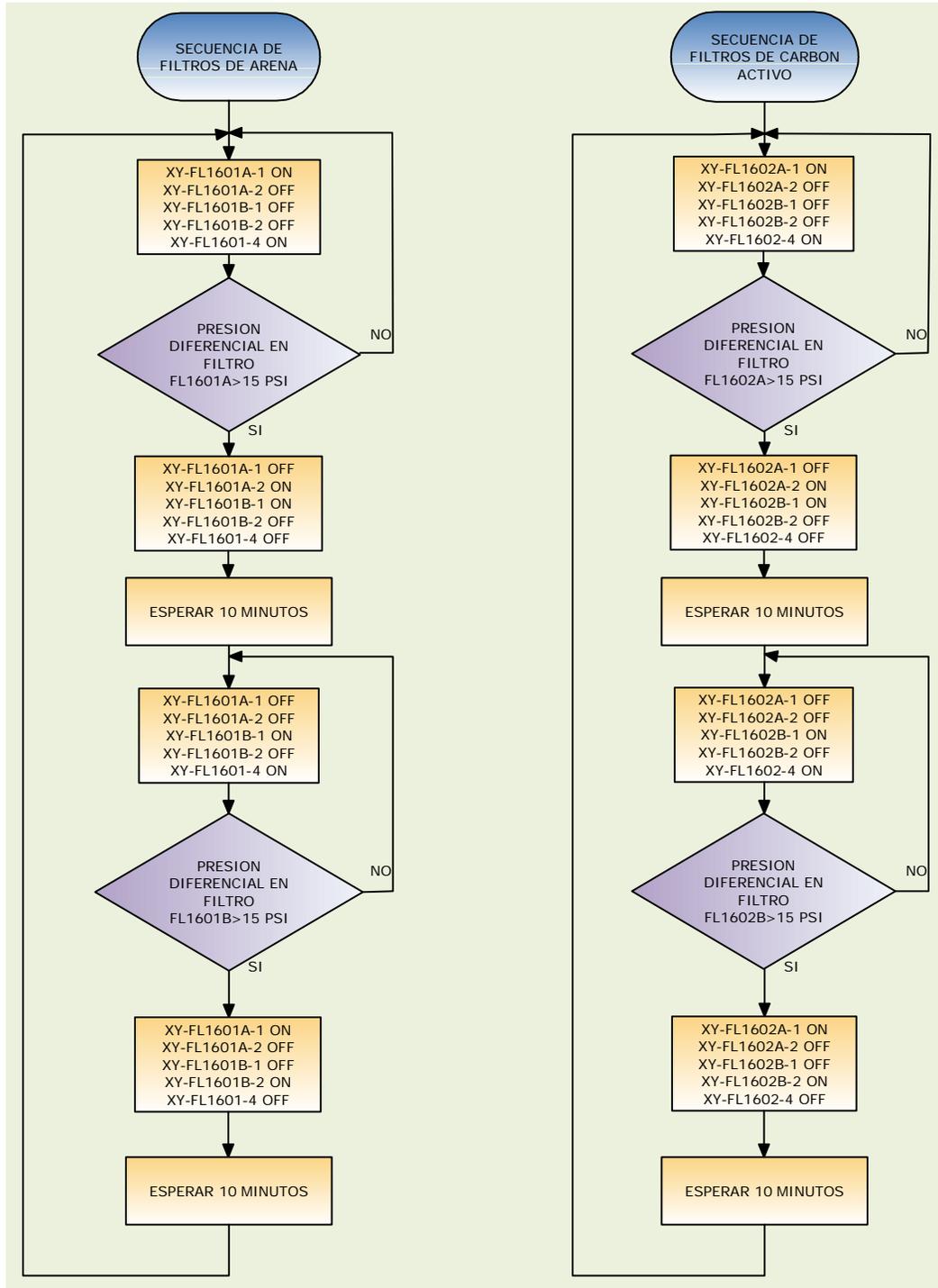


Figura 3. 4 Flujograma para secuencias de filtrado

Tal como se observa en el flujograma de la figura 3.4, después de que se ejecuta el retro-lavado continuamente durante 10 minutos, el controlador dispone de otro arreglo de activación en las 5 electro válvulas, ahora para habilitar el filtro FL-1601-B, en donde se evalúa el estado de su respectivo transmisor de presión diferencial (PDT-FL1601-B) hasta que la presión ascienda a 15 PSI, punto en el que nuevamente el PLC realizará un cambio en el estado de las electro válvulas para empezar un retro-lavado, esta vez al filtro FL-1601-B durante 10 minutos. Una vez que finaliza este lapso, el proceso se repite desde el inicio en donde nuevamente se habilita al recipiente FL-1601-A para el filtrado de arena.

El mismo proceso, aunque independientemente, se produce en los filtros de carbón activo FL-1602-A y FL-1602-B tal como se puede observar en el diagrama de flujo ubicado en la derecha de la figura 3.4

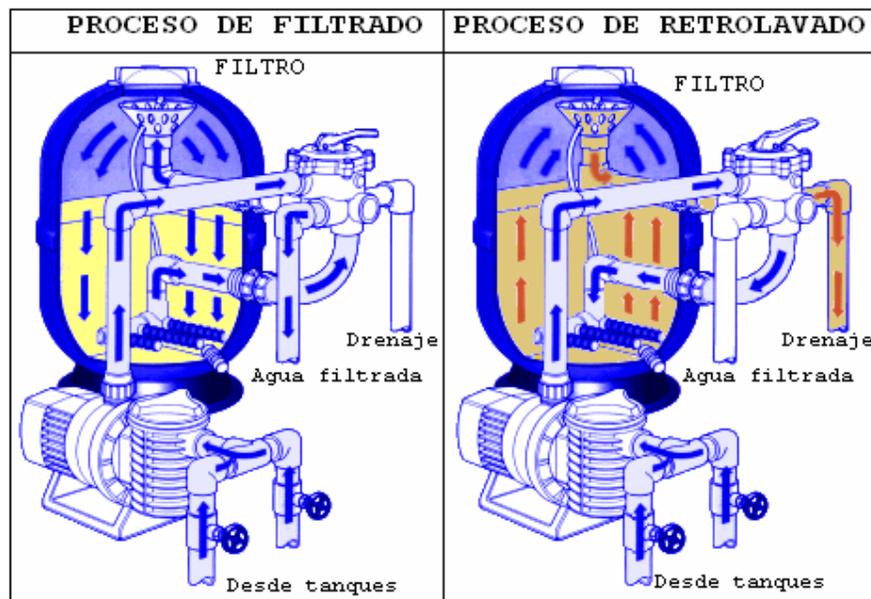


Figura 3. 5 Flujo de agua en un proceso de filtrado y retro-lavado

3.6.4 Llenado de tanques t-1604 y t-1605

Una vez que el agua pasa por los filtros se procede a almacenarla en los tanques T-1604 y T-1605, el primero sirve como reservorio de agua con aplicaciones industriales y el segundo como reservorio del agua potable. En el tanque T-1605 a más de almacenar se

procede a desinfectar el agua mediante la dosificación de cloro, para esto utiliza transductores que llevan la información de la concentración de este químico hacia un analizador de cloro residual independiente que activa a la bomba dosificadora P-1637-C.

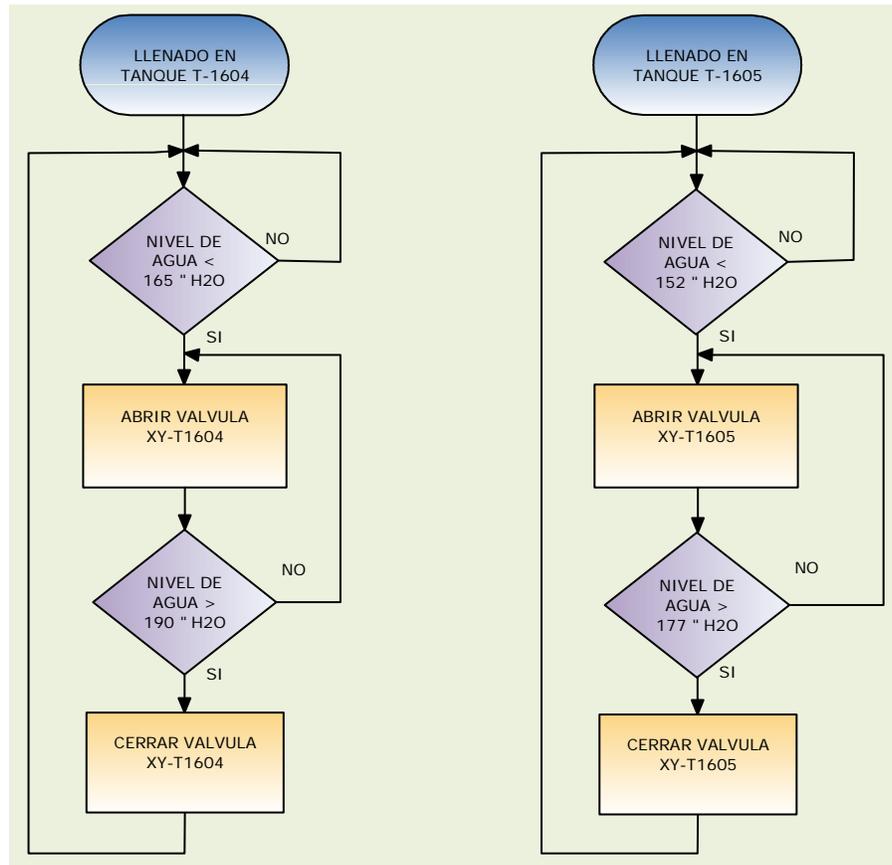


Figura 3. 6 Flujograma para secuencia de llenado de tanques de almacenamiento

La figura 3.6 describe mediante dos diagramas de flujo el control de nivel en los tanques de almacenamiento, en el caso del recipiente T-1604 se analiza la información que envía el transmisor de nivel LT-1604, si indica que la altura del líquido es menor a 165” se procede a abrir la válvula hasta que alcance 190” y nuevamente se inicia el proceso. En el caso de el reservorio T-1605 estos valores se alteran un poco, la altura que debería alcanzar el líquido para que se abra la válvula es 152” y para que se cierra es 177”; esto sucede debido a que en la parte superior del tanque se encuentra ubicado el soporte de los transductores de cloro inmersos en el tanque junto con la caja de conexión de los cables que van hacia el analizador

3.6.5 Control de unidad hidro-neumática de agua industrial

El proceso siguiente a ser controlado por el PLC deberá ser relacionado a la unidad hidroneumática. La bomba P-1621-A o P-1621-B en su defecto deberá extraer agua desde el tanque de almacenamiento T-1604 y enviarla hacia el vessel V-1609, en donde se mantendrá agua y aire a cierta presión determinada; el ingreso de aire se controlará mediante la electro válvula XY-V1609 y del líquido gracias a las bombas P-1621-A/B.

En la figura 3.7 se expone el diagrama de flujo concerniente al funcionamiento de la bomba P-1621-A, el primer factor a evaluarse es el selector HS-M1621-A, éste indica si la bomba funciona en modo local, modo remoto o si está apagada.

Si la bomba trabaja en modo automático o remoto se analiza el valor de la presión dentro del vessel, si ésta se encuentra bajo 85 psi se procede a encender la bomba hasta que la presión sobrepase 100 psi, otros factores que apagan la bomba es un bajo nivel de agua en el tanque de almacenamiento, que la válvula por donde ingresa aire a presión esté abierta o el hecho de que el selector HS-M1621-A cambie su posición a un estado local.

En caso de que el swith se encuentre en funcionamiento local, el controlador activará la señal permisiva para el arranque del motor. De esta forma cuando el operador oprima los botones correspondientes en el panel de control se activarán los contactores que permitirán el arranque de la bomba P-1621-A hasta que el operador pulse el botón de parada, esta señal permisiva se mantiene ON a menos de que la presión de descarga exceda el límite (110 psi) o de que el nivel de agua en el tanque de almacenamiento sea muy bajo (menor a 16" de H₂O).

Las figuras 3.7 y 3.8 se encuentran acopladas por el conector . En la figura 3.8 se representa el caso para el cual selector marca la opción de función remota o local exclusivamente para la bomba P-1621-B, tal como se observa en el flujograma la lógica de programación es la misma que la bomba P-1621-A.

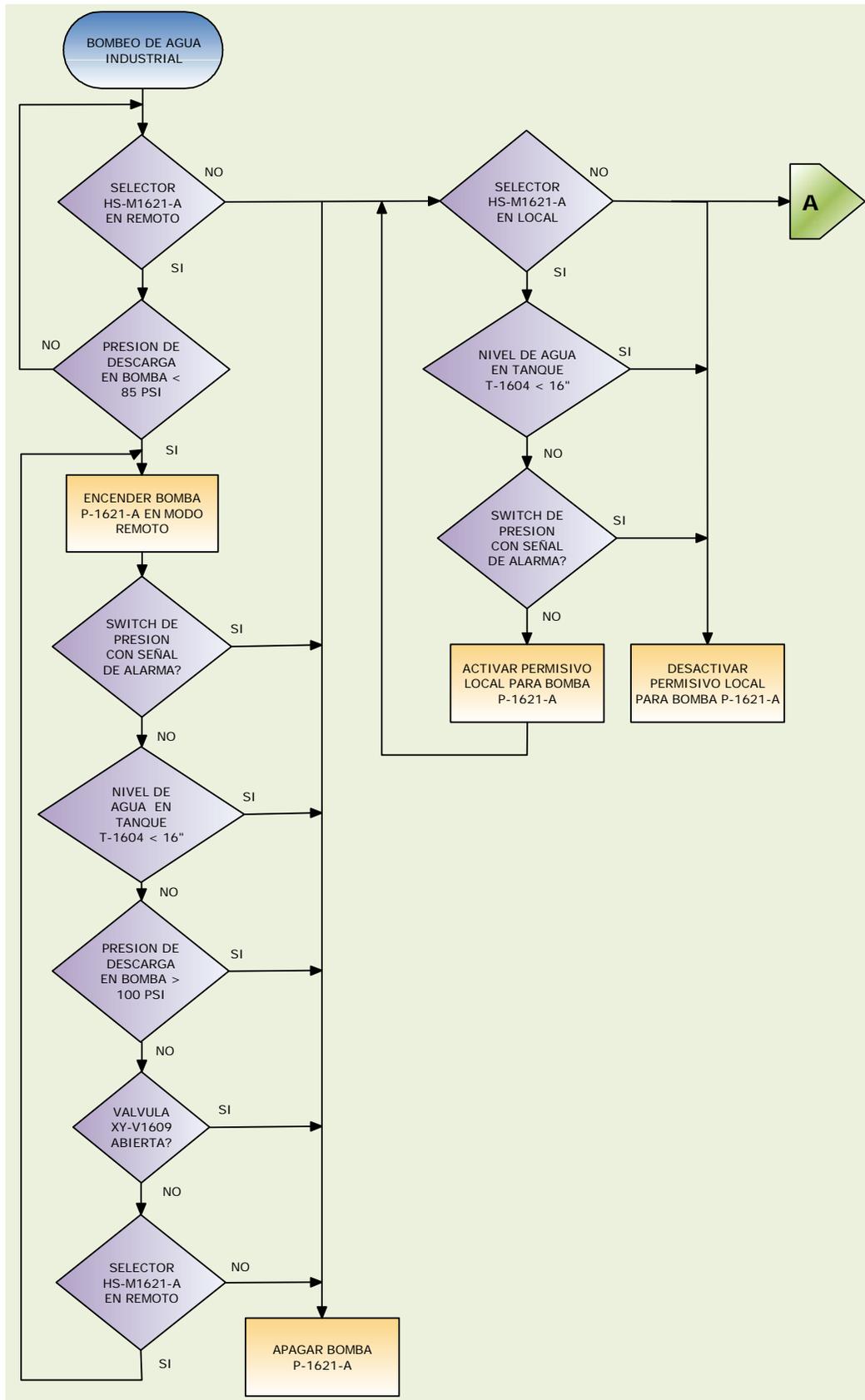


Figura 3. 7 Flujograma para funcionamiento de bomba P-1621-A

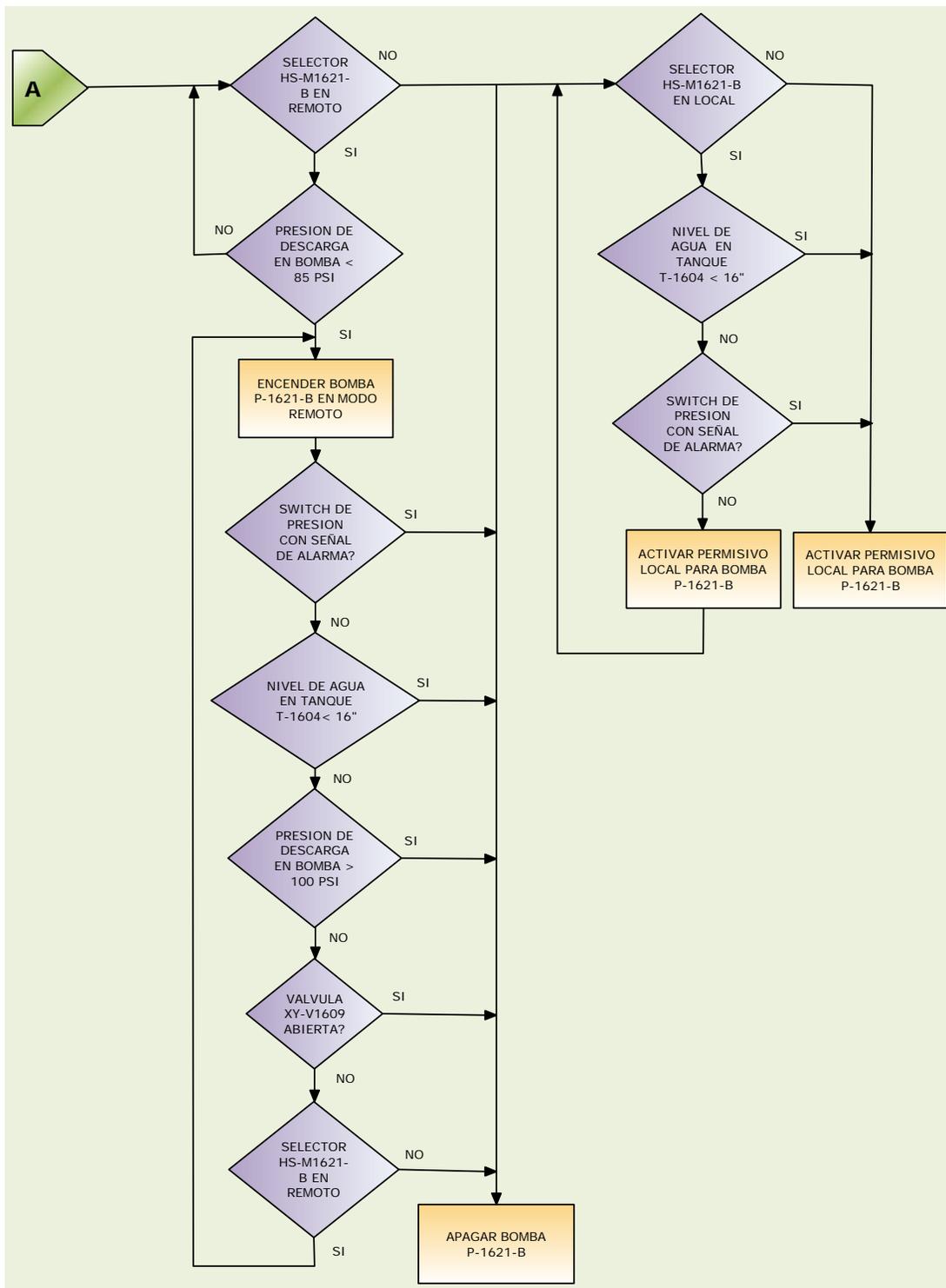


Figura 3. 8 Flujograma para funcionamiento de bomba P-1621-B

En la figura 3.9 se aprecia el diagrama de flujo relacionado al manejo de la electroválvula XY-V1609. El funcionamiento de la válvula está ligado al colchón de aire que se

debe mantener dentro del vessel presurizado. Si el transmisor de nivel LT-V1609 indica al controlador que el agua alcanza una altura mayor a 120" H₂O y al mismo tiempo el transmisor de presión PT-V1609 indica que la presión dentro del vessel es baja (< 85 psi) significa que el colchón de aire se ha reducido y por lo tanto se procede a abrir la electroválvula XY-V1609 hasta que ingrese una cantidad de aire suficiente para que el nivel de agua disminuya a 110", cabe recalcar que cuando la válvula se abre e ingresa aire a presión la bomba P-1621-A se desactiva para evitar sobre presurizar el sistema.

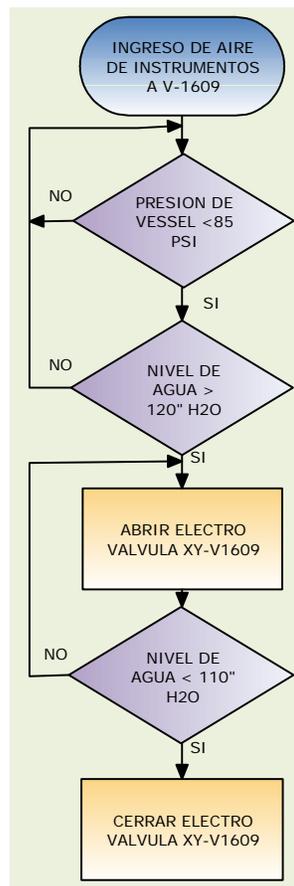


Figura 3. 9 Flujograma para ingreso de aire a vessel V-1609

3.6.6 Control de unidad hidro-neumática de agua potable

El último proceso que el PLC controla concierne a la unidad hidroneumática de agua potable. Análogamente a lo presentado con la unidad hidroneumática de agua

industrial, la bomba P-1617-A/B extrae el líquido desde el tanque de almacenamiento T-1605 y lo deposita en el vessel V-1608, manteniendo un rango de presión que varía desde 95 a 110 psi. Por otro lado la válvula para el ingreso de aire XY-V1608 también trabaja bajo los mismos parámetros que la válvula XY-V1609.

Lo expuesto en el inciso anterior da como resultado que los diagramas de flujo en las figuras 3.10, 3.11 y 3.12 correspondientes al funcionamiento de la unidad hidroneumática de agua potable posean la misma lógica que los diagramas de flujo de las figuras 3.7, 3.8 y 3.9, ya explicados anteriormente. Esta analogía también se reflejará en las subrutinas de programación correspondientes a cada proceso en el programa del controlador.

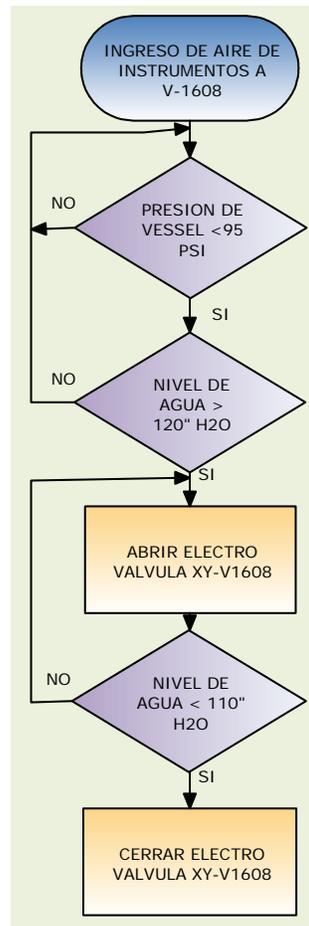


Figura 3. 10 Flujograma para ingreso de aire a vessel V-1608

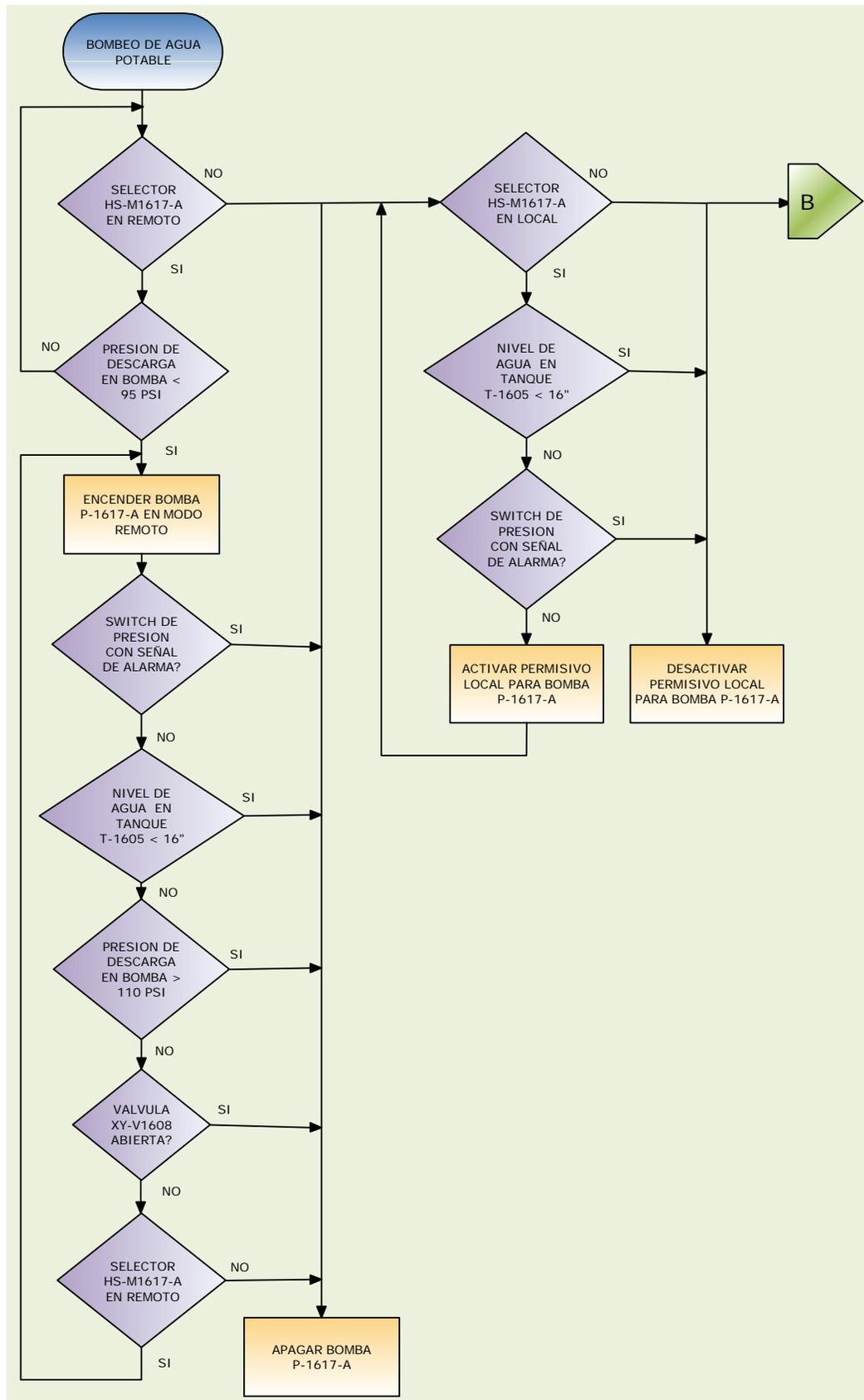


Figura 3. 11 Flujograma para funcionamiento de bomba P-1617-A

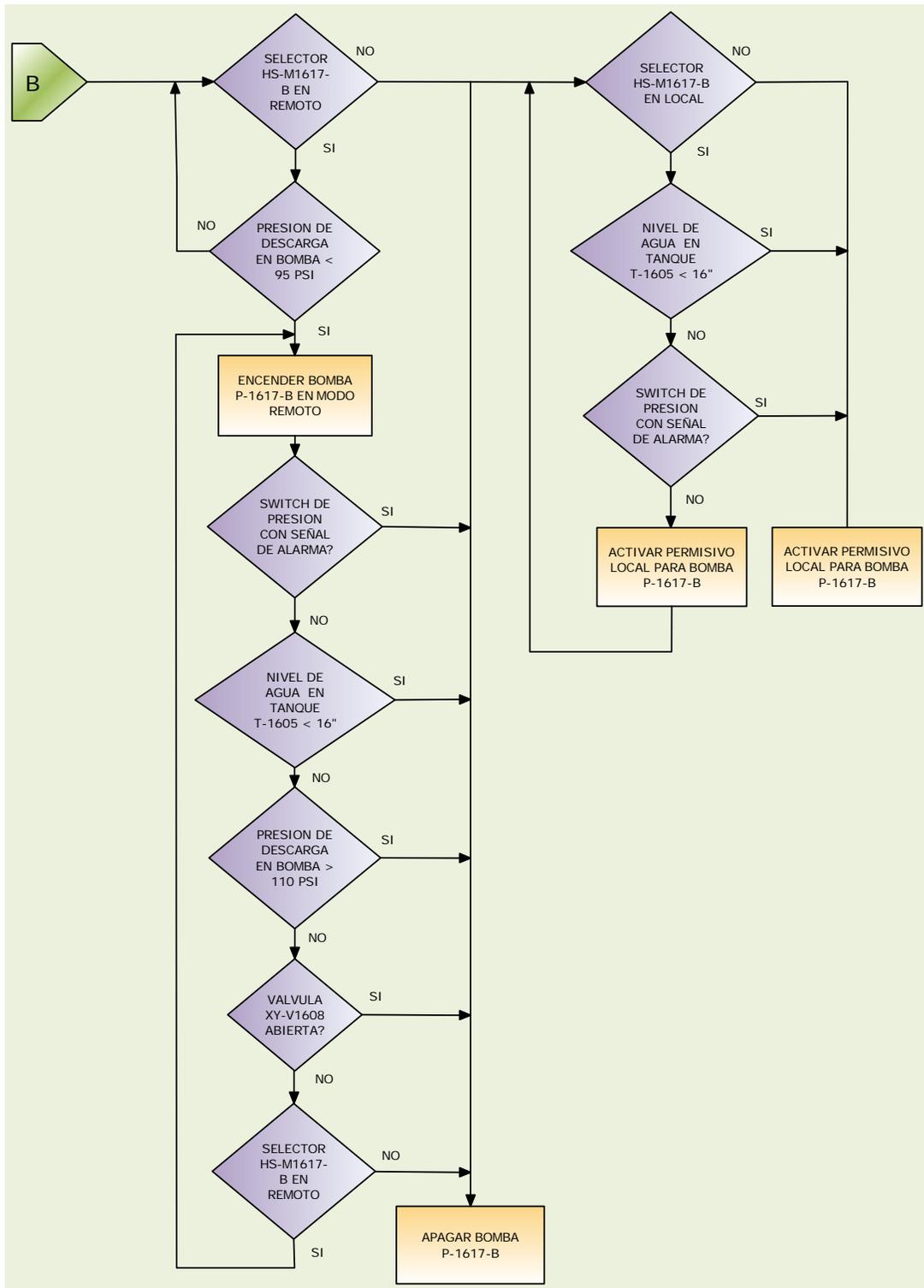


Figura 3. 12 Flujoograma para funcionamiento de bomba P-1617-B

3.2 DIAGRAMAS LÓGICOS DE CONTROL E INTERLOCKS

Los diagramas lógicos de control (CLD's por sus siglas en inglés) son la representación gráfica de la programación del controlador mediante compuertas lógicas, como entradas están las señales emitidas por los sensores y switches, como salidas están las señales que activan a las válvulas solenoides y los permisos que habilitan el funcionamiento de las bombas de succión.

A continuación se representará a cada subrutina o proceso con su respectivo diagrama lógico, construido con compuertas lógicas y señales de entrada/salida nominadas con las mismas etiquetas a usarse en el programa del PLC.

Como se observa en el diagrama de la figura 3.13, la subrutina ligada al funcionamiento del agitador en el tanque clarificador T-1618 tiene 3 señales de entrada y genera dos señales como salida.

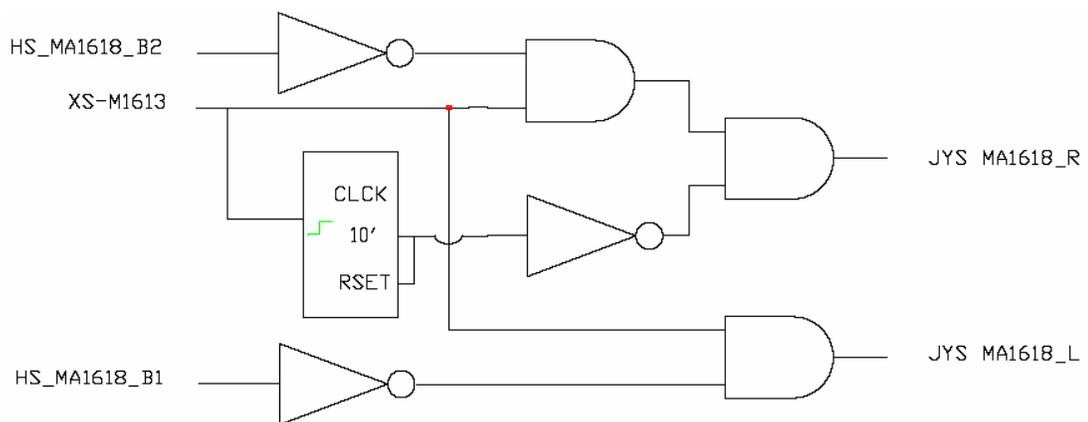


Figura 3. 13 CLD's para activación del moto-agitador

Las 3 señales digitales de entrada son:

- XS-M1613: enviada por un controlador externo a la planta cuando las bombas de pozo están activas

- **HS_MA1618_B1**: generada por el selector de 3 posiciones HS_MA1618_B (ubicado en el panel X-1602) cuando está en la posición de local.
- **HS_MA1618_B2**: generada por el selector de 3 posiciones HS_MA1618_B cuando está en la posición remoto.

Las dos señales digitales de salida son:

- **JYS_MA1618_R**: se genera cuando se activan la señal del selector HS_MA1618_B1 (lógica negativa) y la señal de activación de la bomba de pozo XS_M1613. La señal se desactiva después de 10 minutos. Esta salida digital se conecta a los contactos del arrancador (contactor K7-MA1618) ubicado dentro del panel de arrancadores X-1602 y permite que la bomba arranque automáticamente.
- **JYS_MA1618_L**: se genera cuando la bomba de pozo está activa, o sea se recibe la señal XS_M1613 y además el selector está en función local generando la señal HS_MA1618_B2. Cuando esta salida se encuentra activa, solo es necesario que el operador pulse los botones de arranque y de parada para manejar directamente el funcionamiento del agitador.

La figura 3.14 está relacionada con el bombeo de agua desde el tanque T-1619 hacia los filtros mediante las bombas de succión P-1616-A/B, describe la lógica para las señales de entrada y salida en el controlador que interactúan para este proceso.

En la parte izquierda de la figura se observan las entradas digitales que manejará el PLC:

- **HS_M1616B_B1**: esta señal se genera cuando el respectivo selector de 3 posiciones ubicado en el panel de arrancadores se coloca en la posición de funcionamiento local.
- **XS_M1616A**: enviada por un contacto auxiliar del contactor correspondiente en el panel de arrancadores y se produce cuando la bomba P-1616A está en funcionamiento ya sea en modo local o remoto, se usa esta señal para evitar que las dos bombas funcionen al mismo tiempo.

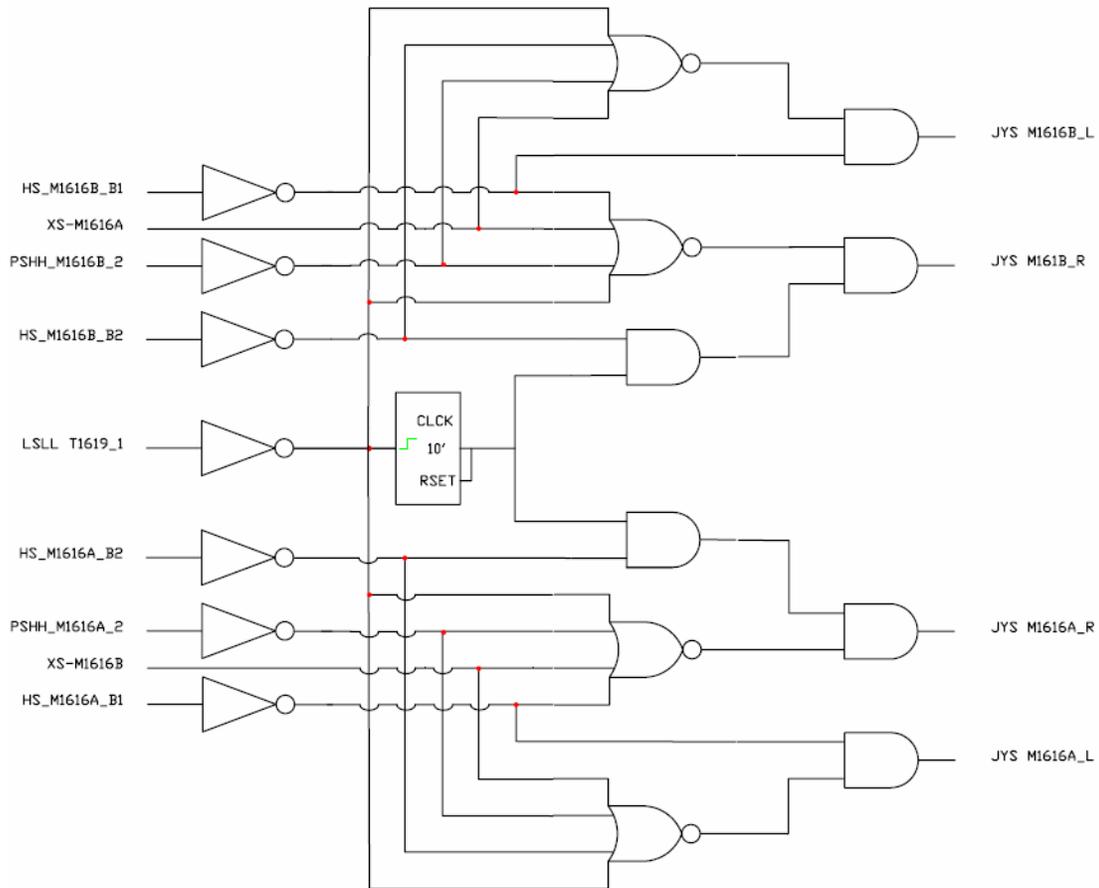


Figura 3. 14 CLD's para activación de bombas de succión P-1616 A/B

- **PSHH_P1616B_2:** alarma de presión alta generada por el switch cuando la presión de descarga alcanza el valor máximo fijado, se la usa para deshabilitar los permisos y apagar la bomba
- **HS_M1616B_B2:** cuando el selector se encuentra en modo remoto, el PLC recibe esta señal digital que hará actuar a las bombas automáticamente
- **LSLL_T1619_2:** Cuando el nivel de agua en el tanque de equilibrio T-1619 es muy bajo, el switch de nivel envía esta alarma para apagar la bomba y evitar que cavite. Al mismo tiempo esta señal activa un contador durante 10 minutos, tiempo en el que el tanque se llena de agua nuevamente, pudiendo así habilitar las señales de arranque de la bomba.

- **HS_M1616A_B2:** producida por el selector de 3 posiciones de la bomba P-1616-A cuando se encuentra en modo local.
- **XS_M1616B:** señal homóloga a XS_M1616A también indica el estado del funcionamiento de la bomba P-1616-B y así se evita que las dos bombas trabajen al mismo tiempo.
- **PSHH_P1616A_2:** generada por el switch de presión ubicado en la línea de descarga de la bomba P-1616-A cuando la presión alcanza el valor máximo permitido, al habilitarse automáticamente deben apagarse las bombas.
- **HS_M1616A_B1:** también generada por el selector de 3 posiciones pero cuando se encuentra en modo remoto.

La figura 3.15 es el diagrama de compuertas lógicas para el proceso de filtrado de arena. Las variables de entrada son la presión diferencial en el filtro FL_1601_A y la presión diferencial en el filtro FL_1602_B, ambas generadas por transmisores diferenciales de presión ya descritos en el capítulo 1. Las variables de salida, a la derecha de la figura son las señales que activan al juego de 5 válvulas, mismas que permiten el filtrado o retro lavado secuencial en cada equipo.

- **PDT_FL1601_A:** Nombre de la entrada análoga cuya señal es generada por el transmisor de presión diferencial ubicado en el filtro de arena FL-1601-A, mide la diferencia de valores entre la entrada y salida del vessel. Como se observa en la figura 3.15 esta señal va dirigida a un comparador, cuando el valor es menor que el set point se mantiene activa la señal XY_FL1601A_1 junto a XY_FL1601_4 para que el agua pase normalmente por el filtro; cuando el valor es mayor que el set point se habilita a un contador, mismo que activará la señal XY_FL1601A_2 y XY_FL1601B_1 y apagará las otras efectuar el retro lavado durante el tiempo que esté activo el reloj. Al mismo tiempo que el comparador habilita el reloj también produce un cambio en las señales habilitadoras de los comparadores para asegurar la alternabilidad en el uso de los filtros.

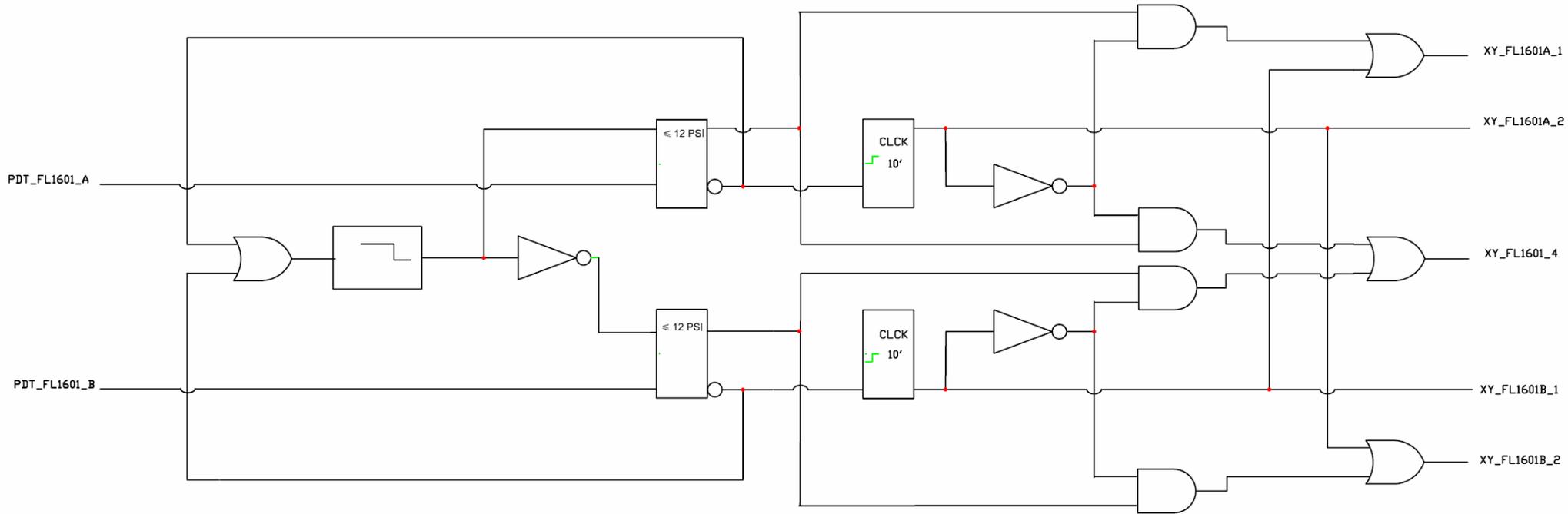


Figura 3. 15 CLD's para funcionamiento de filtros de arena

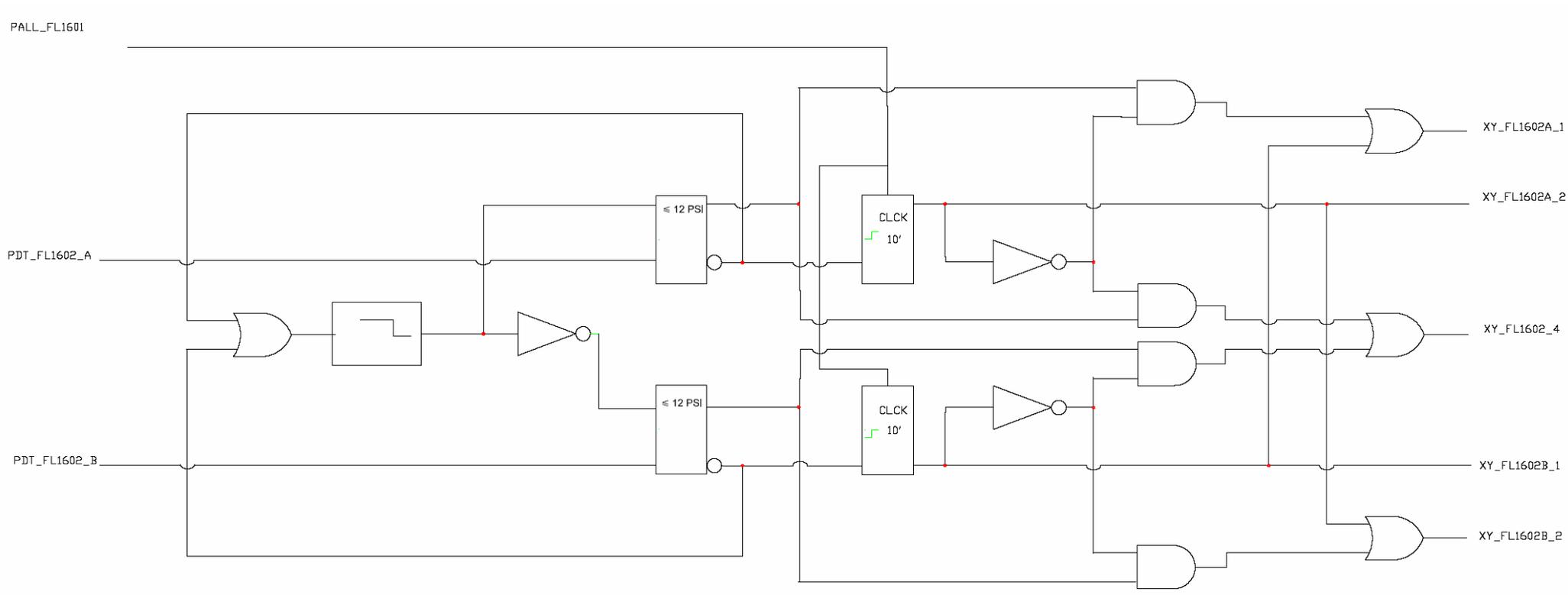


Figura 3. 16 CLD's para funcionamiento de filtros de carbón

- **PDT_FL1601_B:** Señal de entrada análoga correspondiente al valor de la presión diferencial entre la entrada y salida del filtro de arena FL-1601-B. Es usada con la misma lógica que la señal anterior. Cuando es menor al set point se activan las señales de funcionamiento para las electro válvulas XY-FL1601B-1 y XY-FL1601-4 de modo que el agua fluye a través del filtro de arena hasta que la presión diferencial alcanza el valor del set point y se produce el retro-lavado, esta vez en el filtro FL-1601-B. Para efectuar el retro-lavado se activa la señal XY_FL1601A_1 y XY_FL1601_B_2 desactivando las otras 3 hasta que termine el tiempo determinado por el contador.

En la figura 3.16 se puede observar la representación CLD para la lógica de funcionamiento en los filtros de carbón. Se omite una explicación más detallada debido a que es similar a la figura 3.15, la única diferencia radica en la inclusión de la entrada lógica digital PALL_FL1601, señal virtual generada en la programación del PLC cuando se está efectuando el retro-lavado en cualquiera de los dos filtros, o lo que es lo mismo cuando la válvula XY-FL1601-4 está cerrada. Si sucediera la eventualidad de que en los dos filtros, carbón y arena, se activen las señales del retro lavado, tan solo llegaría agua para el de arena, por lo que esta señal sirve para pausar el lavado del filtro de carbón hasta que termine el retro-lavado en el filtro de arena, continuando así con su funcionamiento independientemente.

La figura 3.17 representa al CLD relacionado a la lógica de funcionamiento de la unidad hidro-neumática de agua industrial, en función de las entradas se activan la bomba P-1621A o su alterna P-1621B y la electro-válvula para ingreso de aire XY-V1609.

Tal como ocurre en el caso de las bombas P-1616-A/B, para encender las bombas P-1621-A/B también se usan señales permisivas, son salidas digitales que van desde el controlador hacia los contactores ubicados dentro del panel de arrancadores X-1602. Para cada motor, o más apropiadamente, para su respectivo contactor se han asignado dos salidas digitales, la una es para un arranque en modo automático y la otra es para un arranque en modo local, esto se confirma en la figura 3.17, en donde se aprecian las cuatro

salidas o señales permisivas (JYS) para funcionamiento de motores más una salida digital que gobierna la electro válvula XY-V1609-1, esta señal tiene una característica de retroalimentar al CLD debido a que funciona también como una de las entradas digitales del diagrama que inhabilita a cualquiera de las otras salidas cuando entra en funcionamiento.

En la figura 3.17 todas las señales que ingresan a las compuertas NOR son las que deshabilitan a los permisivos JYS de las bombas, es decir si una de estas señales se activan las bombas se apagarán:

- **LALL_T1604:** Alarma producida por el controlador cuando el nivel de agua en el tanque de almacenamiento T-1604 es muy bajo, apaga las bomba para evitar que empiecen a succionar solo aire.
- **PAH_V1609_1:** Alarma producida por el controlador cuando el instrumento PT-V1609 indica que la presión ya ha alcanzado un valor alto, de modo que se apaga la bomba para que ya no se debe ingresar más agua al vessel V-1609.
- **XY_V1609:** Señal producida cuando se ha abierto la válvula XY-V1609, se evita prender la bomba durante la acción de la electro-válvula, ya que está determinada por el nivel de líquido dentro del vessel.
- **XS-M1621-A/B:** Enviada por el contactor de la bomba, sirve para verificar el estado de su alterna y evitar que se enciendan dos motores al mismo tiempo.
- **PSHH_M1621_A/B:** Se origina cuando existe un exceso de presión en la descarga de la bomba, al detectar la presencia de esta alarma enviada por el switch de presión el controlador automáticamente apaga el permisivo correspondiente.

Para encender la bomba en modo manual, o sea activarla mediante el permisivo JYS_M1621A_L o JYS_M1621B_L más los push buttons de arranque y parada, es necesario que el selector de tres posiciones en el panel de arrancadores se encuentre en

posición local para que genere la entrada digital HS_M1621A_B1 o HS_M1621B_B1 según corresponda; de la misma manera para encender la bomba en modo automático el selector deberá estar en posición de funcionamiento remoto para que genere la señal HS_M1621A_B2 o HS_M1621B_B1. En modo remoto la bomba se activará cada vez que la presión dentro del vessel sea baja y se genere la alarma PAL_V1609_1, se apagará cuando la presión haya subido hasta generar la alarma PAH_V1609_1.

Por otro lado, la válvula XY_1609_1, activada por la señal del mismo nombre, está programada para que pase al estado ON cuando la presión dentro del vessel sea baja y además el nivel de agua esté alto; cuando esto sucede significa que el colchón de aire dentro del recipiente se ha visto disminuido y por lo tanto es hora de permitir el ingreso de aire dentro del vessel gracias a la apertura de la electro válvula XY-V1609-1. El aire ingresa en cantidad suficiente hasta que hace presión sobre la capa de agua y logra comprimirla hasta disminuirla de nivel, momento en que se cierra la válvula y se continúa con el proceso. Cabe destacar que para realizar este proceso de ingreso de aire, es necesario que la bomba de succión de agua esté apagada, esta es la razón por la que la señal de activación de la electro válvula sirve a su vez como una señal de parada de la bomba.

La figura 3.18 corresponde al diagrama lógico de control de la unidad hidroneumática de agua potable, se omitirá una explicación debido a que es totalmente análoga a la figura 3.17.

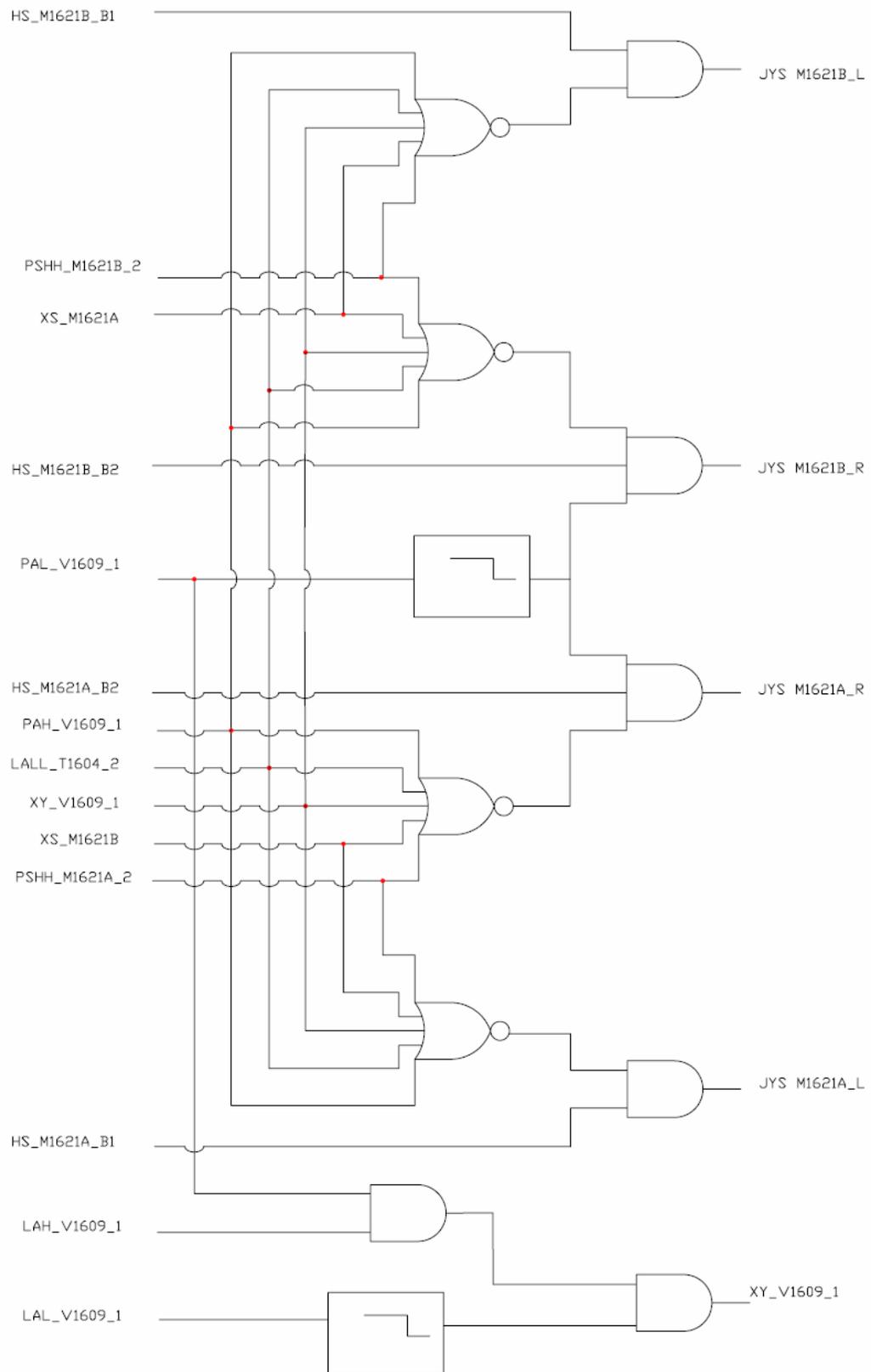


Figura 3. 17 CLD's para unidad hidroneumática de agua industrial

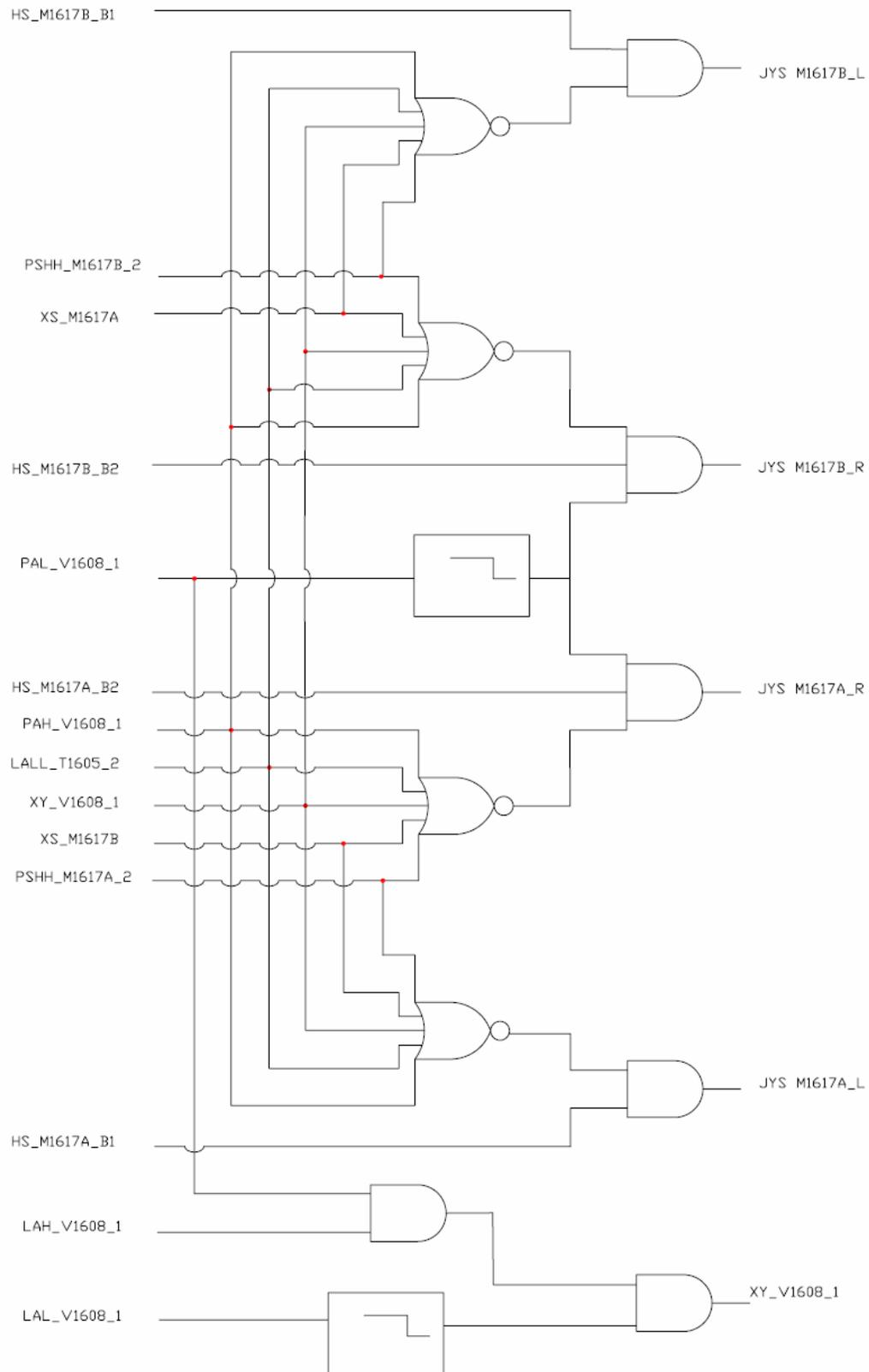


Figura 3. 18 CLD's para unidad hidro-neumática de agua potable

3.3 LISTADO DE ENCLAVAMIENTOS

Tabla 3. 1 Listado de enclavamientos para el sistema de Tratamiento de Agua X-1602

INTERLOCK	DESCRIPCIÓN	CAUSA	EFECTO	
		TAG	ACCIÓN	TAG
I2B	Bomba de pozo p1613 apagada	XS P 1613	OFF	MA_1618
	Función local de moto agitador	HS MA1618_B2		
I2C	Estatus on bomba p-1616b	XS P 1616 B	OFF	P-1616-A
	Presión alta alta en bomba p-1616a	PSHH P1616A 2		
	Presión alta en entrada de filtros	PAH PT P1616 1		
	Nivel bajo bajo en tanque t-1619	LSLL T1619 1		
	Presión alta alta en bomba p-1616b	PSHH P1616B 2		
	Estatus on bomba p-1616a	XS P 1616 A	OFF	P-1616-B
I2D	Presión diferencial alta en fl-1601-a	PDAH_FL1601_A	CLOSE	XY-FL1601A-1
			OPEN	XY-FL1601A-2
			OPEN	XY-FL1601B-1
			CLOSE	XY-FL1601B-2
			CLOSE	XY-FL1601-4
	Presión diferencial alta en fl-1601-b	PDAH_FL1601_B	CLOSE	XY-FL1601-4
			OPEN	XY-FL1601A-1
			CLOSE	XY-FL1601A-2
			OPEN	XY-FL1601B-1
			CLOSE	XY-FL1601B-2
I2E	Presión diferencial alta en fl-1602-a	PDAH_FL1602_A	CLOSE	XY-FL1602A-1
			OPEN	XY-FL1602A-2
			OPEN	XY-FL1602B-1
			CLOSE	XY-FL1602B-2
			CLOSE	XY-FL1602-4
	Presión diferencial alta en fl-1602-b	PDAH_FL1602_B	CLOSE	XY-FL1602-4
			OPEN	XY-FL1602A-1
			CLOSE	XY-FL1602A-2
			OPEN	XY-FL1602B-1
			CLOSE	XY-FL1602B-2
I2F	Nivel alto en tanque t-1604	LAH_T1604	CLOSE	XY-T1604
I2G	Nivel bajo bajo en tanque t-1604	LSLL_LT T1604	OFF	P-1621-A/B
	Nivel alto en vessel v_1609	LAH_LT V1609 1		
	Presión alta en vessel v-1609	PAH_PT V1609 1		
	Presión alta alta en bomba p-1621a	PSHH P1621A 2		
	Bomba p1621 b on	XS P 1621 B		
	Presión alta alta en bomba p-1621b	PSHH P1621B 2		
	Bomba p-1621-a on	XS P 1621 A		
Bajo nivel en vessel v_1609	LAL_LT V1609 1	CLOSE	XY-V1609-3	
I2H	Nivel alto en tanque t-1605	LAH_T1605	CLOSE	XY-T1605
I2I	Nivel bajo bajo en tanque t-1605	LSLL_LT T1605	OFF	P-1617-A/B
	Nivel alto en vessel v_1608	LAH_LT V1608 1		
	Presión alta en vessel v-1608	PAH_PT V1608 1		
	Presión alta alta en bomba p-1617a	PSHH P1617A 2		
	Bomba p1617 b on	XS P 1617 B		
	Presión alta alta en bomba p-1617b	PSHH P1617B 2		
	Bomba p-1617-a on	XS P 1617 A		
Bajo nivel en vessel v_1608	LAL_LT V1608 1	CLOSE	XY-V1608-3	

Se conoce como enclavamiento (interlock en inglés) a un circuito que impide una acción hasta que se resuelvan algunas condiciones. Es usado principalmente para fines de seguridad y para proteger equipos de condiciones no deseadas.

Tal como se observa en la tabla 3.1 en el control del sistema para la planta de agua se han considerado 8 interlocks y se los ha denominado en orden alfabético desde I2B hasta I2I. Se puede apreciar también que la tabla ordena sus columnas clasificándolas en causa y efecto, cada enclavamiento o interlock se activa debido a una causa y ejerce una acción sobre algún equipo.

Por ejemplo en el interlock I2B si la bomba P-1613 se apaga (causa), el controlador recibe una señal de tag XS_P_1613 en OFF y por lo tanto realiza la acción de apagar el moto-agitador mediante la desactivación de la señal MA_1618 (efecto); de la misma forma si el agitador estaba activo en función remota y el operador cambia el status del switch a modo local, el controlador está programado para parar automáticamente el agitador una vez que detecta la señal HS_MA1618_B2 en ON.

El interlock I2C está diseñado especialmente para proteger a las bombas de succión P-1616-A y su alterna P-1616-B. Como se observa en la tabla, existe la acción de apagar la bomba P-1616-A si la presión en la línea de descarga es alta o si por cualquier motivo se encendiera el permisivo de la bomba P-1616-B; situación análoga ocurre para la bomba P-1616-B. Otras causas de enclavamiento es que el nivel de agua en el tanque de equilibrio sea muy bajo, en cuyo caso las bombas succionarían aire o que la presión de entrada en los filtros sea alta.

Los enclavamientos I2D, I2E, I2F, I2H corresponden al funcionamiento de las electro-válvulas. Al igual que el interlock I2C se relaciona a las bombas P-1616, los interlocks I2G, I2I se relacionan al funcionamiento de las bombas P-1621-A/B y P-1617-A/B

3.4 CARTA CAUSA EFECTO

La carta causa-efecto es una herramienta útil para el programador de la lógica de control, ya que esquematiza y organiza las variables de entrada y salida mediante el uso de una matriz de correspondencia, en el anexo 17 se puede observar la carta causa-efecto correspondiente el sistema de la planta de agua X-1602

En la primera columna se escriben las causas, generadas por transmisores, switches, alarmas, etc., con su respectivo tag, la dirección asignada en el PLC y de ser el caso el valor físico que produce la causa, como por ejemplo 20 psi, 80 mm H2O, etc.

En la primera fila se detallan los efectos sobre los equipos de la planta tales como las bombas y las electro-válvulas. Por cada motor existen dos permisivos, uno local y uno remoto que a su vez pueden ser encendidos o apagados, además del tag cada señal tiene asignado su respectiva dirección en el PLC, tal como se observa en esta fila.

Tabla 3. 2 Fragmento de carta causa-efecto

CAUSA			EQUIPOS	M-1618				M-1616A				M-1616B			
				PLC ADDRESS	O:6-12	O:6-13	O:6-00	O:6-01	O:6-02	O:6-03					
TAG			TAG	JYS_MA1618_R	JYS_MA1618_L	JYS_M1616A_R	JYS_M1616A_L	JYS_M1616B_R	JYS_M1616B_L						
				ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF				
TAG	DESCRIPCIÓN	PLC ADDRESS	SET	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF		
1	XS_M1613	ESTADO DE LA BOMBA P-1613 A/B	I:4-28	X											
2	HS_MA1618_B1	FUNCIÓN LOCAL	I:4-26		X	X									
3	HS_MA1618_B2	FUNCIÓN REMOTA	I:4-27	X			X								
4	LSELL_T1619_1	NIVEL DE AGUA EN T-1619	I:4-00					X		X	X		X		
5	PSHH_1616A_2	PRESIÓN EN DESCARGA BOMBA	I:4-01					X		X					
6	PSHH_1616B_2	PRESIÓN EN DESCARGA BOMBA	I:4-02									X	X		
7	HS_M1616A_B1	FUNCIÓN LOCAL	I:4-08					X	X						
8	HS_M1616A_B2	FUNCIÓN REMOTA	I:4-09					X		X					
9	XS_M1616A	ESTADO DE BOMBA P1616A	I:4-07									X	X		
10	HS_M1616B_B1	FUNCIÓN LOCAL	I:4-11									X	X		
11	HS_M1616B_B2	FUNCIÓN REMOTA	I:4-12							X			X		
12	XS_M1616B	ESTADO DE BOMBA P-1616B	I:4-10					X	X						

La tabla 3.2 es un fragmento de la carta que demuestra las causas-efectos relacionados a los motores MA-1618 y M-1616-A/B respectivamente. Por ejemplo, si deseamos conocer las causas necesarias para que el agitador del tanque clarificador T-1618 se encienda en forma automática, nos situamos en la primera columna relacionada a los efectos y escogemos el primer tag JYS_MA1618_R en su modo ON. Una vez que se ha ubicado la columna buscamos las filas correspondientes de acuerdo a la ubicación de las letras “x” cuya intersección determinará las causas necesarias para que la señal JYS_MA1618_R se encienda; en este caso son necesarias dos causas, ubicadas en la fila 1 y 3: que la bomba de succión en el pozo esté encendida y que el handswitch se encuentre en posición remota.

Si un operador observa que hay anomalías en el funcionamiento de algún equipo, puede hacer uso de la carta causa-efecto para detectar con mayor precisión la falla. De la misma forma es una herramienta útil para el comisionado y ejecución de pruebas rutinarias de todo el sistema.

3.5 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

Para programar adecuadamente el controlador se ha usado:

- El software de programación RSLogix5000 versión 15.1
- El software de comunicaciones RSLinx
- La utilidad BootP de Rockwell

En RSLogix5000 se creó un proyecto nuevo denominado PETROBRÁS, en donde aparece un cuadro de diálogo que nos permitirá escoger el tipo de chasis; como se detalló en el capítulo 2, se usará el 1756-A7, apropiado para 7 módulos.

En la figura 3.19 se observa la apariencia que tiene el programa al crear un nuevo proyecto, en el óvalo se destaca lo que se conoce como *el organizador del controlador*.

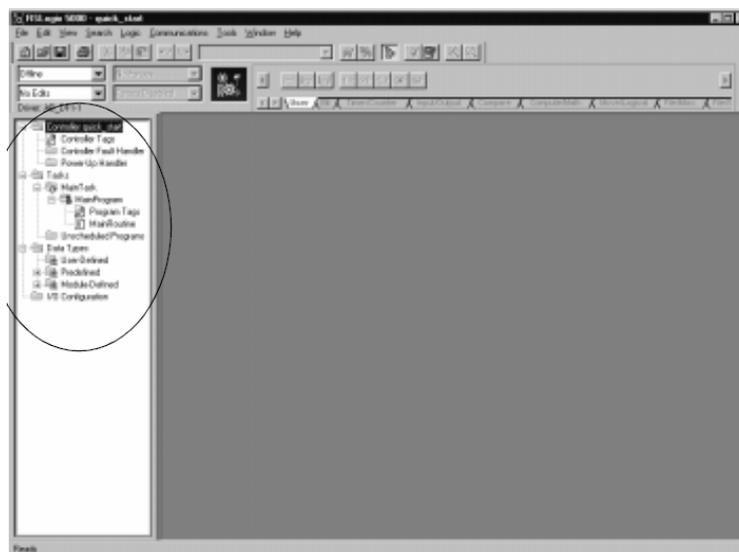


Figura 3. 19 Organizador del controlador

Como se observa en la figura 3.20, en la carpeta **I/O CONFIGURATION** ubicada en el organizador, se pueden añadir los módulos de entradas y salidas necesarios haciendo un clic derecho.

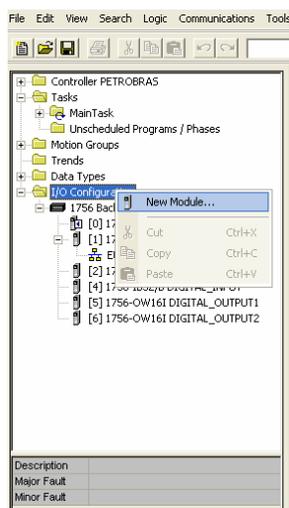


Figura 3. 20 Selección de módulos I/O

Las figuras 3.21 a 3.27 muestran los cuadros de diálogo pertenecientes a las propiedades de los 7 módulos del controlador.

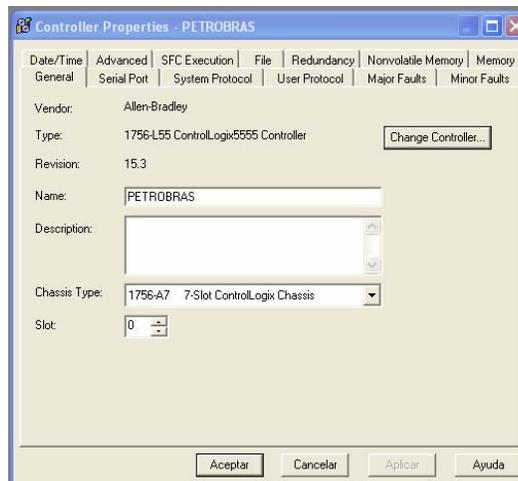


Figura 3. 21 Propiedades del controlador, ubicado en el slot 0

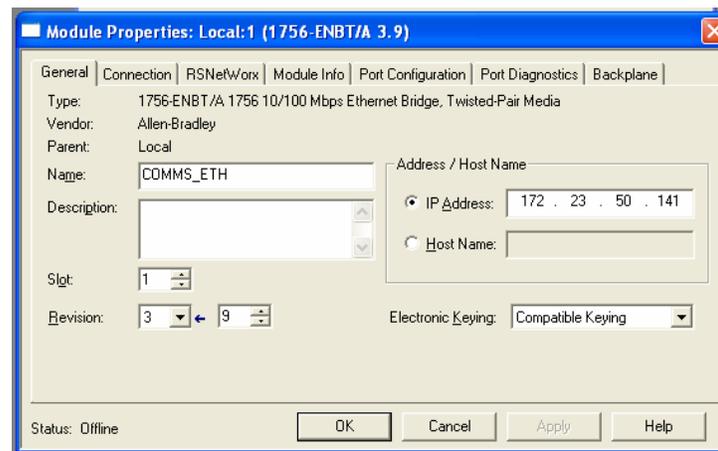


Figura 3. 22 Propiedades del módulo ethernet ubicado en el slot 1

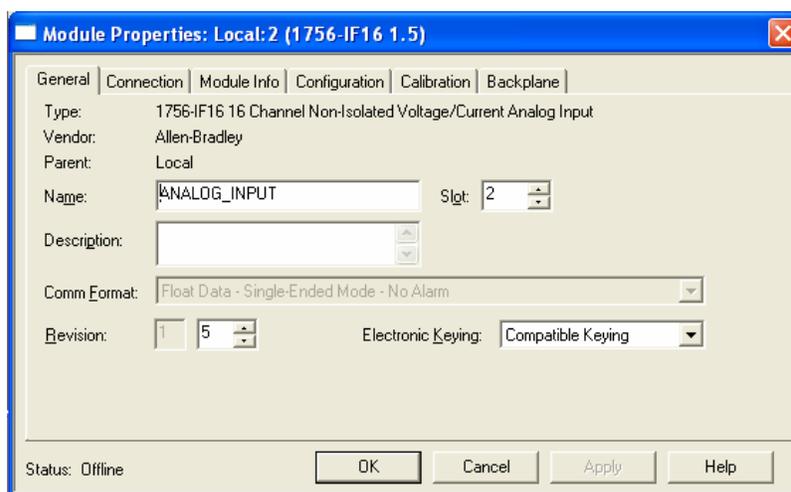


Figura 3. 23 Propiedades del módulo de entradas analógicas ubicado en el slot 2

El módulo de entradas analógicas tiene la propiedad de configuración de los canales, de esta forma se puede escalar cada señal de acuerdo a las unidades de ingeniería. Por ejemplo en la figura 3.24 se muestra el escalamiento de la señal que ingresa en el canal 0 del módulo, los valores entran en un rango de 4 a 20 mA, pero se configura para que en unidades de ingeniería se observen valores de 0 a 120 psi, se puede realizar esta acción gracias a que todos los sensores análogos que se han usado son lineales en ese rango.

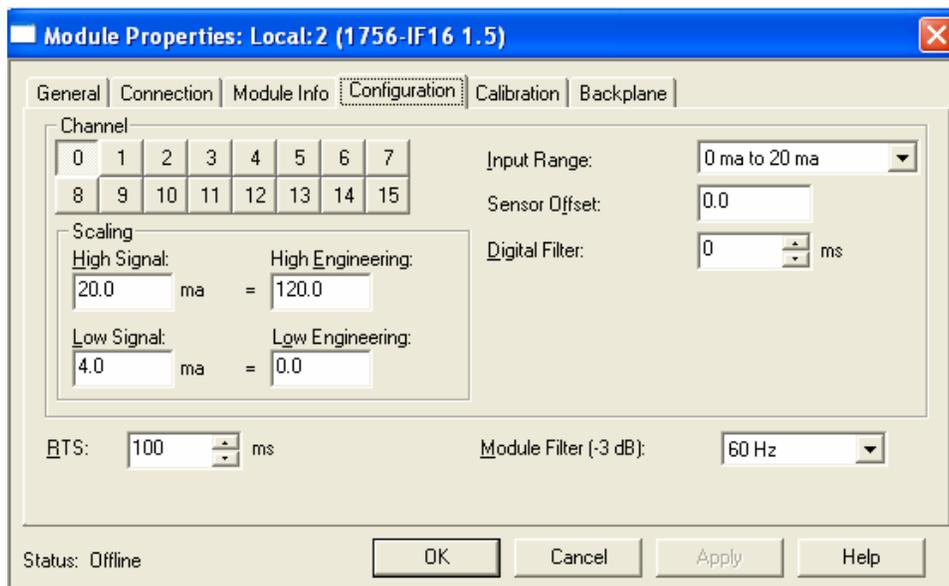


Figura 3. 24 Escalamiento de las entradas análogas.

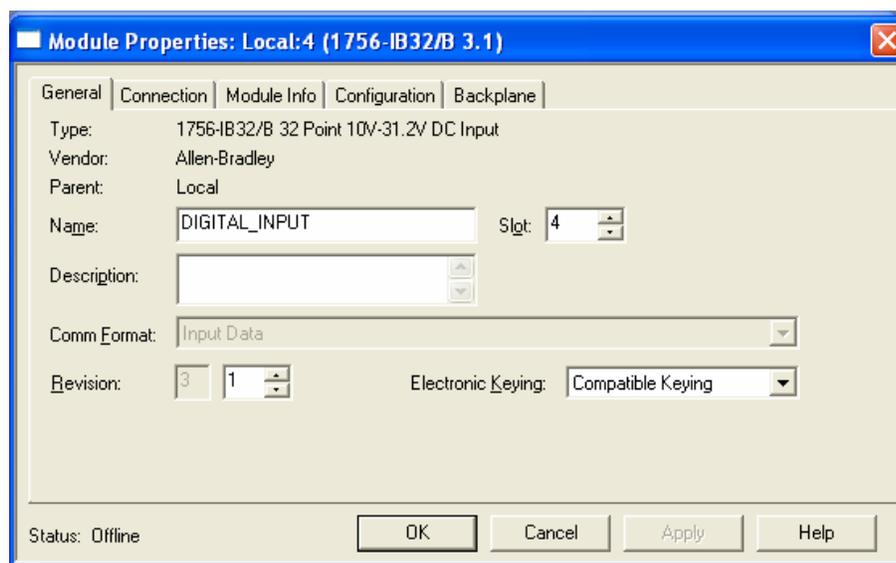


Figura 3. 25 Propiedades del módulo de entradas digitales ubicado en el slot 4

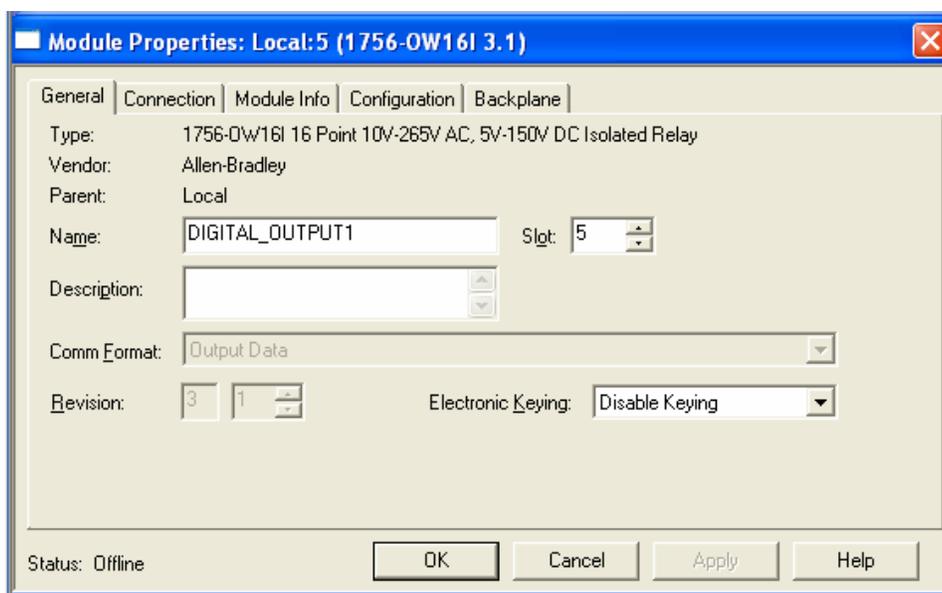


Figura 3. 26 Propiedades del módulo de salidas digitales ubicado en el slot 5

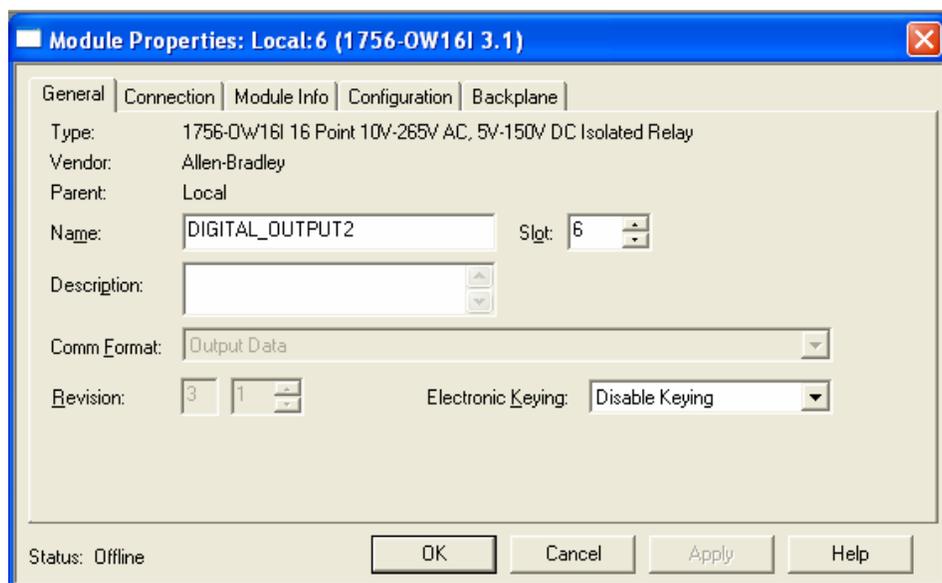


Figura 3. 27 Propiedades del módulo de salidas digitales ubicado en el slot 6

En el anexo 18 se muestra la captura de las pantallas del programa realizado en ControlLogix.

3.6 NARRATIVAS DE CONTROL

3.6.1 Activación del moto agitador

El moto-agitador puede funcionar en dos estados, uno de activación local y otro de activación remota. En activación local el handswitch del panel de arrancadores activa la entrada digital correspondiente (HS_MA1618_B1; I:4, DATA26) que a su vez activa a la bobina del permiso local correspondiente (JYS_MA1618_L).

En activación remota se necesita de la entrada digital HS_MA1618_B2 (I:4, DATA 27) y de la entrada digital XS_M1613 (I:4,DATA 28), esto es bombas de pozo encendidas, para activar la bobina del permiso en remoto. Una vez que las bombas del pozo se apagan el permiso del moto agitador quedará encendido por 10 minutos más para permitir el proceso de floculación.

3.6.2 Activación de las bombas de filtración

Existen 4 permisos involucrados en la activación de las bombas de filtración:

JYS_P1616A_L

JYS_P1616A_R

JYS_P1616B_L

JYS_P1616B_R

Los dos primeros son el permiso local y remoto de la bomba P-1616-A, los dos siguientes son los permisos de las bombas P-1616-B. De los cuatro permisos solo uno puede estar activo al mismo tiempo, ya que el sistema hidráulico tiene capacidad para la succión de una sola bomba.

El permiso se pone en status off por dos razones: la primera que el nivel del agua sea bajo, es decir que el LSLL_T_1619_1 se active; la segunda es que la presión de descarga de las bombas sea mayor a la presión fijada en los switches PSHH-P1616A/B-2.

Las bombas se encienden automáticamente 10 minutos después de que el switch de nivel se haya activado, este es el tiempo en el que las bombas del pozo se demoran en llenar el tanque cuando recibe la señal de vaciado.

3.6.3 Etapa de filtración y retrolavado

La fase de filtrado es controlada automáticamente por un arreglo de 5 electroválvulas que direccional el agua entre dos filtros. Se pueden distinguir básicamente 4 etapas claramente diferenciadas. La primera etapa conduce el agua para que fluya a través del filtro FL-1601A.

La segunda etapa comienza cuando el transmisor de presión diferencial en el filtro activa la alarma de estatus mayor a 12 PSI. Comienza el retro-lavado del filtro FL-1601-A durante un tiempo de 5 minutos.

La tercera etapa conduce al agua para que fluya a través del filtro FL-1601B. Por último la cuarta etapa realiza lo mismo que la segunda a diferencia de que el objeto de retro-lavado es el filtro FL-1601-B. El arreglo de status de las electro-válvulas se aprecian en el siguiente recuadro.

Tabla 3. 3 Arreglo de electro válvulas en filtros de arena

	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4
	filtrado en FL-1601-A	retro-lavado en FL-1601-A	filtrado en FL-1601-B	retro-lavado en FL-1601-B
XY_FL1601A_1	ON	OFF	OFF	ON
XY_FL1601A_2	OFF	ON	OFF	OFF
XY_FL1601_4	ON	OFF	ON	OFF
XY_FL1601B_1	OFF	ON	ON	OFF
XY_FL1601B_2	OFF	OFF	OFF	ON

El proceso en los 2 siguientes filtros FL-1602A y FL-1602B es similar a la de los filtros anteriores, la única diferencia es que para que funcione se necesita que no esté en estado off la electro-válvula FL_1601_4.

Tabla 3. 4 Arreglo de electro válvulas en filtros de carbón activo

	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4
	filtrado en FL- 1602-A	retro- lavado en FL- 1602-A	filtrado en FL- 1602-B	retro- lavado en FL- 1602-B
XY_FL1602A_1	ON	OFF	OFF	ON
XY_FL1602A_2	OFF	ON	OFF	OFF
XY_FL1602_4	ON	OFF	ON	OFF
XY_FL1602B_1	OFF	ON	ON	OFF
XY_FL1602B_2	OFF	OFF	OFF	ON

3.6.4 Almacenamiento de agua

Para que el agua ingrese a los tanques de almacenamiento T-1604 y T-1605 deben encenderse las válvulas XY-T1604-2 y XY-T1605-2 respectivamente.

El control on-off de estas válvulas se realiza acorde al transmisor de nivel respectivo. En el caso del tanque T-1604, cuando el transmisor de nivel LT_1604_1 sense un nivel igual o menor a 165" H2O se abrirá la electro válvula para que permita el fluido hasta un nivel de 190" H2O. Para el caso del tanque T-1605 existe la misma lógica.

3.6.5 Unidades hidroneumáticas

Cuando la presión del vessel V-1608 disminuya a 85 PSI se deberá encender el permisivo remoto de la bomba P-1617-A/B. El permisivo se desenclava cuando la presión del vessel llega a 100 PSI. El permisivo de la bomba se desenclava si la presión de descarga es mayor o igual a 110 PSI o si el nivel de agua en el tanque T- 1605 es menor a 16" H2O.

Si la presión del vessel es baja (85 PSI) y el nivel de agua es alto (120" H₂O), entonces se abre la válvula XY_V1608_3 para dar ingreso al aire de instrumentos. Se cierra la válvula cuando el nivel de agua disminuya a 110" H₂O.

En el caso del vessel V-1609 existe la misma lógica, excepto que el rango de presión normal varía de 95 PSI a 110 PSI.

CAPÍTULO 4

CONSTRUCCIÓN

4.1 CONSTRUCCIÓN DEL PANEL DE CONTROL Y ARRANCADORES

Una vez que se ha cumplido con la etapa de aprobación de planos y listas de materiales, es recomendable continuar con la procura y construcción de los paneles en la fábrica, a fin de que sean probados antes de su traslado hacia su destino final. Esta política garantiza la prevención de errores, ya sean estos derivados de equipos defectuosos o por fallas en el diseño, que producirían un coste mayor al ser detectados en campo.

4.1.1 Construcción del panel de control



Figura 4. 1 Fuente de poder Sola y módulo de redundancia

La construcción del panel de control comienza con la elaboración de un doble fondo, esta es una placa de acero inoxidable que irá anclada en el interior del tablero y contendrá todos los elementos distribuidos acorde al plano correspondiente.

Para que el doble fondo quepa adecuadamente dentro del tablero, sus dimensiones deben ser de 45 x 33 pulgadas, con 8 orificios de 3/8" para la sujeción con los pernos del panel. Cuando la placa está lista, se empieza a distribuir los elementos en ella para su respectivo anclaje. Según su ubicación en el plano del anexo 10, los primeros elementos en fijar son las dos fuentes de poder SOLA con su respectivo módulo de redundancia, estas dos fuentes proveerán de energía al PLC y a los instrumentos. En la figura 4.1 se puede apreciar las fuentes, el módulo redundante y su conexionado.

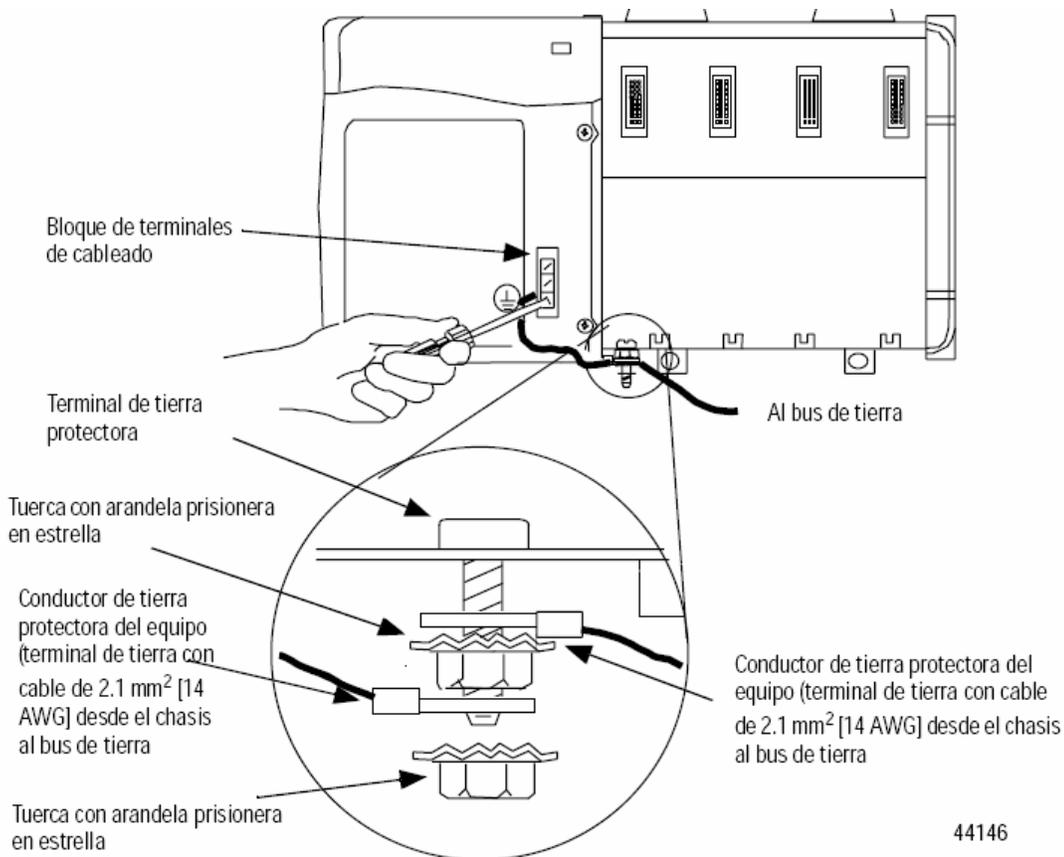


Figura 4. 2 Conexiones a tierra para el chasis del PLC

Para instalar el PLC, es necesario fijar primero el chasis sobre la placa, verificando que las conexiones a tierra sean adecuadas, seguidamente se fija la fuente de alimentación eléctrica al chasis y se conecta la tierra de la fuente a la tierra del chasis tal como lo señala la figura 4.2.

Para insertar los módulos, del controlador, ethernet, entradas salidas del PLC que ya se han descrito en los capítulos anteriores, se debe alinearlos con las guías superior e inferior en el chasis; estarán completamente instalados cuando se encuentren al ras de la fuente de alimentación o al ras con otras tarjetas previamente instaladas.



Figura 4. 3 PLC modular Allen Bradley

Junto al controlador se ubica el convertidor de medios, interfase entre la tarjeta ethernet del PLC y el cable de fibra óptica. Desde la tarjeta ethernet se conecta un cable UTP punto a punto hacia el convertidor de medios, equipo al que también se conectará un cable de fibra óptica flexible que va hacia la caja de empalme, donde finalmente se acoplará con la fibra óptica proveniente desde la sala de control.

Bajo los equipos mencionados en los apartados anteriores se instalan las canaletas ranuradas, por cuyo interior se distribuirán todos los cables que van desde las borneras

hacia el PLC y desde las borneras hacia los instrumentos o actuadores. Las canaletas rodearán tres áreas principales: una correspondiente al bloque terminal de borneras para entradas análogas, otra para las borneras de entradas digitales y finalmente una para las salidas digitales.

Como se observa en la figura 4.4 el bloque izquierdo de borneras perteneciente a las entradas análogas (TB 2) tiene en sus puntos de conexión cables de tono azul que se dirigen al slot 02 del PLC, la tarjeta de entradas análogas 1756-IF16.

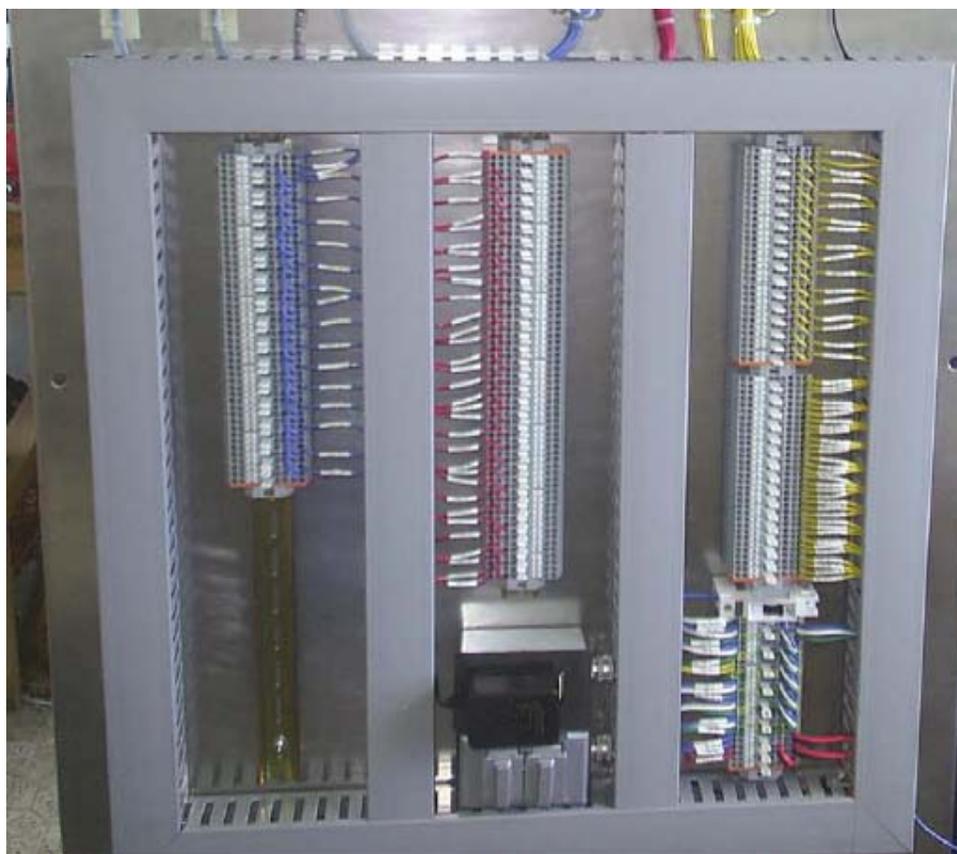


Figura 4. 4 Distribución de canaletas en panel de control

En la figura 4.5 se puede apreciar un mejor acercamiento de las borneras. Para cada entrada análoga existen tres terminales, la una corresponde al retorno o dato que va al PLC, la segunda a la alimentación (24 V), y la tercera a la tierra aislada común; estas dos

últimas son puenteadas con sus bornes similares. A la bornera de alimentación se la ha dotado de un porta fusible provisto de un led rojo que se enciende en caso de falla para facilitar el mantenimiento.

El bloque terminal de borneras correspondiente a las entradas digitales (TB4) y ubicado en la parte central recibe las señales de los switches de presión, nivel y además de los push buttons ubicados en el panel de fuerza. Los cables que conectan a los bornes con su slot correspondiente se distinguen por el color rojo, éstos y la totalidad de los cables dentro del panel se encuentran marquillados con su nombre apropiado, tal como se señala en el plano de terminaciones eléctricas adjunto en el anexo 12. Cada conductor se conecta a la bornera mediante un terminal de cuello plástico, apropiado para el ancho del cable, proveyendo así de una correcta sujeción y conducción.

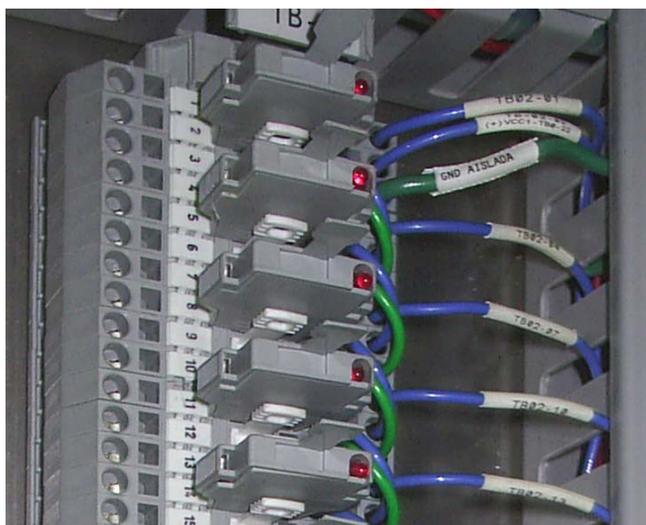


Figura 4.5 Bloque terminal- Entradas análogas

Bajo el bloque de borneras TB 4 se ha instalado un corta picos (surge protector) de marca Weidmüller (Figura 4.6), para proteger a los equipos electrónicos de sobre voltajes causados por descargas atmosféricas o transientes. Como entradas a este dispositivo se conectan la fase y el neutro provenientes desde el UPS, así como la conexión a tierra. La salida del corta picos provee al panel de un voltaje con la protección necesaria. Otros elementos ubicados bajo el TB 4 son dos toma corrientes de 110 V para usos varios.

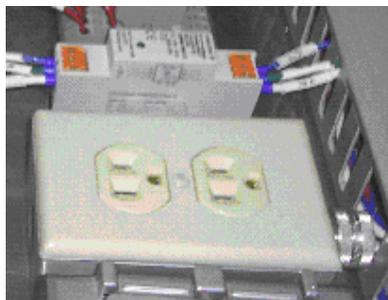


Figura 4. 6 Supresor de transientes y tomacorriente en panel de control

En la parte inferior derecha se instalan los bloques terminales TB5 y TB6 concernientes a las salidas digitales que accionan las electro-válvulas y los permisivos para las bombas respectivamente. En esta sección los cables se distinguen de los otros debido a su color amarillo, sin embargo mantienen el marquillado y la conexión de los puntos con terminales de cuello plástico. Bajo estos dos terminales se ha ubicado también el TB-0, es el bloque de la distribución principal del panel; desde aquí los equipos reciben la alimentación necesaria, se compone de un breaker de 6 A y borneras, unas de color verde para las conexiones de tierra y las demás de color gris, destacándose aquí las borneras con porta-fusibles adaptadas a 24 y 110 V (Fig. 4.7).

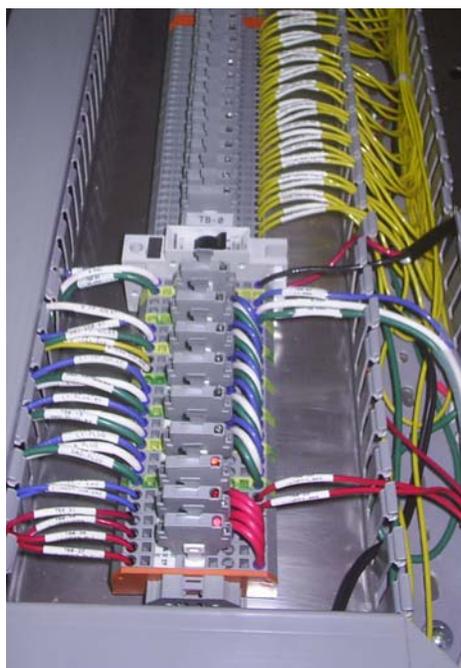


Figura 4. 7 Bloque de terminales TB0

Finalmente se instalan dos pequeñas barras de cobre sobre el doble fondo, una de ellas se conectará a tierra y al chasis y la otra se conectará la tierra aislada para instrumentos.

4.1.2 Construcción del panel de arrancadores

Similar al panel de control, el panel de arrancadores X-1602 contiene un doble fondo de acero inoxidable, en donde se deberá trabajar anclando todos los dispositivos elementos embebidos en el tablero. Se distribuyen los elementos siguiendo el plano adjunto en el anexo 11 con la finalidad de dibujar la ubicación de cada parte, enfatizando las canaletas ranuradas y riel din.

En el segmento superior del doble fondo (figura 4.8) se disponen los transformadores de corriente, el breaker principal, el supervisor de fases y los porta-fusibles que protegerán a los siete transformadores de control de los mandos de control en las bombas.



Figura 4. 8Distribución superior del panel de arrancadores

En la segunda sección (figura 4.9) y separada por una canaleta, se ubica un riel din sobre el que se arreglará una hilera de breakers secundarios concernientes a las bombas de succión, el moto agitador, bombas dosificadoras y elementos de potencia menor tales como

la lámpara ultravioleta, y medidor de volumen. Los cables conectores entre los breakers principal y secundarios han sido escogidos de acuerdo al amperaje de la carga, éstos han sido marquillados en función de los dispositivos que conecta y sujetos apropiadamente mediante terminales tipo U con cuello plástico.



Figura 4. 9 Breakers Secundarios

El siguiente arreglo dentro del panel corresponde a una fila de contactores, cuyo orden sigue la misma lógica de los breakers. Se distinguen los contactos auxiliares y guarda motores, cuyos cables se dirigen hacia las borneras de control. Para facilitar el conexionado de elementos de baja potencia (110 V) tales como los sistemas de mando y control manual de las bombas, las dosificadoras, la lámpara ultravioleta, etc. se ha dispuesto de un repartidor de cargas ubicado en la parte derecha de los contactores (Fig. 4.10).

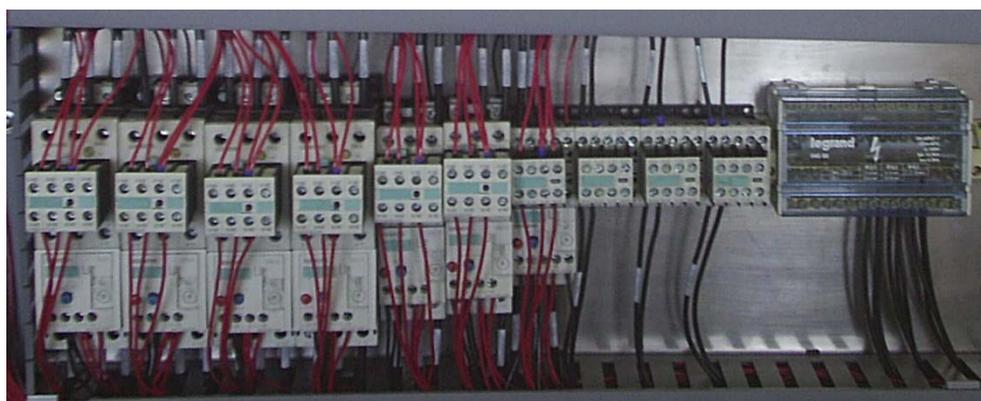


Figura 4. 10 Contactores y repartidor de carga

En la parte inferior del tablero se arreglan dos bloques terminales, el primero corresponde a las borneras de control, puntos de interconexión entre los elementos de mando manual del tablero (hand-switches, push buttons) y los contactores. La segunda hilera estará conformada por borneras de fuerza, en donde se conectará energía a los cables que se dirigen a las distintas bombas y equipos dentro de la planta.

Los transformadores de control, que proveen voltaje independientemente a los circuitos de mando de cada bomba, estarán localizados en la parte lateral derecha del tablero de fuerza sobre su propia placa de acero, soldada al panel internamente para mantener las condiciones de impermeabilidad.

En la figura 4.11 se observa el doble fondo con todos sus elementos distribuidos y, junto a él, la placa contenedora de los transformadores de control.



Figura 4. 11 Back Plane X-1602

Para completar la construcción del panel se realizan las perforaciones en su puerta frontal de modo que se puedan instalar los hand switches, push buttons y el medidor de parámetros MID 96 (Fig. 4.12). Tras la puerta frontal se cablean los puntos entre los contactos de los mandos y las borneras, siguiendo los esquemáticos de los motores adjuntos en el anexo 13.



Figura 4. 12 Mandos de control en el panel de arrancadores X-1602

4.2 CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS

4.2.1 Calibración de manómetros

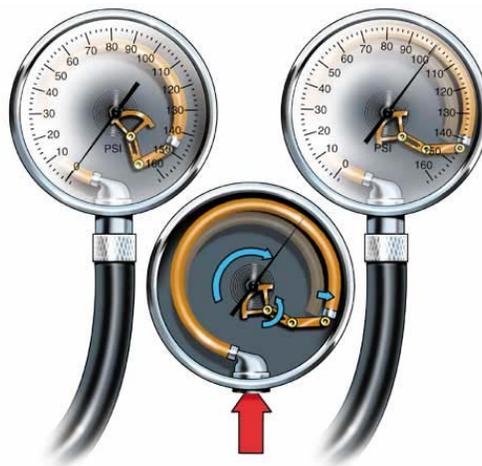


Figura 4. 13 Funcionamiento de manómetro tipo Tubo Bourdon

Como se especifico en el capítulo 1 los manómetros Ashcroft usados en la planta son de tipo tubo Bourdon en forma de “C”. Los tubos de Bourdon son tubos curvados en forma circular de sección oval. La presión a medir actúa sobre la cara interior del tubo, con lo que la sección oval se aproxima a la forma circular. Mediante el acodamiento del tubo de Bourdon se producen tensiones en el borde que flexionan el tubo. El extremo del tubo sin tensar ejecuta un movimiento que representa una medida de la presión² (Fig. 4.13).



Figura 4. 14 Medidor multi-funcional Fluke

Para realizar la calibración de estos instrumentos se ha utilizado el elemento patrón FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE y el Calibrador multifuncional FLUKE 744 (Fig. 4.14), además de una bomba neumática para inyectar presión a los indicadores. Se monta el manómetro a un soporte fijo para inmovilizarlo, conectando el vástago a la bomba y al elemento patrón para que se presuricen por igual. Se conecta el medidor Fluke 744 al módulo patrón fluke 700P300 y se lo configura para leer valores de presión en PSI. Una vez que está armada la estructura para la calibración, se empieza a presurizar con la bomba lentamente de modo que se puedan anotar las lecturas del manómetro en 5 puntos de la escala deseada (0%, 25%, 50%, 75% y 100%), en este caso se anotan las lecturas del indicador junto con las lecturas del medidor fluke para establecer el porcentaje de error en

² ARMATURENBAU. Manómetros, selección, configuración de los instrumentos de medición, instrucciones de montaje y de trabajo. www.armaturenbau.com

la medición. Los datos obtenidos serán registrados en el **Certificado de Calibración**, documento de garantía que emite la empresa Incopro con cada uno de los instrumentos para avalar su correcto funcionamiento.

Cuando el porcentaje del error excede al parámetro máximo fijado es necesaria una calibración. En primera instancia se retira la tapa posterior para poner al descubierto el sistema de engranaje rotatorio junto con el tubo Bourdon (Fig. 4.15).

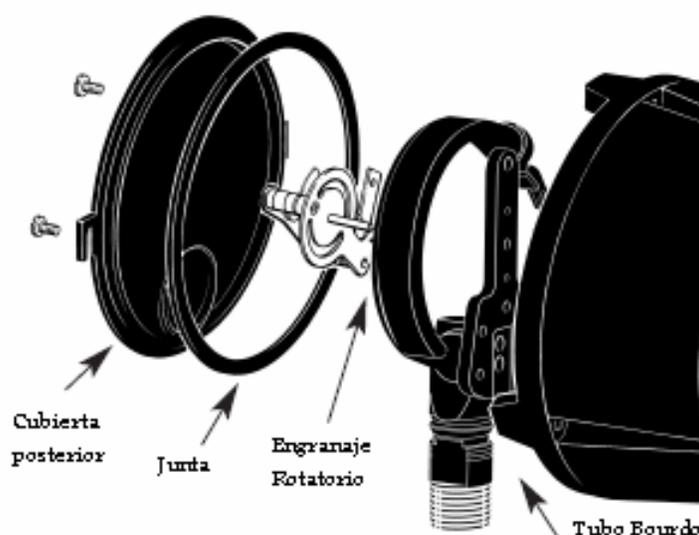


Figura 4. 15 Componentes de manómetro

Una vez descubierto el mecanismo posterior se aflojan los tornillos de sujeción para rotar la placa de movimiento y enrollar el espiral, tal como se describe en la figura 4.16

A presión cero, ensamblar el puntero al eje del piñón en la posición horizontal. Aplicar una presión equivalente a todo el rango (200 psi en este caso) y ajustar la unión en el segmento hasta que el puntero haya rotado 270° (posición vertical). Reducir la presión a cero y setear el puntero, si es necesario a la posición horizontal. Aplicar presión hasta la mitad de la escala y presionar el puntero firmemente sobre el piñón.

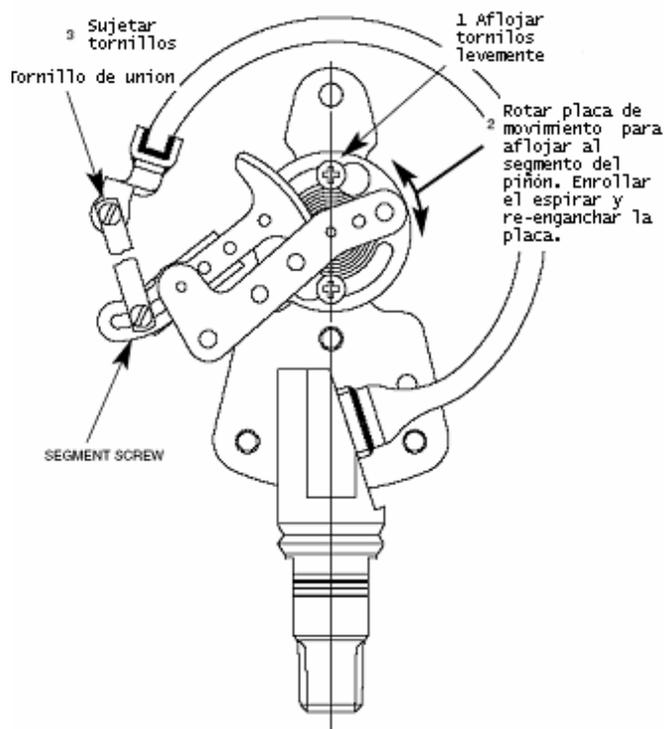


Figura 4. 16 Calibración de manómetro

Esta calibración debe realizarse sobre todos los indicadores tipo Bourdon existentes en la planta, y emitir su certificado correspondiente que recopile los datos de lectura antes y después de la prueba, junto con una gráfica comparativa. El anexo 19 compila todos los certificados concernientes a los manómetros con las características citadas anteriormente.

4.2.2 Calibración de transmisores de presión

Las características del transmisor, por ejemplo la presencia del microprocesador y la posibilidad adicional de comunicación serial con respecto a un instrumento convencional, permiten diferentes métodos de calibración y puesta a punto. La calibración se puede efectuar de las siguientes maneras:

- i. a través de los dispositivos de calibración (cero y alcance) del transductor secundario del instrumento

- ii. a través de los dispositivos de calibración (cero y alcance) que funcionan como raise/lower definidos por los dip-switchs en la electrónica del transductor secundario
- iii. utilizando el comunicador portátil
- iv. utilizando el Paquete Software de la computadora personal



Figura 4. 17 Montaje de transmisores

A continuación se describe sólo el tercer método, ya que los otros están descritos en el respectivo manual del transmisor³.

De forma análoga a los manómetros, estos transmisores deberán ser sujetos a un pie metálico para asegurar estabilidad en la operación (Figura 4.17), conectando el transductor

³ www.abb.com/instrumentation. Documento IM/262_4H-ES_7. Manual de instrucciones.

primario a la bomba neumática y al elemento patrón FLUKE 700P30. Se debe quitar la tapa posterior del vano de la electrónica, a fin de conectar el comunicador portátil 691HT como lo especifica la figura 4.18, éste se puede conectar en cualquier punto del lazo, garantizando un mínimo de 250 ohms de resistencia de carga, la cual es necesaria para asegurar la comunicación digital.

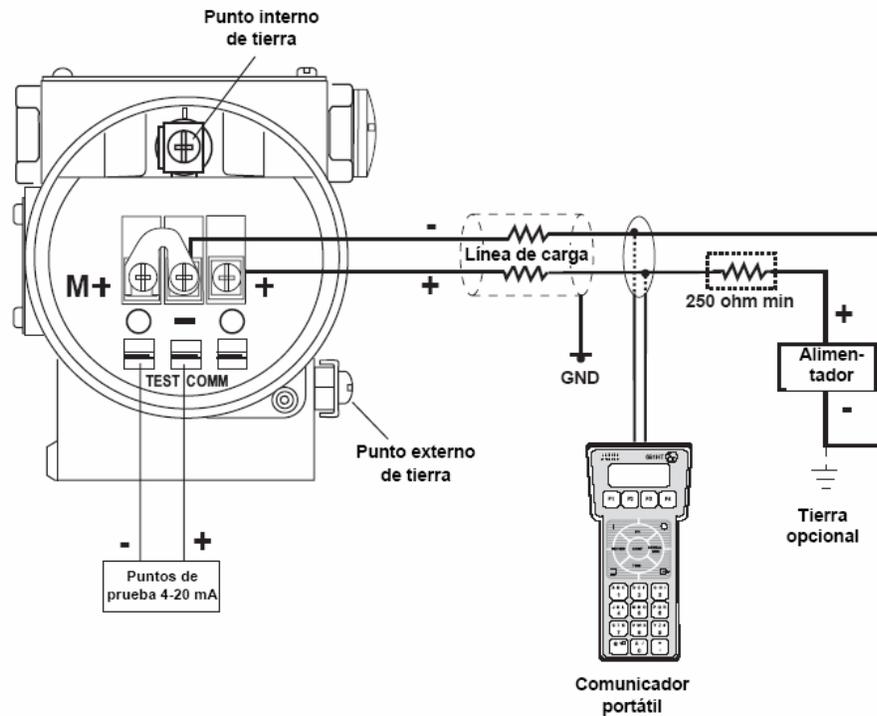


Figura 4. 18 Conexiones eléctricas

La comunicación entre el comunicador y los dispositivos de campo está basada en el protocolo HART, que permite una transmisión simultánea de la señal analógica de 4-20 mA y la señal digital transmisora de la comunicación.

Una vez que se han realizado las conexiones para el lazo, se procede a leer los valores del instrumento previo a la calibración, mediante la variación de presión ejercida por la bomba neumática y sensada por el conjunto del elemento patrón con el Fluke. Por otro lado, se enciende el comunicador portátil abb y tan solo se presiona la tecla PV (Variable del proceso) para leer en mili amperios los valores entregados por los

transmisores. Todos los datos serán recogidos para presiones en subida y bajada, si estos no corresponden a la necesidad del proceso será necesaria la recalibración.

Usando la tecla CONF KEY del comunicador portátil se puede acceder a distintas opciones de configuración, entre ellas LRV y URV (Valor inferior y superior del campo de escala). En estas se define el rango de calibración del instrumento que debe encontrarse dentro de los límites inferior y superior del campo de medida del sensor (LRL y URL), los valores son ingresados mediante el teclado alfanumérico del comunicador. Ya que los transmisores vienen calibrados en su rango total desde fábrica garantizando además la linealidad de los datos, este simple procedimiento será necesario para la configuración de los transmisores.

Tal como se hizo previo a la calibración, se toman los datos aumentando y disminuyendo la presión para valores de 0%, 25%, 50%, 75%, y 100% para registrarlos en los certificados de calibración respectivos (anexo 20).

4.2.3 Calibración de switches de presión

Los switches son usados para proteger a las seis bombas de succión presentes en la planta, cuando detectan una presión mayor al punto fijo definido por la operación, los instrumentos enviarán una señal al controlador para que éste a su vez pare las bombas.

De esta forma, la calibración de los switches Cerabar T PMP 131 de la marca Endress+Hauser consiste en ajustar el punto de conmutación y la banda muerta. Para esta regulación, cada dispositivo cuenta con un potenciómetro bajo el conector, como se observa en la figura 4.19, una vez alimentado el instrumento se procede a regular el punto de conmutación hasta llegar al valor deseado dado por el voltímetro. Por ejemplo, si el rango de medición corresponde a 150 psi y si se desea que el set point se produzca a 75 psi, es necesario regular el potenciómetro hasta que el voltímetro lea una señal correspondiente a 0.5V.

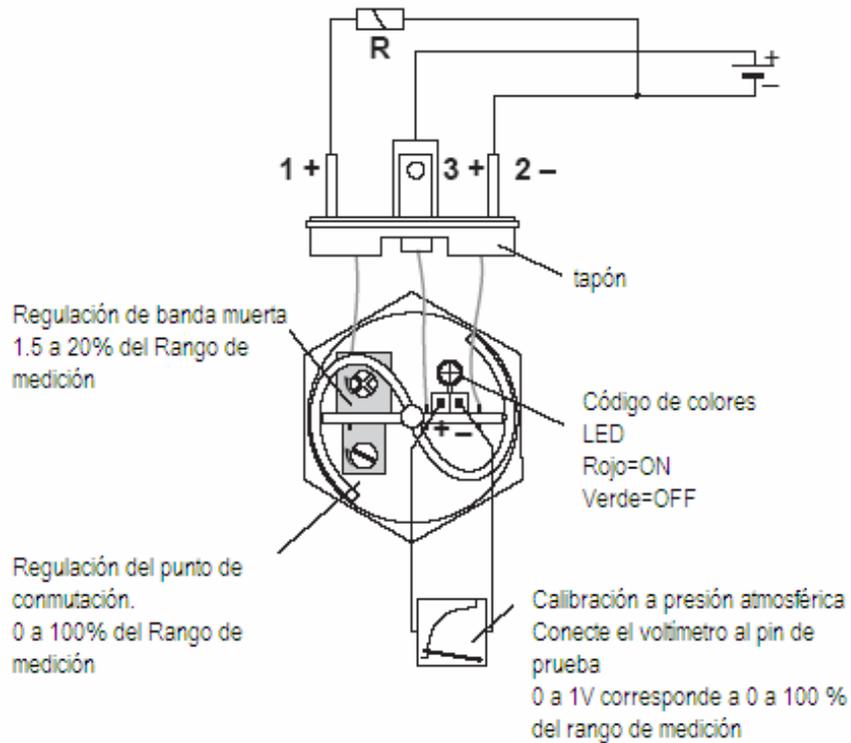


Figura 4. 19 Calibración de switches de presión

La banda muerta puede variar de 1.5 a 20% del rango total de medición, en el caso de los sensores la banda podría oscilar desde 2.25 psi hasta 30 psi, una vez definido el valor se presuriza el switch hasta el valor deseado y se manipula el potenciómetro hasta que el led cambie de color tal como se señala en la figura 4.20.

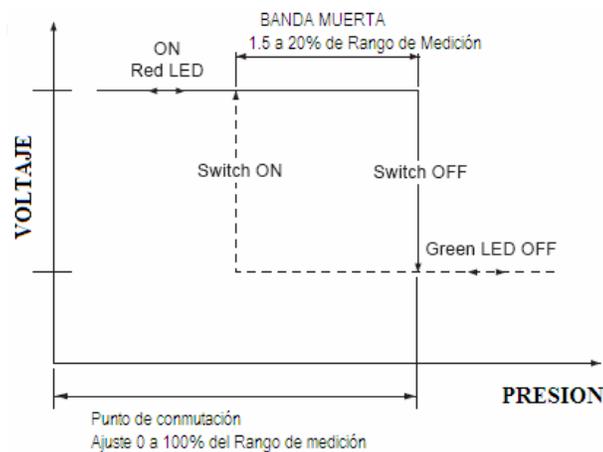


Figura 4. 20 Ajuste de banda muerta en switch de presión

En el anexo 21 se adjuntan los certificados de calibración correspondientes a los switches de presión, en donde se detalla los valores de conmutación, y restitución de la señal.

4.3 INSTALACIÓN DE BANDEJAS Y CABLES

Por la norma NEMA VE-1 (de Asociación Nacional de los Fabricantes de Material Eléctrico), un sistema de bandeja porta cables es "una unidad o un montaje de unidades o de secciones y de guarniciones asociadas que forman un sistema estructural rígido usado para sujetar o para apoyar con seguridad los cables"⁴. La norma NEC 392 define al sistema de bandejas porta cables como "una unidad o ensamble de unidades o secciones y accesorios asociados para fijar o soportar en forma segura a cables y canaletas"⁵.

Apegados a las dos normas citados en el apartado anterior, se ha escogido a la bandeja porta cable tipo ducto como eje principal de todo el sistema. El material de fabricación es una aleación de aluminio inoxidable provista por la compañía Metalectro.



Figura 4. 21 Bandejas porta cables de potencia e instrumentación.

⁴ http://www.gedisa.com.ve/Cat_PDF/Bandejas_PC/Apendice_glosario/ApendiceB_NEMA.pdf

⁵ National Electrical Code Handbook. 10th Edition. Article 392.2

El anexo 9 contiene la ingeniería de detalle correspondiente a la instalación de bandejas. En primera instancia se debe colocar la soportería necesaria, en algunos casos se la ha integrado con los soportes de la tubería para optimizar recursos. Parte de la tubería inherente al proceso se eleva hasta 3 metros de altura, por tanto las bandejas contenedoras de cables de potencia deben ser colocadas a 3.15 m y las bandejas de instrumentos se instalan paralelamente a 3.55m. En la figura 4.21 se puede apreciar la ubicación de las dos bandejas porta cables antes mencionadas, ambas se encuentran sostenidas por las mismas columnas y reguladas en su altura por canaletas ranuradas.

Muchos accesorios utilizados dentro del sistema de bandejas lo comprenden las cruces horizontales, los giros a la derecha e izquierda, tees y curvas verticales para el caso cuando los cables descienden bajo los paneles de control (Fig. 4.22).



Figura 4. 22 Bandeja-giro vertical

Debido a la altura de trabajo en la instalación de cables, y con objeto de prevenir accidentes, es necesario trabajar bajo los parámetros de seguridad. En este caso se debe contar con el uso de casco protector, arnés, guantes de trabajo y una plataforma de apoyo apropiada (Figura 4.23).



Figura 4. 23 Instalación de curvas horizontales

Para proteger el cable durante el mayor tramo posible, esto es, desde la bandeja hasta las cercanías del instrumento o equipo, se ha usado tubo conduit, elemento de protección cuyas funciones son:

- a) Alojar los conductores eléctricos y protegerlos contra el deterioro mecánico.
- b) Evitar incendios por arco eléctrico que pudieran presentarse por condiciones de corto circuito.
- c) Facilitar al instalador el tendido de la red eléctrica

Estos tubos conduit se encuentran en el mercado ya sea en forma galvanizada o bien con recubrimiento negro esmaltado, normalmente en tramos de 3.05 metros de longitud con rosca en ambos extremos. Se usan como conectores para este tipo de tubo los llamados coples, niples (corto y largo), así como niples cerrados o de rosca corrida. El tipo de herramienta que se usa para trabajar en los tubos conduit de pared gruesa es el mismo que se utiliza para tuberías de agua en trabajos de plomería (Fig. 4.24).



Figura 4. 24 Dobladora de tubería conduit

En ciertos casos, tal como se aprecia en la figura 4.25, se ha llevado esta tubería desde el panel de control hasta los equipos cercanos, en donde resulta más óptimo que usar bandeja.



Figura 4. 25 Instalación de tubería conduit

Todas las conexiones o uniones entre conductores deben ser realizadas dentro de cajas de conexión diseñadas y aprobadas para este fin. Estas cajas deben estar instaladas en

lugares en los que resulten accesibles para poder realizar cambios y modificaciones en el cableado. Se construyen de metal o de plástico, según su uso. Las cajas metálicas se fabrican con acero galvanizado en cuatro formas: cuadradas, octagonales, rectangulares y circulares. Las hay en varios anchos, profundidades y perforaciones que faciliten el acceso de las tuberías. Estas perforaciones se localizan en las paredes laterales y en el fondo.

Otro accesorio ampliamente utilizado en la instalación de cables es el registro condulet, usados generalmente en instalaciones visibles, tienen una o varias salidas para acoplamiento con las tuberías, así como una tapa removible para realizar las conexiones. Muy útil para realizar actividades de tendido de cable o de mantenimiento. (Fig. 4.26).



Figura 4. 26 Registros condulet

Cuando la estructura de soporte básica ha sido montada, es decir cuando se ha instalado el sistema de bandejas, giros y otras protecciones mecánicas tales como el tubo conduit, se procede al tendido de cable. En todos los casos se debe reservar un prudente tramo de conductor en ambos lados de la conexión, pero principalmente en el tablero, lugar en el cual el técnico maniobrará con las conexiones y necesitará trabajar con suficiente holgura.

En la bandeja de instrumentación y control se ubicarán solo sus cables respectivos, agrupados y ordenados adecuadamente, a esto se le conoce como peinado de cables, se hace uso de amarras plásticas para sujetarlos a la bandeja tal como se observa en la figura 4.27.



Figura 4. 27 Cable peinado en bandeja.

En la bandeja de potencia se realiza un peinado del cable enfatizando el cuidado del mismo en el radio de curvatura. Los conductores de potencia, al ser portadores de mayor corriente exigen que su diámetro sea mayor, causando que el cable sea menos flexible, por lo que la curvatura debe ser mayor al radio mínimo requerido en cada caso.

En distintos casos se ha protegido al cable conduciéndolo desde la bandeja hacia el instrumento mediante un tubo conduit. Para pasar el cable por estos conductos se aprovecha los registros condulet ya mencionados (Fig. 4.28). Cuando se ha procurado la correcta instalación del cable se cubre la conduleta con el caucho y la tapa protectora.

Dado que la ubicación de la planta no requiere que el cable sea totalmente cubierto por conduit, sino hasta su cercanía, asegurando la permeabilidad, se han utilizado conectores CGB tal como se ha planificado en la ingeniería de detalle.



Figura 4. 28 Instalación de cable a través de bandeja y tubo conduit

Estos conectores se ubican en la terminación del conduit y en la acometida al equipo o instrumento según el caso. En su interior encontramos un caucho que rodea al cable e impermeabiliza los equipos. En la figura 4.29 también se puede apreciar a la marquilla metálica que contiene el nombre del cable asignado según el equipo de conexión.



Figura 4. 29 Conexión del cable a la bomba dosificadora

Para el acceso a la caja de conexión de los motores se utiliza flexiconduit en el último tramo (máx. 1.5 m), esto es un tubo flexible común fabricado con cinta engargolada (en forma helicoidal), sin ningún tipo de recubrimiento. A este tipo de tubo también se le

conoce como Greenfield. Sirve para proteger el cable hasta el último acceso y evitar que agentes externos como polvo, y humedad afecten las conexiones. (Fig. 4.30).



Figura 4. 30 Conexión a caja de motor mediante conduit flexible.

En el ingreso de los cables a los paneles se pueden remarcar las dos opciones usadas. La primera consiste en el uso de conectores “hawke”, éstos presionan al cable en su ingreso al gabinete, manteniendo las condiciones de impermeabilidad. (Fig. 4.31). Una vez el cable dentro del panel, debe peinárselo respetando la cantidad sobrante que servirá para futuras maniobras o cambios.



Figura 4. 31 Conectores Hawke en panel de control



Figura 4. 32 Acometida al panel con conduit

Cuando el cable ingresa al panel protegido por tubería conduit (Fig. 4.32) se hace uso de conectores hub. En la tubería conduit tanto como en los cables que llegan desde bandeja es necesario identificar al respectivo conductor mediante el uso de marquillas metálicas.



Figura 4. 33 Conexionado interno en panel de control

Cuando los cables ya se encuentran peinados dentro del panel, se procede a realizar el conexionado en las borneras destinadas para ello, siempre siguiendo el diagrama de terminaciones eléctricas del anexo 12 (Fig.4.33). Cada conductor debe estar identificado con marquillas termo contraibles y conectado a la bornera con terminales de cuello plástico, siempre guardando el orden y la estética que facilitan el mantenimiento.

4.4 MONTAJE DE INSTRUMENTOS

4.4.1 Manómetros

Usar siempre una llave mecánica en la parte plana del conector del manómetro a fin de roscar el indicador en su correspondiente válvula de aguja. Antes del roscado se debe enrollar el conector con cinta de teflón, ésta asegurará la impermeabilidad de las conexiones mecánicas (Fig. 4.34).



Figura 4. 34 Indicador de Presión PI-V1611

Es necesario verificar que el indicador estará libre de efectos provenientes de vibraciones mecánicas, esto desgastaría al manómetro rápidamente. Debido a que todos

los indicadores se ubicarán sobre tuberías, si existiera esta vibración tan solo es necesario poner un soporte a la tubería afectada.

Finalmente se coloca una placa de identificación, con el nombre del instrumento y un adhesivo con la fecha de la última calibración para referencia futura.

4.4.2 Transmisores de presión

A este transmisor se lo puede soportar directamente sobre el tubo de proceso. El transductor secundario del transmisor puede girar aproximadamente 360° con respecto al transductor primario, sin menoscabar sus prestaciones o dañar los cables eléctricos internos.

La rotación está permitida sólo desenroscando el "Tornillo Allen" (una vuelta es suficiente) del "cuello" del instrumento (ver la Fig. 4.35). Tal operación se puede realizar con una "llave Allen" de 2 mm. Esta característica permite orientar a voluntad el transductor secundario para facilitar el acceso a la bornera o para facilitar la lectura del indicador de salida. Una vez realizada la orientación, apretar el tornillo.

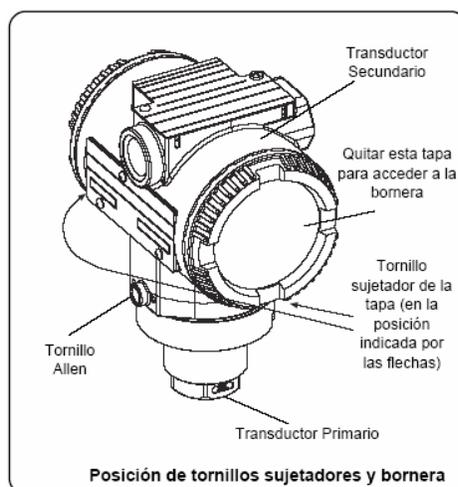


Figura 4. 35 Posición de tornillos sujetadores y bornera

La bornera de conexión eléctrica está alojada en un vano separado del estuche del transductor secundario. El estuche presenta dos empalmes fileteados para la entrada de cables, aptos para prensaestopas o tubos de canalización. Los dos empalmes durante el transporte del instrumento están protegidos mediante tapones de plástico, los cuales deberían ser reemplazados por un tapón permanente más adecuado, para la parte no utilizada. Las conexiones eléctricas se pueden realizar quitando la tapa (ver la Fig. 4.35); tal operación está permitida sólo después de haber enroscado a fondo el tornillo sujetador debajo de la tapa, utilizando una “llave Allen” de 3 mm.

El cable correspondiente a la señal se debe conectar a los bornes marcados con los símbolos “+” y “-“. Si está el indicador de salida, éste debe ser quitado para permitir la conexión de los cables. Esto se logra con facilidad tirando hacia afuera el indicador, puesto que está acoplado con la bornera mediante una simple conexión enchufe/toma. Una vez terminadas las conexiones de los cables, volver a colocar el indicador de salida.

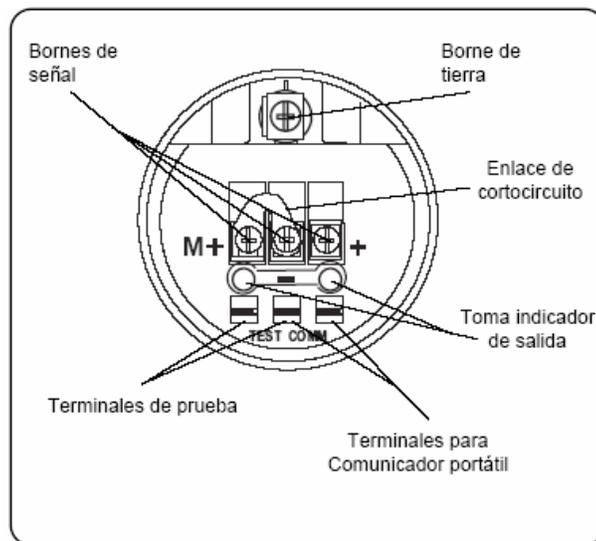


Figura 4. 36 Disposición de los bornes

El transmisor recibe la alimentación eléctrica a través de los mismos cables de señal. En vista de que se ha usado cables del tipo blindado, la pantalla de blindaje se debe

conectar a tierra sólo en un punto del sistema, de manera de impedir “lazos de tierra” contraproducentes (Figura 4.36).

En cuanto a la instalación mecánica se ha procedido de forma similar a los indicadores. Recubriendo los conectores machos con cinta teflón para impermeabilizar y usando las herramientas adecuadas para roscar el instrumento, el neplo y la válvula de aguja. (Fig. 4.37).



Figura 4. 37 Instalación del transmisor de presión.

4.4.3 Transmisores de presión diferencial

Los transmisores de presión diferencial se conectan al proceso mediante el uso de manifolds, como se ha explicado en la ingeniería de detalle, capítulo 2, la válvula manifold cumple una función similar a la válvula de aguja con la diferencia que es adaptable a dos entradas.

La instalación mecánica del instrumento debe contemplar soportería para el transmisor y la válvula manifold. Distinto a los transmisores de presión y manómetros, los transmisores de presión diferencial se conectan a tubería de media pulgada que no toleraría demasiada carga, por lo tanto se ha decidido colocar extensiones de los soportes de tubería y bandejas porta cables para los transmisores de presión diferencial (Fig. 4.38).

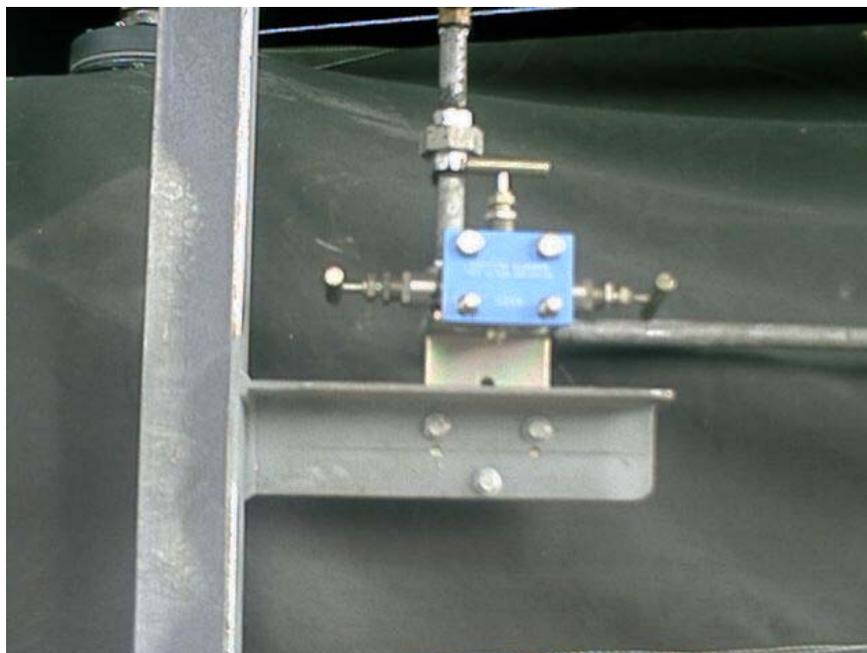


Figura 4. 38 Soporte para manifold y transmisor de presión diferencial

En cuanto al conexionado eléctrico se ha considerado el mismo procedimiento utilizado con el transmisor de presión, esto se debe a que ambos equipos pertenecen a la misma serie de transmisores SMART 2600.

El cable que llega a cada instrumento proviene de la bandeja de instrumentos que recorre la parte superior de los filtros, desde la bandeja se ha utilizado tubo conduit para brindar protección mecánica hasta acercar al cable al instrumento. Se debe recalcar que tanto a la salida del conduit como a la entrada del instrumento se ha colocado el conector CGB a fin de impermeabilizar las conexiones (Fig. 4.39).



Figura 4. 39 Conexionado del transmisor de presión diferencial

4.4.4 Switches de presión

Los switches de presión, instalados en la descarga de las seis bombas principales tienen pequeñas dimensiones por lo que se soportan sin problema sobre la tubería y la válvula de aguja.

El modelo escogido tiene una conexión tipo NPT macho, y se conecta a la sección NPT hembra de la válvula de aguja. Todas estas uniones contienen cinta de teflón para evitar el goteo de agua.

Cómo se observa en la figura 4.40, se mantiene el concepto de protección mecánica del cable mediante tubería conduit hasta las cercanías, impermeabilizando las entradas con conectores CGB.



Figura 4. 40 Instalación del switch de presión

. En cuanto a las conexiones eléctricas, dentro del tapón negro del switch se encontrarán los siguientes pines (Fig. 4.41):

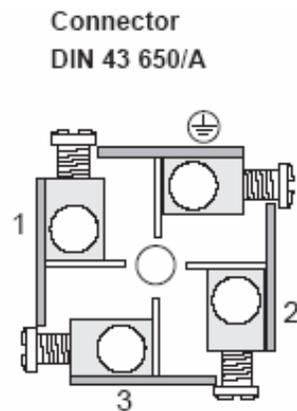


Figura 4. 41 Asignación de pines para switch de presión

- 1 es para salida o retorno
- 2 es para alimentación negativa (-)
- 3 para alimentación positiva (+)

Cada pin se conecta a su correspondiente cable siguiendo el esquema de conexionado eléctrico.

4.4.5 Switches de nivel

El switch de nivel detectará el nivel bajo del agua en el tanque de equilibrio. El fabricante del instrumento recomienda la instalación del instrumento de acuerdo al diagrama 4.42

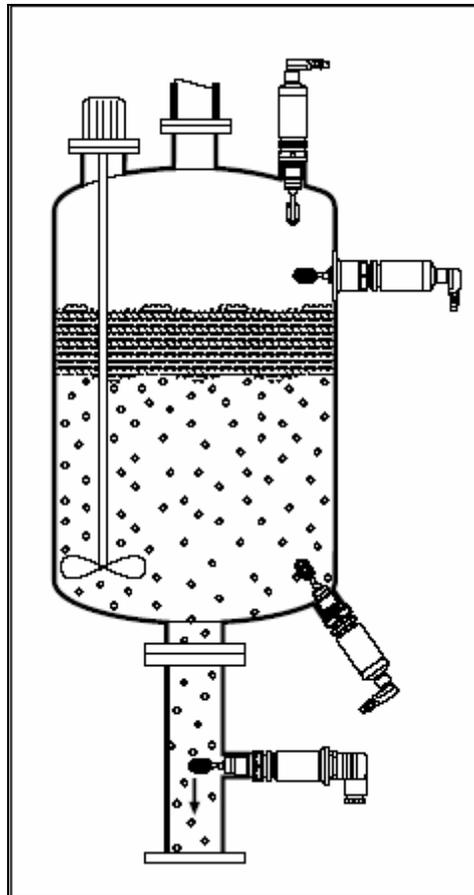


Figura 4. 42 Ejemplos de montaje del switch de nivel

Sin embargo esta configuración no es del todo práctica ya que dificulta las tareas de operación y mantenimiento. Específicamente, no permite el aislamiento del instrumento al proceso, necesario en caso de reemplazo del instrumento.

Gracias a que la viscosidad del agua lo permite, se ha preferido la opción C de la gráfica 4.43 para el montaje del switch de nivel. Esta opción determina que la extensión del tanque debe tener un área mínima de 2 pulgadas para que se permita el sensado de nivel.

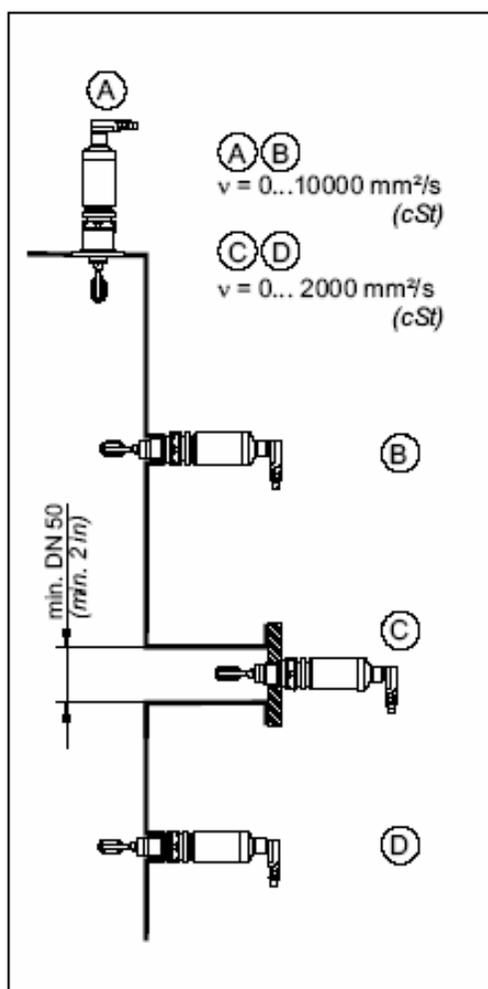


Figura 4. 43 Montaje del switch considerando la viscosidad del líquido

Aprovechamos esta configuración para ubicar una válvula de aislamiento, que facilite la operación y mantenimiento del instrumento.

Las conexiones eléctricas en el plug del instrumento se ajustan a la configuración de la figura 4.44:

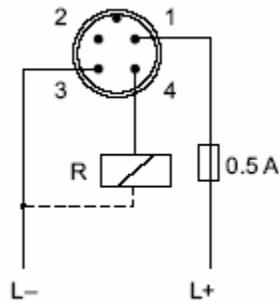


Figura 4. 44 Conexionado eléctrico del switch de nivel

4.4.6 Válvula solenoide

Como se ha evidenciado ya en la ingeniería de detalle, capítulo 2, las válvulas solenoides de 3 vías brindan un control directo a las válvulas de diafragma, éstas últimas forman parte del proceso, controlando el flujo en los filtros de arena y carbón (Fig. 4.45).



Figura 4. 45 Válvula de diafragma de 2" y válvula solenoide de control

El cable, protegido con conduit a partir de las bandejas (Fig. 4.46), se conecta a la válvula solenoide quitando previamente los conectores que vienen por defecto. El cable lleva los conectores (Fase y neutro) necesarios para activar la válvula.



Figura 4.46 Acceso de cable a válvula solenoide

Similar a todos los instrumentos citados ya, en las válvulas también se debe proteger la entrada y salida del cable con conectores CGB, para evitar el ingreso de agua.



Figura 4.47 Conexiones Válvula solenoide

CAPITULO 5

PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD

5.1 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN EN FABRICA PARA PANELES

En ingeniería, una prueba de aceptación es un chequeo ejecutado sobre un sistema (por ejemplo software, partes mecánicas, equipos eléctricos) previo a su entrega. En algunas sub- disciplinas se las conoce como pruebas funcionales, pruebas de descargo, chequeos de aseguramiento de calidad, test de validación, o pruebas de aceptación en fábrica.⁶

La prueba de aceptación en fábrica (FAT por sus siglas es inglés) es un importante hito dentro de la ejecución de cualquier proyecto, en la cual el vendedor demuestra que el diseño y fabricación del producto cumple con las condiciones técnicas del contrato. Una prueba FAT se efectúa antes de que el producto salga de fábrica, simula el proceso y elimina la mayoría de los problemas que puedan existir. En general, se produce un pago económico a raíz del éxito de una FAT, por lo tanto esta prueba debe llevarse a cabo formalmente y ser presenciada por el cliente, con un registro formal de las discrepancias, las no conformidades y la forma en que han de ser superadas.

5.1.1 Normas y estándares

Para la ejecución de las pruebas FAT se ha tomado en cuenta las siguientes normas:

⁶ Wikipedia contributors, Wikipedia The Free Encyclopedia, 'Acceptance testing', http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Acceptance_testing&oldid=183355860, 10 January 2008, 15 January 2008

- **IEC/ PAS 62381** Actividades durante el FAT (Test de aceptación en fábrica), SAT (Test de aceptación en sitio), y SIT (Test de integración en sitio) para sistemas automatizados en la industria de procesos.
- **IEC 61499-1 /-2** Bloques funcionales para mediciones en procesos industriales y sistemas de control.
- **IEC 61511** Standard internacional para Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS) en el sector del control de procesos
- **IEC 61508** Standard de seguridad para Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS).

5.1.2 Condiciones para procedimientos FAT

Antes de que el FAT oficial empiece, se debe llevar a cabo un PRE-FAT (PREREQUISITE FOR FAT) el cual consta de configuración Software y hardware completo, análisis del conexionado y Test; junto con la documentación del procedimiento a seguir en orden de eliminar deficiencias y minimizar retardos, los cuales pueden afectar la realización del real FAT y el cronograma de trabajo.

El TEST del sistema debe incluir todo Hardware, Software y programación, mismo que debe corresponder a las requisiciones asociadas y características necesarias para el correcto funcionamiento del sistema. Una prueba FAT debe ser ejecutada simulando un modo normal de operación. Se debe registrar las pruebas FAT en un libro histórico de ejecución de pruebas conocido como LIBRO DE INSPECCIÓN.

Alguna falla operacional debido a un error del sistema en configuración, conexionado o programación debe ser corregido lo más pronto posible y la validación de la corrección debe ser demostrada subsecuentemente antes de completarse la FAT; la menor

deficiencia o mal funcionamiento no fijado durante la FAT será considerada y registrada en el LIBRO DE INSPECCIÓN sección Punch List.

5.1.3 Documentos necesarios para la prueba FAT

Debido a que la prueba FAT evalúa integralmente a un producto de ingeniería tal como son los paneles, es necesario que la prueba se sustente en toda la documentación elaborada para el diseño del producto. Esto incluye:

- Especificaciones.
- Diagramas Causa – Efecto.
- Narrativas de Control.
- Lista de instrumentos con resumen de alarmas.
- Lista de Enclavamientos
- Documentación del sistema (Planos Electrónicos Completos; Inventario Hardware y Software).
- Manuales, Hojas de datos del sistema y certificados.
- Diagrama esquemático del sistema.
- Diagrama esquemático del Hardware.
- Descripción de Interfaces.
- Listado de Entradas y salidas.
- Configuración Hardware y Software.
- Listado de entrega (Hardware, Software, Aplicación).

5.1.4 Procedimiento FAT

El procedimiento FAT es la descripción de las actividades básicas a realizarse en una prueba de aceptación en fábrica; los procedimientos FAT están sujetos al PREFAT y al LIBRO DE INSPECCIÓN, comprometiendo en términos generales las siguientes áreas:

PRE-INSPECCIÓN:

Verificar la inclusión de los dispositivos asociados a la requisición (chequeo inventariado de software y Hardware) así como la tecnología a aplicar y lugar de trabajo. Se comprobará que la arquitectura, hardware, cantidades, dimensiones, etc. estén de acuerdo con los documentos relevantes.

SUB-ORDENES

Verificación de las actividades complementarias necesarias para un correcto funcionamiento; esta debe ir acompañada de justificación y anexos técnicos.

CERTIFICADOS DE LOS COMPONENTES Y DEL VENDEDOR

Todos los dispositivos deben estar certificados así como el personal técnico asociado.

CHEQUEO DE EQUIPOS

Realización los test asociados a los dispositivos o equipos electrónicos antes de su interconexión.

CHEQUEO DE CIRCUITO DE CONEXIÓN A TIERRA

Realizar diagnostico de conexionado a tierra, como sistema de aislamiento para protección a los equipos.

CHEQUEO DE REDUNDANCIA CIRCUITOS DE ALIMENTACIÓN

Realización de pruebas de redundancia de los circuitos de alimentación.

VERIFICACIÓN DEL CONEXIONADO

Todas las identificaciones de gabinetes, módulos y cables deben ser verificadas para asegurar que los tags, colores y ubicación física son los apropiados. A su vez debe

verificarse el cableado realizando pruebas de cortocircuito y continuidad (donde aplique) y simulando valores monitoreando la respuesta el sistema de control.

INSPECCIÓN VISUAL

Se debe verificar las siguientes características en cada uno de los componentes:

- Montaje Correcto.
- Estética.
- Cantidad.
- Identificación / Rotulado.

Luego de la inspección visual el sistema será energizado de manera ordenada, y se probará su funcionalidad. Estas pruebas deben realizarse utilizando herramientas estándar de diagnóstico. Se revisará y registrará la integridad de cada componente individual.

ENTRADA ANALÓGICA (EA)

La entrada analógica se revisará mediante una corriente de inyección de 4,12, 20 mA que corresponde con 0, 50, 100% de los parámetros de medición; los puntos testeados serán marcados en la lista de chequeo de entradas salidas y en la pantalla.

En el caso de alarmas se revisarán los ajustes y se observará el comportamiento de los puntos de alarma en pantalla.

ENTRADA DIGITAL (ED)

Se probará la correcta operación de cada ED. Los puntos testeados serán marcados en la lista de chequeo de entradas y salidas y en pantalla.

SALIDA DIGITAL (SD)

Las salidas digitales serán forzadas para abrirse o cerrarse y su resultado se medirá en salidas. Los puntos testeados serán marcados en la lista de chequeo de entradas y salidas y en la pantalla.

LIBRO FINAL DE INSPECCIÓN

Corresponde a un libro que incluye todo el procedimiento de la prueba FAT el cual se divide en:

- La requisición de ingeniería asociada.
- Chequeo general de inspección.
- Planillas de cumplimiento.
- Listado de Imperfecciones (Punch List).
- Certificado de aprobación FAT.

El FAT será considerado completo cuando el vendedor concluya positivamente el procedimiento FAT incluyendo el listado de imperfecciones (Punch List) acordadas y aprobadas por el inspector.

5.1.5 Cuadro de procedimiento FAT

La siguiente tabla resume las actividades a realizarse durante la ejecución de la prueba en fábrica:

Tabla 5.1 Resumen de procedimiento en prueba FAT

ACTIVIDADES	REQUERIMIENTOS DE PLANILLAS	NOTAS
<i>PRE-INSPECCIÓN</i>	-----	
SUB-ORDENES	-----	PRINCIPALES ACTIVIDADES JUNTO CON LA HOJA TÉCNICA DE LOS DISPOSITIVOS INCLUIDOS
LISTADOS DE COMPONENTES Y DEL PROVEEDOR	SI	
CHEQUEO DE EQUIPOS	SI	
CHEQUEO DE CIRCUITO DE CONEXIÓN A TIERRA	SI	APLICA REVISIÓN EN TABLEROS, NO DEL CIRCUITO COMPLETO
CHEQUEO DE REDUNDANCIA DE LOS CIRCUITOS DE ALIMENTACIÓN	SI	FUENTES REDUNDANTES

VERIFICACIÓN DEL CONEXIONADO	SI	GABINETES
TEST SIN ENERGÍA	SI	
INSPECCIÓN VISUAL	-----	
ENTRADA ANALÓGICA	-----	
ENTRADA DIGITAL	-----	
SALIDA DIGITAL	-----	
VERIFICACIÓN MÓDULOS COMUNICACIÓN	SI	
TEST CON ENERGÍA	SI	
LIBRO DE INSPECCIÓN		

5.1.6 Libro de Inspección

Es el libro donde incluye todo el procedimiento de la prueba junto con los planos que detallan la de ingeniería asociada, el chequeo general de inspección, planillas de cumplimiento, el punch List y por ultimo el certificado de aprobación del FAT.

El libro de inspección contiene en primera parte toda la ingeniería básica y de detalle correspondientes a la construcción de los paneles. En segunda instancia se compone de toda la lógica de control asociada al programa de ejecución del controlador lógico programable (PLC).

El chequeo general de inspección corresponde a la sinopsis de las planillas en donde se indica el resultado de las pruebas realizadas y se connota por medio de las siguientes letras:

P = Aprobó.

F = Falló.

NA = No aplica

El anexo 22 compendia las tablas del chequeo general de inspección aplicadas en la prueba FAT. El objetivo se centra en aprobar todos los ítems allí detallados.

5.1.7 Planillas de cumplimiento

Las planillas de cumplimiento corresponden al chequeo detallado de inspección, donde se escribe la respuesta efectiva de un análisis minucioso tomando como referencia los puntos indicados en el chequeo general de inspección.

Como se observa en el anexo 23, se han elaborado 6 planillas de revisión principales, las dos primeras contienen un listado de todos los elementos incluidos en el tablero de control CTRL# 10 y el tablero de arrancadores X-1602, la siguiente es una revisión de los elementos alimentados con 120 Vac en el tablero de control, la cuarta planilla sirve para verificar la redundancia de las fuentes de alimentación a 24 V DC, y las dos últimas detallan los niveles de voltaje en las borneras de los tableros.

5.1.8 Punch List

Se conoce como “punch list” al documento que resume la lista de tareas, ítems pendientes o no conformidades que se presenten durante la fase de prueba de los paneles. Punch list (listado de agujeros) origina su nombre en la costumbre de la industria americana de realizar un pequeño agujero junto a cada ítem. Esto significaba que el trabajo ha sido completado para la no conformidad en particular.⁷ Estas no conformidades se califican en 5 niveles:

Nivel 1: Se rectificará el defecto y el FAT continúa después de la rectificación

Nivel 2: Rectificación en progreso

⁷ Wikipedia contributors, Wikipedia The Free Encyclopedia, 'Punch List', http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Punch_List=168688690, 2 de Noviembre 2007, 15 de Enero 2008

Nivel 3: El FAT se debe repetir

Nivel 4: Las modificaciones se realizarán después del FAT y antes del SAT.

Nivel 5: El trabajo será rectificado en campo.

Cada uno de los ítems señalados en el punch list deberán ser corregidos, este documento representa el compromiso entre las partes para modificar o rectificar cualquier imperfección detectada durante la prueba.

En el anexo 24 se muestra el formato del punch list utilizado para especificar las no conformidades de cada panel.

5.1.9 Certificado FAT

El certificado FAT (anexo 25) es el documento que avala si los equipos especificados en el mismo están listos para salir de fábrica. En vista de que los paneles se han fabricado en los talleres de Incopro, solo podrán ser enviados a campo una vez que se haya ejecutado la prueba FAT con éxito, reflejado en el certificado FAT. Este documento es de vital importancia en el proyecto ya que es utilizado como hito para pagos o adelantos económicos.

5.2 PRUEBAS DE CONTINUIDAD Y AISLAMIENTO

Las pruebas de continuidad y aislamiento se aplican a todos los cables instalados en la planta, ya sea mediante bandejas o conduit, a fin de comprobar que su correcta operación no haya sido afectada durante el proceso de montaje.

Cada conductor debe conducir la señal de extremo a otro para interconectar los equipos, del mismo modo, estos conductores se deben aislar del resto para evitar

interferencias eléctricas. El aislamiento es determinado por una resistencia de aislamiento en el orden de los mega-ohmios.

El equipo usado para verificar la continuidad y aislamiento es el siguiente:

- Un megóhmetro que mantenga tensión de 250 VCC constante por el término de un minuto.
- Sistema de intercomunicadores, debido a que las distancias no son todas cortas y la planta se ubica en un área ruidosa.
- Una lista completa de los cables tendidos en la planta.
- Lista de Inspección de cables, este es un documento usado como registro de aseguramiento de la calidad, en el que se reflejan los resultados de la prueba de continuidad y aislamiento. (Anexo 26).

Antes de empezar la prueba se debe comprobar mediante los documentos correspondientes que el cable a ensayar esté montado y no conectado, con todos sus conductores con aislamiento descubierto un mínimo de 10 mm en los extremos a ensayar.

La prueba en si está comprendida por los siguientes pasos:

- Identificar el cable a ensayar según la Lista de Cables
- Verificar la continuidad del conductor mediante el uso de un conductor de reserva, realizando un puente eléctrico mediante pinzas cocodrilo o equivalente en un extremo, y comprobando la continuidad en el extremo opuesto.
- Unir eléctricamente todos los conductores y verificar su aislamiento con respecto a malla de tierra durante 60 segundos con tensión de 250 Vcc. Valor aceptable: 10 MΩ por conductor.
- Unir eléctricamente los conductores con malla.
- Separar un conductor y verificar su aislamiento con respecto del conjunto definido en el paso anterior, durante 60 segundos con tensión de 250 Vcc . Valor aceptable: 10 MΩ por conductor

- Repetir para cada uno de los conductores.
- Anotar los resultados del ensayo en el cuadro "Ensayo de Aislamiento" de la hoja correspondiente a la lista de Inspección de cable.

5.3 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN EN SITIO

La Prueba de Aceptación en Sitio (SAT) es un procedimiento que busca evaluar la correcta operación de un sistema antes de ser instalado en un área de proceso determinado. La prueba SAT para un Sistema de Control pretende determinar las condiciones de comportamiento y ensamblaje de los equipos que se destinarán a controlar la operación de un proceso. Durante las pruebas SAT se evalúan entre otras las siguientes condiciones:

- Calidad de los equipos y suministros de montaje. En este punto se analiza que las especificaciones técnicas del sistema cumplan con los estándares y normas internacionales que rigen la actividad petrolera en cuanto a seguridad industrial, clasificación de áreas y prácticas de confiabilidad aceptadas en la industria.
- Calidad del montaje. Los equipos utilizados exigen para su adecuada operación prácticas y estrategias de montaje que no perjudiquen sus certificaciones de calidad y seguridad. Las adecuadas prácticas de montaje en un sistema de control garantizan la operación en condiciones de elevada exigencia demostrando siempre confiabilidad, precisión y seguridad.
- Calidad en la implementación. Una vez evaluados los equipos y su montaje, la implementación de las estrategias de control será la siguiente etapa de una prueba SAT, la estrategia consiste en simular condiciones de operación que evalúen el funcionamiento de todos y cada uno de los componentes así como también de las herramientas de software que permiten la operación del sistema en campo.

Para la ejecución de las pruebas SAT se ha tomado en cuenta las siguientes normas:

- **IEC/ PAS 62381** Actividades durante el FAT (Test de aceptación en fábrica), SAT (Test de aceptación en sitio), y SIT (Test de integración en sitio) para sistemas automatizados en la industria de procesos.
- **IEC 61499-1 /-2** Bloques funcionales para mediciones en procesos industriales y sistemas de control.
- **IEC 61511** Standard internacional para Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS) en el sector del control de procesos.
- **IEC 61508** Standard de seguridad para Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS).

5.3.1 Condiciones para procedimientos SAT

Antes de que el SAT oficial empiece, se debe llevar a cabo los PRERREQUISITOS para SAT, mismos que constan de:

- Certificado de aprobación de pruebas FAT.
- Despacho completo del sistema al sitio.
- Instalación apropiada: es decir los componentes relevantes de hardware y software deben estar propiamente instalados. Los siguientes Ítems deben ser completados durante la instalación del sistema de control:
 - Instalación hardware (controladores, tarjetas I/O, gabinetes estaciones de operación e Ingeniería).
 - Configuración software.
 - Alimentación de energía relevante al Hardware.
 - Instalación apropiada del conexionado a Tierra.
 - Red de comunicación instalada. (por ejemplo, Hubs, Switches, Fibra óptica, Ethernet).
 - Arranque del Sistema

5.3.2 Procedimientos SAT

CHEQUEO DE DOCUMENTACIÓN DEL PROVEEDOR

El propósito de este punto es revisar toda la documentación relevante a las pruebas SAT.

CHEQUEO DE INVENTARIO HARDWARE Y SOFTWARE

Chequeo de todo el hardware y software que constituye el sistema llevado a campo de acuerdo al inventario emitido por el proveedor.

INSPECCIÓN MECÁNICA

Verificación del conexionado de tierra y alimentación.

Verificación del conexionado de la red de comunicación.

ARRANQUE DEL SISTEMA Y DIAGNOSTICO

ENCENDIDO DEL HARDWARE RELEVANTE

Se encenderán las fuentes de poder relevantes a la configuración en hardware; ejemplo: fuente de alimentación principal, 24 VDC.

INICIO DE OPERACIÓN RELEVANTE AL HARDWARE Y DIAGNÓSTICO DE CHEQUEO

Se revisará la operación correcta del hardware relevante junto con su diagnóstico de chequeo.

CARGA DEL SOFTWARE

Verificar la correcta descarga del software de aplicación hacia el controlador.

5.3.3 Libro final de inspección SAT

Documento que incluye todo el procedimiento, certificados y aprobación de las pruebas SAT y se divide en:

- Checklist
- Planillas de cumplimiento
- Punchlist: Listado de no conformidades y plan de acción correctiva.
- Certificado SAT

5.3.3.1 Sat checklist

El SAT CHECKLIST es un documento de referencia cuyo propósito es revisar los ítems relevantes a las pruebas SAT. Junto a esta tabla se debe anexar la misma documentación técnica usada en la prueba de aceptación en fábrica, incluido el libro final de inspección FAT.

En el anexo 28 se adjunta la lista de chequeo SAT que contiene todos los pasos a realizarse en la prueba del panel controlador, en cada paso se marca la letra P si está aprobado, F si hay falla, o NA en caso de que el procedimiento no aplique.

5.3.3.2 Planillas de cumplimiento

Corresponden al chequeo detallado de inspección, donde se escribe la respuesta efectiva de un análisis minucioso tomando como referencia los puntos indicados en el SAT checklist.

El anexo 29 contiene las dos planillas necesarias para apoyar la prueba SAT, en la primera se apuntan los resultados para la inspección de la tierra, continuidad y voltajes en

el panel del controlador. En la segunda planilla se verifica el correcto funcionamiento del controlador, módulo por módulo, después de descargar el software.

5.3.3.3 Punchlist

De manera similar a la prueba FAT, en la prueba de aceptación en sitio se realiza un punch list (anexo 30) cuyas no conformidades se califican en cuatro niveles:

Nivel 1: Se rectificará el defecto y el SAT continúa después de la rectificación.

Nivel 2: Rectificación en progreso

Nivel 3: El SAT se debe repetir

Nivel 4: Las modificaciones se realizarán después del SAT

5.3.3.4 Certificado SAT

Cuando el sistema está listo y se ha comprobado que el programa corre correctamente, se emite el certificado SAT (anexo 31), con este documento el personal se encuentra listo para proceder con las pruebas de lazo.

5.4 PRUEBAS DE LAZO

Como se describió en la ingeniería de detalle, el lazo es la combinación de uno o más instrumentos o funciones de control que señalan el paso de uno a otro con el propósito de medir y/o controlar las variables de un proceso. En una prueba de lazo se evalúa integralmente el funcionamiento de cada instrumento o actuador, para esto todos los instrumentos deben estar inspeccionados, calibrados e instalados antes de proceder a las pruebas. Al evaluar cada transmisor se hace uso de los planos que contienen los diagramas de lazo.

Se usa un equipo de prueba FLUKE 744 MULTIPROCESOS para simular las variables de entrada del proceso cuyas señales deben llegar al PLC a cada una de las direcciones previamente asignadas para las variables.

Con los instrumentos análogos, que en este caso son todos basados en medición de presión, se procede a aplicarles una señal física, utilizando la bomba neumática FLUKE. Se presuriza en el rango normal de operación para evaluar la señal en el equipo de calibración, en el instrumento y en el cuarto de control, lugar al que llega la señal digital gracias al PLC.

Para los transmisores y todos los instrumentos receptores se verifica la exactitud al inicio, mitad y fin de la escala. Para los equipos que requieran un ajuste de más del 5% de su rango de trabajo, se procederá a una recalibración completa. En el cuarto de control también se verifica que las alarmas de valores altos o bajos sean las mismas que se estipulan en los diagramas de lazo correspondientes. El desempeño de cada instrumento es registrado en la planilla del anexo 27.

En el caso de los switches de presión, se evalúa al instrumento aplicando presión dentro del rango de operación normal, verificando que el instrumento emita un cambio de señal en el punto de seteo, traduciéndose esto en la generación de una alarma en el cuarto de control.

Para el caso de las salidas digitales, se realiza el procedimiento inverso. En el cuarto de control y mediante el software de programación ControlLogix se fuerzan a los actuadores a cambiar de valor, para que en campo se verifique el cambio de posición en las válvulas solenoides.

5.5 PRUEBAS DE INTEGRACIÓN AL SISTEMA PRINCIPAL

El procedimiento SIT “SITE INTEGRATION TEST” (pruebas de integración en campo) implica al integrador el realizar pruebas en campo certificando la interoperabilidad (después del SAT) entre los diferentes sistemas y subsistemas que se encuentra relacionados como resultado de la filosofía de control. El objetivo es garantizar el funcionamiento integrado del sistema de control por medio de pruebas y procedimientos en campo.

5.5.1 PROCEDIMIENTO SIT

El procedimiento SIT “Pruebas de integración en campo” debe ser ejecutado por el integrador para garantizar la interoperabilidad entre los diferentes sistemas con respecto a los análisis basados en filosofía de control; el SIT básicamente consiste en pruebas de comunicación e interacción entre sistemas de automatización y subsistemas asegurando un funcionamiento en conjunto. El test debe incluir un Libro final de inspección SIT el cual se divide en:

- CHECKLIST
- PUNCHLIST: Listado de no conformidades y plan de acción correctiva.
- CERTIFICADO SIT.

5.5.1.1 Sit checklist

El SIT checklist (anexo 32), al igual que en las pruebas anteriores, pretende revisar los ítems relevantes al procedimiento de prueba.

En el primer ítem se chequea toda la documentación del sistema de control, tratado en el capítulo 3 y ya revisada desde las pruebas FAT. Los documentos de referencia que se deben anexar en el SIT son:

- Documentos de Instalación de fábrica.
- Documentación técnica del sistema. (Incluye toda la programación lógica de control tratada en el capítulo 3)
- Manual de usuario de la planta (ANEXO 35)
- Libro final de inspección SAT del sistema de control

Lo primero en verificar es que todos los nodos de la red ethernet estén apropiadamente conectados. Esto incluye la tarjeta de comunicación del PLC, el cable hacia el convertidor de medios, la fibra óptica y sus conexiones, la conexión en el switch del cuarto de control y finalmente la estación de monitoreo en el cuarto de control. Cuando la instalación física está verificada en su integridad se procede a configurar las tarjetas de comunicación, esto es asignar una dirección apropiada al PLC y coordinar esto con la red general. En este punto, el software de supervisión debe recibir correctamente las señales enviadas desde el controlador.

Cuando se ha verificado la comunicación entre los módulos mediante el envío y recepción de datos en cada uno de los nodos de la red, se puede concluir que el sistema está integrado al sistema general del CPF.

La evaluación de la prueba será registrada en el check list anotando los siguientes parámetros:

P = Paso

F = Fallo

NA = No aplica

5.5.1.2 Punch list

El SIT punch list (Anexo 33), es como en las pruebas anteriores la lista de no conformidades observadas por el fiscalizador de la obra durante la ejecución de la prueba.

Este documento es de mucha importancia para el contrato de ingeniería de control debido a que la superación de todos los ítems contenidos en el mismo significa la culminación de la obra y esto se traduce en la culminación de todos los pagos económicos.

Los puntos expresados en el punch list son calificados de la siguiente forma:

Nivel 1: Se rectificará el defecto y el SIT continúa después de la rectificación.

Nivel 2: Rectificación en progreso

Nivel 3: El SIT se debe repetir

Nivel 4: Las modificaciones se realizarán después del SIT

5.5.1.3 Certificado SIT

El certificado SIT generalmente se emite una vez que todas las inconformidades halladas en la Prueba de Integración en Sitio hayan sido superadas. Es un documento tratado como hito dentro de la ejecución del proyecto y certifica la operabilidad del sistema.

CAPITULO 6

ESTUDIO ECONÓMICO

6.1 DESCRIPCIÓN DE COSTOS

El proyecto, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA, UNIDAD X-1602, fue concebido como lo que se conoce en proyectos de ingeniería a una obra de “llave en mano”, por lo tanto dentro de la teoría de costos se considerará la inversión necesaria para poner en marcha el funcionamiento de la planta, comparándola con las pérdidas que se generarían en el CPF en caso de no existir esta infraestructura.

6.2 DETALLE DEL COSTO DE INVERSIÓN

En la tabla 6.1 se muestra la inversión del proyecto, dividida en diferentes rubros que conllevan la puesta en marcha del proyecto.

El Centro de Facilidades de Producción (CPF) en el bloque 18, es un complejo compuesto por diversas plantas que se apoyan entre si para obtener diariamente una producción de 40000 barriles de crudo. Como se ha tratado en el capítulo 1, la obtención de agua tratada es primordial dentro de todo el proceso, debido a que es usada en todos los sistemas de enfriamiento así como para el consumo del personal operativo de la planta. De esta forma, una paralización no prevista del Sistema de Tratamiento de Agua implica una paralización del CPF en general.

Tabla 6. 1 Inversión del proyecto

Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle	\$	20.000,00
Sistema de control	\$	18.000,00
Paneles	\$	13.000,00
Instrumentación	\$	35.000,00
Comunicación Ethernet	\$	2.700,00
Cable y bandejas	\$	6.500,00
Material eléctrico	\$	800,00
Material de instrumentación	\$	3.600,00
Material de instalación mecánica	\$	800,00
Equipo de prueba	\$	260,00
Mano de obra	\$	13.000,00
Alimentación	\$	1.200,00
Hospedaje	\$	2.250,00
Movilización	\$	5.000,00
Equipo de seguridad	\$	2.000,00
Seguros	\$	3.000,00
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN	\$	127.110,00

6.3 EGRESOS POR ADQUISICIÓN DE AGUA POTABLE EN ORELLANA

Para la empresa PETROBRÁS es de suma importancia cumplir con los niveles de seguridad industrial característicos en el área petrolera. En términos económicos, mantener y mejorar estos estándares, reflejados en certificaciones como la ISO 140001 y OSHAS18001, han permitido que la empresa petrolera se adjudique la explotación de nuevos bloques dentro del Ecuador tales como el 31. En este marco la salud del personal que opera dentro del CPF cobra vital importancia.

En la provincia de Orellana existen 5 sistemas de Agua Potable, aunque la calidad del líquido producido en ellas no cumple con las normas se podría estimar el gasto destinado debido a la obtención de este recurso, considerando el coste del agua y su transporte desde la ciudad de El Coca hasta el CPF.

Para cubrir las necesidades del campamento se necesitan un promedio diario de 288000 galones de agua por día, esto se traduce en 192 tanqueros contenedores de 1500 galones. El precio de cada uno equivale a 30 dólares y el transporte se promedia en 70 USD. Al año se gastarían 7'008.000 USD. En 20 años, sin considerar la inflación serían necesarios 140'160.000 USD.

Debido a que la calidad del líquido vital producido en las inmediaciones no cumple con las normas de salubridad, el costo por afecciones o enfermedades en el personal se torna incalculable, esto sin considerar que las faltas por enfermedad en los operadores también tienen implicaciones en la baja de producción

6.4 EGRESOS POR ADQUISICIÓN DE AGUA PARA SERVICIOS EN ORELLANA

Son necesarios 216000 galones de agua diarios para los sistemas de enfriamiento, sellos de bombas y servicios varios. Esto implica una media diaria de 144 tanqueros contenedores de 1500 galones. A un costo de agua y transporte de 100 dólares diarios, esto equivale a 5'256.000 USD anuales, y considerando para 20 años, 105'120.000 USD.

Sin embargo, el agua que se obtiene en Orellana está provista de cal, elemento que taponan las tuberías y destruye los sellos en las bombas. El uso de este tipo de líquido implicaría un constante gasto en piezas de repuesto para bombas, así como en reemplazo de tuberías. Técnicamente hablando, el taponamiento de las líneas no es viable debido a que reduce el caudal, además un paro por mantenimiento o reemplazo en equipos siempre provoca pérdidas en la producción, ya que inhabilita los sistemas de bombeo de crudo. Considerando que Petrobrás extrae 40 000 barriles de crudo diarios en el bloque 18, de los que 30 000 pertenecen al CPF, una parada no planificada por mantenimiento de líneas o sellos de bombas equivale a una pérdida diaria de 3'000. 000 USD.

6.5 EGRESOS POR OPERACIÓN MANUAL

Si se considerara la operación totalmente manual de la planta, sería necesario triplicar el número de operadores, para revisar niveles, presiones y activar actuadores como válvulas, bombas y actuadores. El costo de cuatro operadores extras representan una media de 5000 USD o 60 000 USD anuales; sin embargo este costo no sería el principal egreso en una operación manual. El mayor riesgo se observa en el momento de que existiese una falla humana. En este tipo de plantas, en donde los recipientes trabajan bajo

altas presiones, los errores de lectura implicarían un alto costo humano que es totalmente invaluable. Por otro lado colapsarían los recipientes presurizados, la mayoría son de origen extranjero y bordean los 40000 USD por recipiente, otros son de origen nacional bajo pedido, cuya fabricación y certificación bordea los 100 000 USD por unidad, en ambos casos el tiempo de parada de la planta hasta la adquisición de nuevos equipos afectaría a todo el complejo petrolero.

La siguiente tabla (Tabla 6.2) resume los valores tratados en los párrafos anteriores y permite hacer una comparación de los principales costos implicados en la operación de la Planta de Tratamiento de Agua X-1602. Una simple inspección evidencia la viabilidad económica de este proyecto.

Tabla 6. 2 Resumen de costos implicados en la operación de la planta X-1602

DETALLE	TIEMPO	COSTO USD
Inversión Inicial	N/A	127.110,00
Transporte de Agua Potable Coca-CPF	anual	7.008.000,00
Transporte de Agua de Servicios Coca -CPF	anual	5.256.000,00
Costo Extra por Operación Manual	anual	60.000,00
Costo por parada no prevista en fallo de planta	día	3.000.000,00
Mantenimiento de Tuberías	-	-
Reemplazo de sellos en bombas	-	-
Afecciones o enfermedad en personal	-	-
Baja de producción por ausentismo laboral	-	-
Reemplazo de equipos presurizados, debido a fallas en una operación totalmente manual	-	-

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Con la finalización de este proyecto se ha alcanzado con éxito el objetivo primordial planteado, la implementación de un sistema de automatización de la Planta de Tratamiento de Agua Cruda, en el CPF, Palo Azul, Bloque 18. Sistema que en la actualidad funciona eficazmente dentro del complejo petrolero.
- La elaboración de los diagramas P&ID en interacción con otras disciplinas como Mecánica, Hidráulica y Química, exigió conocer profundamente todos los agentes implicados en el proceso, esto permitió que las habilidades aprendidas en la Ingeniería en Automatización y Control se desarrollen al optimizar el funcionamiento de la planta.
- Luego de un exhaustivo análisis del proceso, se concluyó que el sistema de control con mejor aplicación en la planta sería uno de tipo ON-OFF. La aplicación de este esquema se reflejó exitosamente en un control efectivo sobre bombas, válvulas, y agitadores.

- La arquitectura de comunicación escogida, basada en ethernet y OPC, por su sencillez fue la mejor opción ya que facilitó la transmisión e integración de datos hacia el resto de sistemas dentro del CPF.
- Para el desarrollo de la Ingeniería de Detalle, ha sido de mucha utilidad seguir las normas utilizadas por compañías con experiencia en el campo, tal como Incopro, esto admitió un sencillo flujo de información interdisciplinaria. Por otro lado, permitió considerar con mucha exactitud las necesidades en cuanto a material, reflejado en un considerable ahorro de tiempo y dinero por movilizaciones no previstas.
- La Ingeniería de Detalle enfocada en la ubicación y montaje de instrumentos, evidenció su éxito al lograr la mejor distribución física de equipos, bandejas y cables considerando el reducido espacio destinado a la planta.
- El sistema de soportes para cables, cuyo diseño se basó en la inclusión de bandejas, y conduits resultó ser el más adecuado en términos de espacio físico brindando total protección y acceso a los cables para condiciones de mantenimiento.
- El estudio y selección de la instrumentación asociada al sistema, permitió el funcionamiento óptimo de la planta, considerando en todo momento las exigencias de seguridad que se deben tomar en cuenta en un complejo petrolero.
- El diseño y construcción de los paneles de control CTRL#10 y arrancadores X-1602, se completó exitosamente, cumpliendo con todos los requerimientos en el proceso de la planta de agua, así como con las normas de calidad y seguridad industrial exigidas por PETROBRÁS.

- Gracias al exhaustivo análisis en la carta causa-efecto, el sistema de control diseñado ha probado ser altamente fiable, ofreciendo varias alternativas para la prevención de daños o accidentes en operadores y equipos
- La lógica de control usada en la programación del PLC demostró ser muy eficaz, cubrió todas las necesidades de automatización y se integró plenamente al sistema general del CPF.
- Someter una obra de ingeniería a un riguroso sistemas de pruebas, ha demostrado ser de gran beneficio, ya que corrige los errores a tiempo, logrando mejorar el estándar de calidad.
- El proyecto ha demostrado ser altamente viable en diferentes aspectos. En el aspecto de seguridad y salud industrial, provee a todo el personal de la planta de agua totalmente apta para el consumo humano. En el aspecto técnico cumple con todas las necesidades operativas del campo petrolero, entregando líquido apto para todos los sistemas de enfriamiento. En cuanto a la rentabilidad, la automatización de la planta reduce los costos de operación y mantenimiento, alarga la vida útil de todos los equipos dentro del CPF, evitando cuantiosas pérdidas por fallas en la producción.

7.2 RECOMENDACIONES

- En caso de cambios por operación o mantenimiento, se podría reemplazar el uso de los switches de presión por una alarma de seguridad alta generada en los transmisores de presión. Sin embargo, esta modificación deberá ser temporal debido a que los niveles de seguridad operativa disminuyen.

-
- Es recomendable que la soportería para bandejas e instrumentos sea diseñada en campo, esto es debido a que suelen ocurrir cambios en el área de instalaciones mecánicas, que afectan directamente a los soportes. Lo óptimo es llevar cierta cantidad de material, tal como perfiles, brazos etc. y en el lugar de la construcción adaptar los soportes a las necesidades reales.
 - Para agilizar el proceso de pruebas entre el cliente y el contratista, es altamente recomendable que se realicen FAT, SAT y SIT internas previa a los oficiales, a fin de detectar errores con anticipación.
 - Para garantizar un adecuado funcionamiento en toda la instrumentación relacionada al proceso, se recomienda hacer una re-calibración general cada seis meses.
 - Para el simplificar diagnóstico de fallas en la planta es necesario que el operador acuda a la carta CAUSA-EFECTO, esto permite detectar con mayor precisión el lugar en donde se encuentra la irregularidad.
 - Aunque se ha provisto de todas las seguridades para descargas a tierra, es conveniente que los operadores usen equipos de protección dieléctrica para evitar cualquier accidente por choques eléctricos, especialmente en la manipulación de elementos dentro del panel de arrancadores X-1602.
 - El panel de control CTRL# 10 permite la inclusión de tres instrumentos análogos extras, y de tres actuadores o salidas digitales, estos pueden pertenecer a la planta o venir desde plantas vecinas.

-
- Se debe tener en cuenta que bajo ninguna circunstancia se podrán encender dos bombas de un skid al mismo tiempo, la tubería y los sellos de bombas no están diseñadas para soportar esas presiones. Las bombas solo pueden actuar la una como respaldo de la otra.
 - El reemplazo de las lámparas ultravioletas debe realizarse cada 7500 horas de uso o 1 año, lo que se cumpla primero. Esto garantizará la desinfección final en el agua de consumo humano.
 - Para implementar un sistema de control más robusto y automático en la acción de las válvulas solenoides de las líneas de inyección de aire a los tanques pulmón se podría incluir un transmisor de presión que verifique los valores necesarios, así podríamos prescindir de las válvulas check usadas para evitar el retorno de agua en la línea de aire.

BIBLIOGRAFÍA

Cheremisinoff, Nicholas, **Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies**, Primera Edición, Butterworth-Heinemann, Estados Unidos, 2001, Pág. 42, 62,91, 157, 235, 455.

SPELLMAN, Frank R., **Handbook of water & wastewater treatment plant operations**, Primera Edición, CRC, Estados Unidos, 2003, Pág. 180,272,276,284,308,378,471.

JACK, Hugh, **Automating Manufacturing Systems**, Cuarta Edición, GVSU, Estados Unidos, 2003, Pág. 238, 436, 689, 727.

SCLATER, Neil, **Handbook of electrical design details**, Segunda Edición, McGraw-Hill, Estados Unidos, 2003, Pág. 57, 173, 345.

EARLEY, Mark, **National Electric Code Handbook**, Décima Edición, CENGAGE, Estados Unidos, 2005, Pág. 246, 360, 428, 510, 1097.

AMENDOLA, Luis, **Instrumentación Industrial**, Primera Edición, Universidad de Oriente, Venezuela, 2001, Pág. 160-167, 181-183, 190.

BUSTILLOS, Omar, **Instrumentación Industrial**, Primera Edición, Universidad de Oriente, Venezuela, Pág. 66, 70, 116, 182.

DUNN, William, **Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control**, Primera Edición, McGraw-Hill Professional, Estados Unidos, 2005, Pág. 77, 92, 185, 227, 259-271.

INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA, **Instrumentation Symbols and Identification (Standards & Practices for Instrumentation & Control)**, Segunda Edición, Estados Unidos, 1992.

BOYES, Walt, **Instrumentation Reference Book**, Tercera Edición, Butterworth-Heinemann, Estados Unidos, 2002, Pág. 641,734.

www.it.uu.se/research/syscon/automatic/modcont_waste, Modeling and Control of Wastewater Treatment Plants, Trabajos de Investigación de la Universidad UPPSALA.

www.ocw.mit.edu/OcwWeb/Civil-and-Environmental-Engineering/1-85Spring-2006/CourseHome, Water and Wastewater Treatment Engineering, Curso en línea gratuito del MIT.

<http://www.water-treatment.org.uk>, Water Treatment Information.

<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/watsys.html>, Household Water Supply.

http://www.sefiltra.com/sefiltra_productos_filtros_arena.htm, Filtros de arena y carbón activo.

ANEXO 1

CALIDAD DE AGUA DESEADA

PETROBRAS	PROYECTO: CPF PALO AZUL 40KBOPD ECUADOR TLC S.A.	
Doc. N°: 1111101-05-012-DP-M-AZ016	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA	Hoja N° 26 de 30
Gerencia Instalaciones de Superficie		

AGUA POTABLE

Tabla 1. Componentes relativos a la Calidad Organolépticos

Componentes o Características	Unidad	Valor deseable menor a	Valor Máximo Aceptable ^(a)
Color	UCV ^(b)	5	15 (25)
Turbiedad	UNT ^(c)	1	5 (10)
Olor o Sabor	-- --	Aceptable para la mayoría de los consumidores	Aceptable para la mayoría de los consumidores
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	600	1000
Dureza Total	mg/l Ca CO ₃	250	500
pH	-- --	6.5 – 8.5	9.0
Aluminio	mg/l	0.1	0.2
Cloruro	mg/l	250	300
Cobre	mg/l	1.0	(2.0)
Hierro Total	mg/l	0.1	0.3 (1.0)
Manganeso Total	mg/l	0.1	0.5
Sodio	mg/l	200	200
Sulfato	mg/l	250	500
Cinc	mg/l	3.0	5.0
Coliformes Totales	NMP/100 cm	Ausencia	Ausencia

(a) Los valores entre paréntesis son aceptados provisionalmente en casos excepcionales plenamente justificados ante la autoridad sanitaria.

(b) UCV: Unidades de Color Verdadero

(c) UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad

PETROBRAS	PROYECTO: CPF PALO AZUL 40KBOPD ECUADOR TLC S.A.	
Doc. N°: 1111101-05-012-DP-M-AZ016	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA	Hoja N° 27 de 30
Gerencia Instalaciones de Superficie		

Tabla N° 2. Componentes Inorgánicos

Componentes	Valor Máximo Aceptable (mg/l)
Arsénico	0.01
Bario	0.7
Boro	0.3
Cobre	2.0
Cadmio	0.003
Cianuro	0.07
Cromo Total	0.05
Fluoruros	(c)
Mercurio Total	0.001
Níquel	0.02
Nitrato (NO ₃)	45.0
(N)	10
Nitrito (NO ₂)	0.03
(N)	0.01
Molibdeno	0.07
Plomo	0.01
Selenio	0.01
Plata	0.05
Cloro Residual	1.0 (3.0) (a)

NO₃ = Nitrato

N= Nitrógeno

NO₂ = Nitrito

(a) El Valor entre paréntesis es aceptado provisionalmente en casos extremadamente excepcionales, plenamente justificados ante la Autoridad Competente.

(b) La suma de las razones entre la concentración de cada uno y su respectivo valor máximo aceptable no debe ser mayor a la unidad.

(c) El contenido de fluor como ión fluoruro "F" se fijará de acuerdo con el promedio anual de temperatura máxima del aire en °C, según el cuadro N° 3 siguiente:

Tabla N° 3. Valores límites recomendables para el contenido de Fluoruro

Promedio anual de Temperatura máxima del aire en °C	Límite inferior mg/l	Límite Óptimo mg/l	Límite Superior mg/l
10.0 – 14.0	0.8	1.1	1.5
14.0 – 17.6	0.8	1.0	1.3
17.7 – 21.4	0.7	0.9	1.2
21.5 – 26.2	0.7	0.8	1.0
26.3 – 32.6	0.6	0.7	0.8

PETROBRAS	PROYECTO: CPF PALO AZUL 40KBOPD ECUADOR TLC S.A.	
Doc. N°: 1111101-05-012-DP-M-AZ016	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA	Hoja N° 28 de 30
Gerencia Instalaciones de Superficie		

Tabla N° 4. Componentes Orgánicos

Componentes	Valor Máximo Aceptable (mg/l)
Bromo formo	100
Cloroformo	200
Dibromoclorometano	100
Benceno	0
Tolueno	700
Xileno	500
Aldrin y Dieldrin	0.03
Clordano	0.2
DDT y sus metabolitos	2.0
2-4-D	3.0
Heptacloro	0.03
HeptacloroExpóxido	0.1
Hexaclorobenceno	1.0
Lindano	2.0
Metoxicloro	20
Acrilamida	0.5
Benzopireno	0.7
1-2 Dicloroetano	30
1-2 Dicloroeteno	30
Etilbenceno	300
Pentaclorofenol	9.0
2-4-6 Triclorofenol	200

PETROBRAS	PROYECTO: CPF PALO AZUL 40KBOPD ECUADOR TLC S.A.	
Doc. Nº: 1111101-05-012-DP-M-AZ016	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA	Hoja Nº 29 de 30
Gerencia Instalaciones de Superficie		

AGUA SELLO DE BOMBAS

Tabla 5. Características del Agua de Sello de Bombas

Elemento	Cantidad Máxima (ppm)
Dureza	50
Cloruros	40
Sulfatos	50
Sólidos Disueltos	150

AGUA DE SERVICIO

Tabla 6. Características del Agua de servicios

Componentes o Características	Unidad	Valor deseable menor a	Valor Máximo Aceptable ^(a)
Color	UCV ^(b)	5	15 (25)
Turbiedad	UNT ^(c)	1	5 (10)

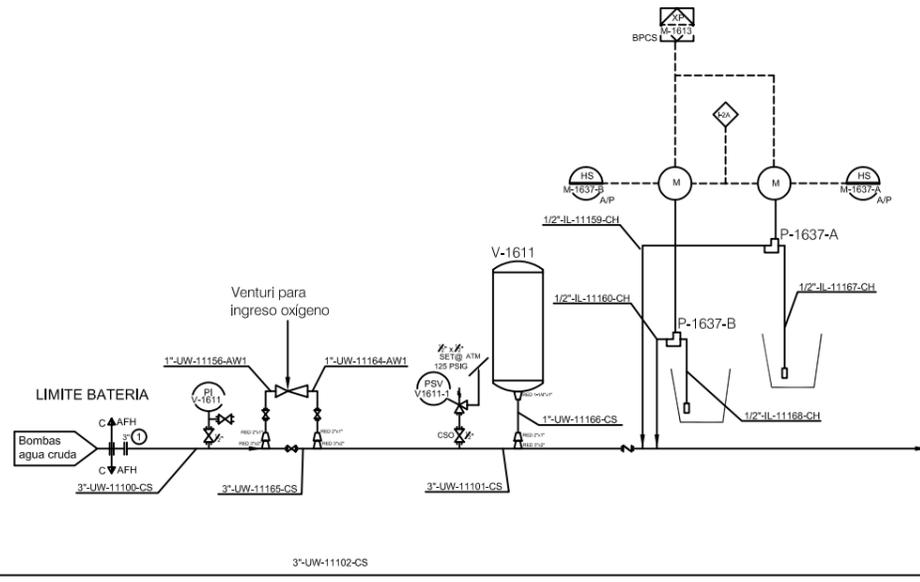
(a) Los valores entre paréntesis son aceptados provisionalmente en casos excepcionales plenamente justificados ante la autoridad sanitaria.

(b) UCV: Unidades de Color Verdadero

(c) UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad

ANEXO 2

DIAGRAMA DE PIPING E INSTRUMENTACION (P&ID)



EQUIPOS:

ITEM	V-1611
SERVICIO	TANQUE CONTACTO OXIGENO
DIMENSIONES	24" OD X 72" H
CAPACIDAD	120 GPM
TIPO	POLIETILENO - FIBRA VIDRIO
CONDICIONES DE DISEÑO P@T	125 psi @ 125°F

ITEM	P-1637-A
SERVICIO	DOSEIFICACION DE FLOCULANTE
CAPACIDAD	0.58 GPH @ 250 PSI
TIPO	DIAFRAGMA

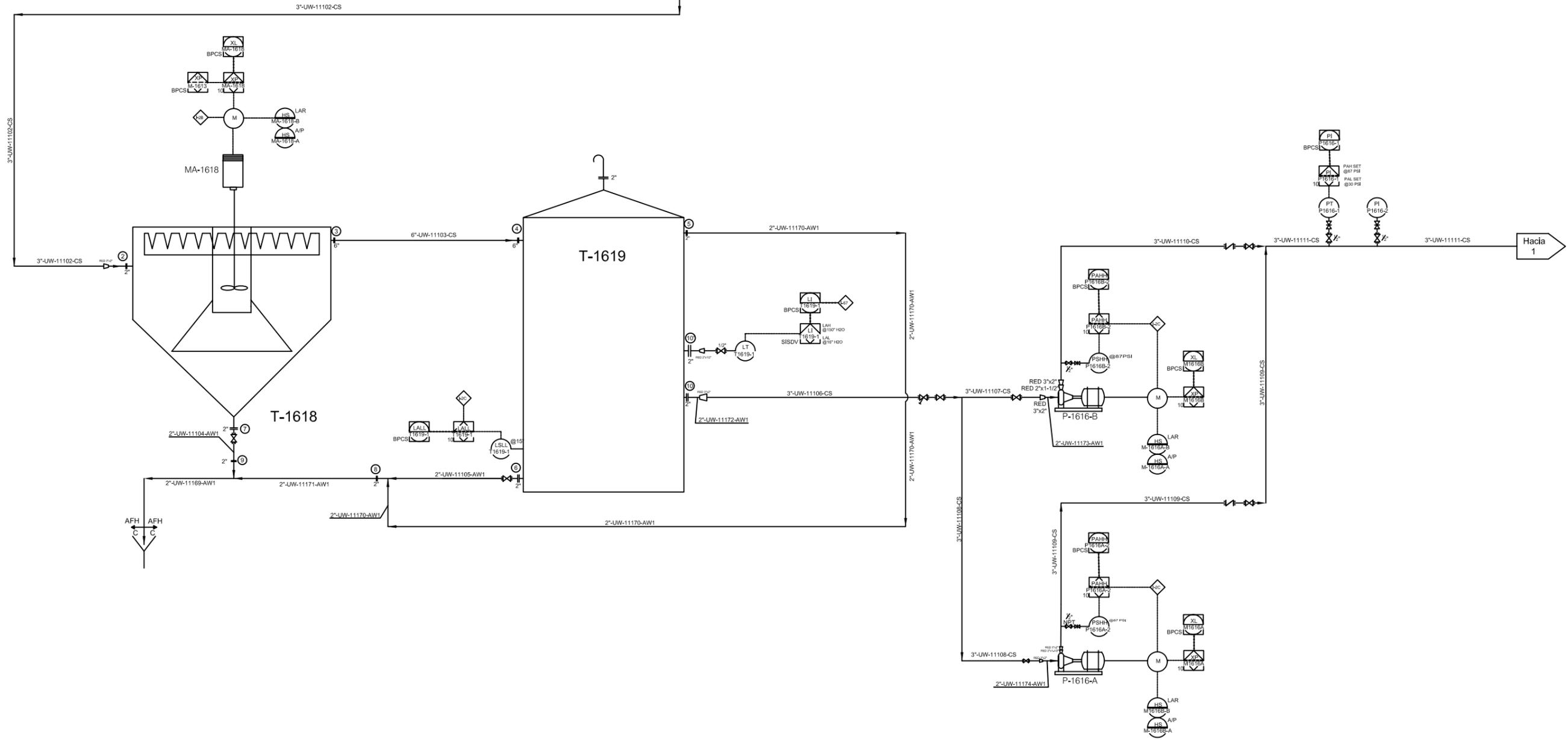
ITEM	P-1637-B
SERVICIO	DOSEIFICACION DE COADYUVANTE
CAPACIDAD	0.58 GPH @ 250 PSI
TIPO	DIAFRAGMA

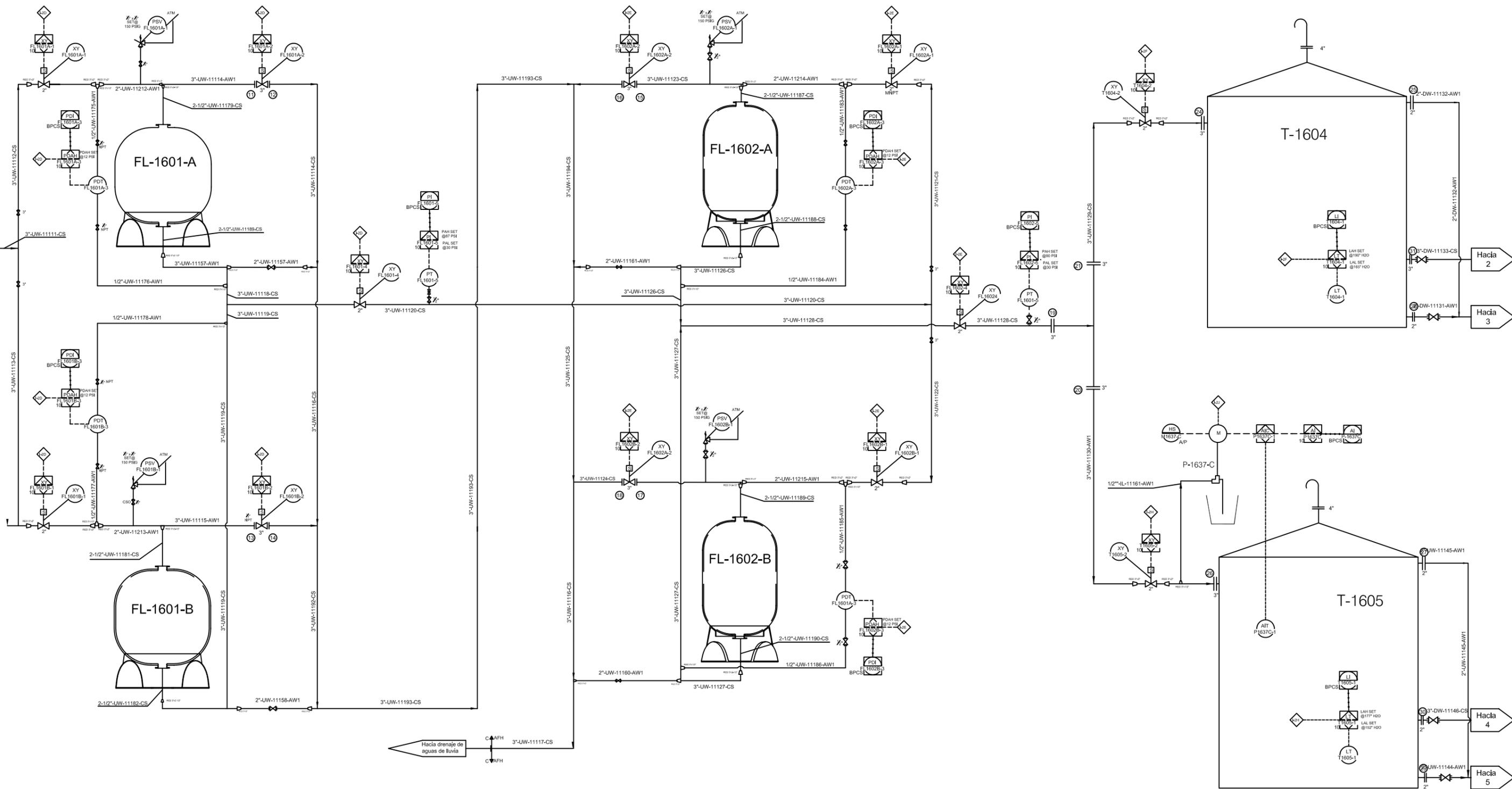
ITEM	MA-1618
SERVICIO	FLOCULACION MECANICA
TIPO	MOTOREDUCTOR
VELOCIDAD (RPM)	104
MOTOR (HP)	3/4

ITEM	T-1618
SERVICIO	TANQUE CLARIFICADOR
DIMENSIONES	13'-1" ID X 12'-5" H
CAPACIDAD	29 m3
TIPO	TRONCO CONICO
MATERIAL	ASTM A-36
CONDICIONES DE DISEÑO P@T	ATM @ 100°F
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENOLICO

ITEM	T-1619
SERVICIO	TANQUE DE EQUILIBRIO
DIMENSIONES	5'-8" ID X 14'-7" H
CAPACIDAD	10 m3
TIPO	CILINDRICO
MATERIAL	ASTM A-36
CONDICIONES DE DISEÑO P@T	ATM @ 100°F
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENOLICO

ITEM	P-1616-A/B
SERVICIO	BOMBAS DE FILTRO DE AGUA
CAPACIDAD (GPM)	120
CABEZA DIFERENCIAL (FT)	77
PRESION DIFERENCIAL TIPO (PSI)	31
MOTOR (HP)	10





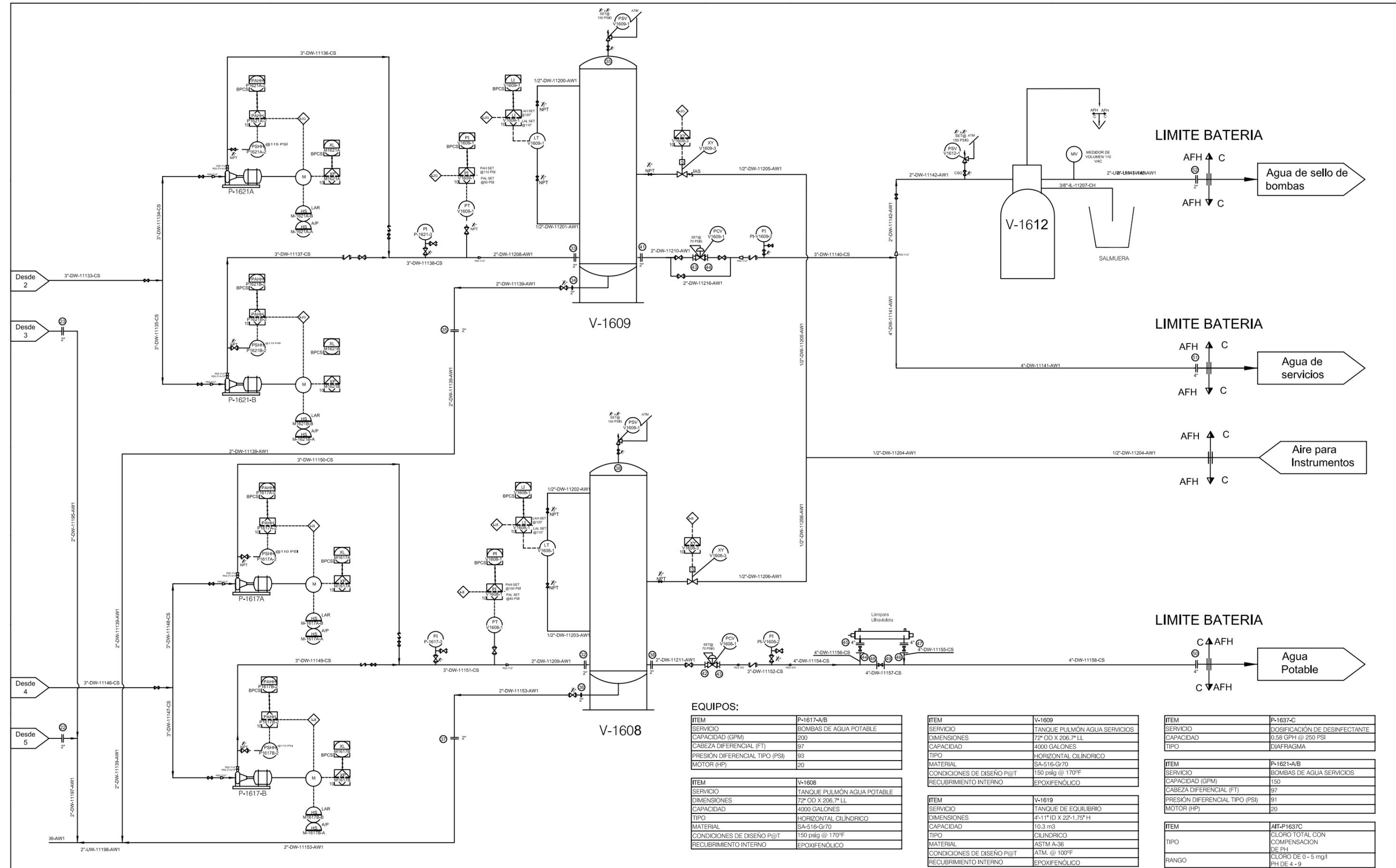
EQUIPOS:

ITEM	FL-1601-A/B
SERVICIO	FILTRO DE ARENA
DIMENSIONES	63" OD X 67" H
CAPACIDAD	120 GPM
TIPO	POLIETILENO - FIBRA VIDRIO
CONDICIONES DE DISEÑO P@T	150 psi @ 150°F

ITEM	FL-1602-A/B
SERVICIO	FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO
DIMENSIONES	48" OD X 72" H
CAPACIDAD	120 GPM
TIPO	POLIETILENO - FIBRA VIDRIO
CONDICIONES DE DISEÑO P@T	150 psi @ 150°F

ITEM	T-1604
SERVICIO	TANQUE AGUA SERVICIOS
DIMENSIONES	12'-0" ID X 20'0" H
CAPACIDAD	400 BBLs
TIPO	CILINDRICO
MATERIAL	ASTM A-36
CONDICIONES DE DISEÑO P@T	ATM @ 100°F
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENÓLICO

ITEM	T-1605
SERVICIO	TANQUE AGUA POTABLE
DIMENSIONES	12'-0" ID X 20'0" H
CAPACIDAD	400 BBLs
TIPO	CILINDRICO
MATERIAL	ASTM A-36
CONDICIONES DE DISEÑO P@T	ATM @ 100°F
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENÓLICO



EQUIPOS:

ITEM	P-1617-A/B
SERVICIO	BOMBAS DE AGUA POTABLE
CAPACIDAD (GPM)	200
CABEZA DIFERENCIAL (FT)	97
PRESION DIFERENCIAL TIPO (PSI)	93
MOTOR (HP)	20
ITEM	V-1608
SERVICIO	TANQUE PULMÓN AGUA POTABLE
DIMENSIONES	72" OD X 206.7" LL
CAPACIDAD	4000 GALONES
TIPO	HORIZONTAL CILINDRICO
MATERIAL	SA-516-Gr70
CONDICIONES DE DISEÑO P@T	150 psig @ 170°F
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENÓLICO

ITEM	V-1609
SERVICIO	TANQUE PULMÓN AGUA SERVICIOS
DIMENSIONES	72" OD X 206.7" LL
CAPACIDAD	4000 GALONES
TIPO	HORIZONTAL CILINDRICO
MATERIAL	SA-516-Gr70
CONDICIONES DE DISEÑO P@T	150 psig @ 170°F
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENÓLICO
ITEM	V-1619
SERVICIO	TANQUE DE EQUILIBRIO
DIMENSIONES	4'-1" ID X 22'-1.75" H
CAPACIDAD	10.3 m3
TIPO	CILINDRICO
MATERIAL	ASTM A-36
CONDICIONES DE DISEÑO P@T	ATM. @ 100°F
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENÓLICO

ITEM	P-1637-C
SERVICIO	DOSIFICACION DE DESINFECTANTE
CAPACIDAD	0.58 GPH @ 250 PSI
TIPO	DIAFRAGMA
ITEM	P-1621-A/B
SERVICIO	BOMBAS DE AGUA SERVICIOS
CAPACIDAD (GPM)	150
CABEZA DIFERENCIAL (FT)	97
PRESION DIFERENCIAL TIPO (PSI)	91
MOTOR (HP)	20
ITEM	AIT-P1637C
TIPO	COLOR TOTAL CON COMPENSACION DE PH
RANGO	COLORO DE 0 - 5 mg/l PH DE 4 - 9

ANEXO 3

HOJAS DE DATOS DE INSTRUMENTOS

**HOJA DE DATOS
INDICADORES LOCALES DE PRESION
Y PRESION DIFERENCIAL**

**HOJA DE DATOS
TRANSMISORES DE PRESION Y
TRANSMISORES DE PRESION DIFERENCIAL**

**HOJA DE DATOS
TRANSMISORES DE PRESION Y
TRANSMISORES DE PRESION DIFERENCIAL
PLANTA DE TRATAMIENTOM DE AGUA CRUDA**

	1 Tag. SEE NEXT PAGE	Service: SEE NEXT PAGE
GENERAL	2 Function	Record <input type="checkbox"/> Indicate <input checked="" type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Blind <input type="checkbox"/> Trans <input checked="" type="checkbox"/> Integ <input type="checkbox"/> Other:
	3 Case	MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Nom Size: Color: MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Other: Note2
	4 Mounting	Flush <input type="checkbox"/> Surface <input type="checkbox"/> Yoke <input checked="" type="checkbox"/> Other:
	5 Enclosure Class	General Purpose <input checked="" type="checkbox"/> Weather proof <input type="checkbox"/> Explosion Proof <input type="checkbox"/> Class: I, Div. 2
	6 Power Supply	For use in intrinsically Safe System <input type="checkbox"/> Other: Other: LOOP POWERED
	7 Chart	117V 60 Hz <input type="checkbox"/> Other: Range: Mo.
	8 Chart Drive	24 hr Other: Power:
	9 Scale	Type Range: 1 2 3 4
	XMTR	10 Transmitter Output
CONTROLLER	11 Control Modes	P=Prop (Gain), I= Integral (Auto Reset), D= Derivative (Rate) Sub: s= Slow, f= Fast P <input type="checkbox"/> PI <input type="checkbox"/> PD <input type="checkbox"/> PID <input type="checkbox"/> If <input type="checkbox"/> DF <input type="checkbox"/> Is <input type="checkbox"/> DS <input type="checkbox"/> Other LINEAL
	12 Action	On Meas. Increase Output : Increases <input checked="" type="checkbox"/> Decreases <input type="checkbox"/>
	13 Auto-Man Switch	None <input checked="" type="checkbox"/> MFR STD <input type="checkbox"/> Other
	14 Set Point Adj.	Manual <input type="checkbox"/> External <input type="checkbox"/> Remote <input checked="" type="checkbox"/> Other
	15 Manual Reg	None <input checked="" type="checkbox"/> MFR ST <input type="checkbox"/> Other
	16 Output	4-20 mA <input checked="" type="checkbox"/> 10-50 mA <input type="checkbox"/> 21-103 kPa (3-15 psig) <input type="checkbox"/> Other
UNIT	17 Service	Flow <input type="checkbox"/> Level <input type="checkbox"/> Diff. Pressure <input checked="" type="checkbox"/> Other:
	18 Element Type	Diaphragm <input checked="" type="checkbox"/> Bellows <input type="checkbox"/> Mercury <input type="checkbox"/> Other:
	19 Material	Body: ALUMINIO Element: 316 SS Other
	20 Rating	Overrange: Body Rating:
	21 Diff. Range	Fixed <input type="checkbox"/> Adj. Range: See Next Page Set at: See Next Page
	22	Elevation: Suppression:
	23 Process Data	Fluid: See Next Sheet Max. Temp.: 140 °F Max. Press.: See Next Sheet
	24 Process Conn.	1/2" NPT <input checked="" type="checkbox"/> Other:
25 Alarm Switches	Quantity Form Rating	
26 Function	Press <input type="checkbox"/> Deviation <input type="checkbox"/> Contacts To On Temp. Increase	
27 Options	Filt-Reg. <input type="checkbox"/> Sup Gage <input type="checkbox"/> Output Gage <input type="checkbox"/> Charts Valve Manifold: See Next Sheet Cond.Pots <input type="checkbox"/> Adj. Damp <input type="checkbox"/> Integral Sq.Rt.Ext. <input type="checkbox"/> Other	
28 MFR & Model N°	See Next Sheet	

NOTES:

- 1.- MFR. SHALL SUPPLY PERMANENTLY ATTACHED 316 SST NAMEPLATE WITH TAG No. AND SERVICE
- 2.- ALL ITEMS SHALL BE CORROSION RESISTANT

**HOJA DE DATOS
TRANSMISORES DE NIVEL**

**HOJA DE DATOS
TRANSMISORES DE NIVEL
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA**

	1 Tag. SEE NEXT PAGE	Service: SEE NEXT PAGE
GENERAL	2 Function	Record <input type="checkbox"/> Indicate <input checked="" type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Blind <input type="checkbox"/> Trans <input checked="" type="checkbox"/> Integ <input type="checkbox"/> Other:
	3 Case	MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Nom Size: Color: MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Other: Note2
	4 Mounting	Flush <input type="checkbox"/> Surface <input type="checkbox"/> Yoke <input type="checkbox"/> Other: ESTÁNDAR
	5 Enclosure Class	General Purpose <input checked="" type="checkbox"/> Weather proof <input type="checkbox"/> Explosion Proof <input type="checkbox"/> Class: I, Div. 2
	6 Power Supply	For use in intrinsically Safe System <input type="checkbox"/> Other: Other: LOOP POWERED
	7 Chart	117V 60 Hz <input type="checkbox"/> Other ac <input type="checkbox"/> 24 Vdc <input checked="" type="checkbox"/> Other
	8 Chart Drive	12 in.Circ. <input type="checkbox"/> Other: Range: Mo.
	9 Scale	24 hr Other: Power: Type Range: 1 2 3 4
	XMTR	10 Transmitter Output
CONTROLLER	11 Control Modes	P=Prop (Gain), I= Integral (Auto Reset), D= Derivative (Rate) Sub: s= Slow, f= Fast P <input type="checkbox"/> PI <input type="checkbox"/> PD <input type="checkbox"/> PID <input type="checkbox"/> If <input type="checkbox"/> DF <input type="checkbox"/> Is <input type="checkbox"/> DS <input type="checkbox"/> Other LINEAL
	12 Action	On Meas. Increase Output : Increases <input checked="" type="checkbox"/> Decreases <input type="checkbox"/>
	13 Auto-Man Switch	None <input checked="" type="checkbox"/> MFR STD <input type="checkbox"/> Other
	14 Set Point Adj.	Manual <input type="checkbox"/> External <input type="checkbox"/> Remote <input checked="" type="checkbox"/> Other
	15 Manual Reg	None <input checked="" type="checkbox"/> MFR ST <input type="checkbox"/> Other
	16 Output	4-20 mA <input checked="" type="checkbox"/> 10-50 mA <input type="checkbox"/> 21-103 kPa (3-15 psig) <input type="checkbox"/> Other
UNIT	17 Service	Flow <input type="checkbox"/> Level <input checked="" type="checkbox"/> Diff. Pressure <input type="checkbox"/> Other:
	18 Element Type	Diaphragm <input checked="" type="checkbox"/> Bellows <input type="checkbox"/> Mercury <input type="checkbox"/> Other:
	19 Material	Body: ALUMINIO Element: 316 SS Other
	20 Rating	Overrange: Body Rating:
	21 Diff. Range	Fixed <input type="checkbox"/> Adj. Range: See Next Page Set at: See Next Page
	22	Elevation: Suppression:
	23 Process Data	Fluid: See Next Sheet Max. Temp.: 140 °F Max. Press.: See Next Sheet
	24 Process Conn.	1/2" NPT <input checked="" type="checkbox"/> Other:
25 Alarm Switches	Quantity Form Rating	
26 Function	Press <input type="checkbox"/> Deviation <input type="checkbox"/> Contacts To On Temp. Increase	
27 Options	Filt-Reg. <input type="checkbox"/> Sup Gage <input type="checkbox"/> Output Gage <input type="checkbox"/> Charts Valve Manifold: See Next Sheet Cond.Pots <input type="checkbox"/> Adj. Damp <input type="checkbox"/> Integral Sq.Rt.Ext. <input type="checkbox"/> Other	
28 MFR & Model Nº	See Next Sheet	

NOTES:

- 1.- MFR. SHALL SUPPLY PERMANENTLY ATTACHED 316 SST NAMEPLATE WITH TAG No. AND SERVICE
- 2.- ALL ITEMS SHALL BE CORROSION RESISTANT

**HOJA DE DATOS
TRANSMISORES DE NIVEL
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA**

1	Tag. SEE NEXT PAGE	Service: SEE NEXT PAGE
GENERAL	2 Function	Record <input type="checkbox"/> Indicate <input checked="" type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Blind <input type="checkbox"/> Trans <input checked="" type="checkbox"/> Integ <input type="checkbox"/> Other:
	3 Case	MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Nom Size: Color: MFR STD <input checked="" type="checkbox"/> Other: Note2
	4 Mounting	Flush <input type="checkbox"/> Surface <input type="checkbox"/> Yoke <input checked="" type="checkbox"/> Other:
	5 Enclosure Class	General Purpose <input checked="" type="checkbox"/> Weather proof <input type="checkbox"/> Explosion Proof <input type="checkbox"/> Class: I, Div. 2
	6 Power Supply	For use in intrinsically Safe System <input type="checkbox"/> Other: Other: LOOP POWERED
	7 Chart	117V 60 Hz <input type="checkbox"/> Other ac <input type="checkbox"/> 24 Vdc <input checked="" type="checkbox"/> Other
	8 Chart Drive	12 in.Circ. <input type="checkbox"/> Other: Range: Mo.
	9 Scale	24 hr Other: Power: Type Range: 1 2 3 4
	XMTR	10 Transmitter Output
CONTROLLER	11 Control Modes	P=Prop (Gain), I= Integral (Auto Reset), D= Derivative (Rate) Sub: s= Slow, f= Fast P <input type="checkbox"/> PI <input type="checkbox"/> PD <input type="checkbox"/> PID <input type="checkbox"/> If <input type="checkbox"/> DF <input type="checkbox"/> Is <input type="checkbox"/> DS <input type="checkbox"/> Other LINEAL
	12 Action	On Meas. Increase Output : Increases <input checked="" type="checkbox"/> Decreases <input type="checkbox"/>
	13 Auto-Man Switch	None <input checked="" type="checkbox"/> MFR STD <input type="checkbox"/> Other
	14 Set Point Adj.	Manual <input type="checkbox"/> External <input type="checkbox"/> Remote <input checked="" type="checkbox"/> Other
	15 Manual Reg	None <input checked="" type="checkbox"/> MFR ST <input type="checkbox"/> Other
	16 Output	4-20 mA <input checked="" type="checkbox"/> 10-50 mA <input type="checkbox"/> 21-103 kPa (3-15 psig) <input type="checkbox"/> Other
UNIT	17 Service	Flow <input type="checkbox"/> Level <input checked="" type="checkbox"/> Diff. Pressure <input type="checkbox"/> Other:
	18 Element Type	Diaphragm <input checked="" type="checkbox"/> Bellows <input type="checkbox"/> Mercury <input type="checkbox"/> Other:
	19 Material	Body: ALUMINIO Element: 316 SS Other
	20 Rating	Overrange: Body Rating:
	21 Diff. Range	Fixed <input type="checkbox"/> Adj. Range: See Next Page Set at: See Next Page
	22	Elevation: Suppression:
	23 Process Data	Fluid: See Next Sheet Max. Temp.: 140 °F Max. Press.: See Next Sheet
	24 Process Conn.	1/2" NPT <input checked="" type="checkbox"/> Other:
25 Alarm Switches	Quantity Form Rating	
26 Function	Press <input type="checkbox"/> Deviation <input type="checkbox"/> Contacts To On Temp. Increase	
27 Options	Filt-Reg. <input type="checkbox"/> Sup Gage <input type="checkbox"/> Output Gage <input type="checkbox"/> Charts Valve Manifold: See Next Sheet Cond.Pots <input type="checkbox"/> Adj. Damp <input type="checkbox"/> Integral Sq.Rt.Ext. <input type="checkbox"/> Other	
28 MFR & Model N°	See Next Sheet	

NOTES:

- 1.- MFR. SHALL SUPPLY PERMANENTLY ATTACHED 316 SST NAMEPLATE WITH TAG No. AND SERVICE
- 2.- ALL ITEMS SHALL BE CORROSION RESISTANT

**HOJA DE DATOS
SWITCHES DE PRESION**

	HOJAS DE DATOS SWITCH DE PRESION	
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA	

GENERAL	SWITCH
1. Type: <input checked="" type="checkbox"/> Pressure <input type="checkbox"/> Vacuum <input type="checkbox"/> Comp <input type="checkbox"/> Diff Press	8. Type: <input type="checkbox"/> Mercury <input checked="" type="checkbox"/> Snap Other: RECEIVER BLIND
2. Setting: <input type="checkbox"/> Set in Field <input checked="" type="checkbox"/> Factory Set <input type="checkbox"/> Internal <input checked="" type="checkbox"/> External <input type="checkbox"/> Dial	9. Quantity: <input type="checkbox"/> Single <input checked="" type="checkbox"/> Dual
3. Dead Band: <input checked="" type="checkbox"/> Fixed <input type="checkbox"/> Adj. <input type="checkbox"/> Min.	10. Form: <input type="checkbox"/> SPST <input checked="" type="checkbox"/> SPDT <input type="checkbox"/> DPDT Other:
ELEMENT	11. Rating: _____ 15 _____ Amps _____ 250 _____ V _____ 60 Hz Other:
4. Type: <input checked="" type="checkbox"/> Diaphragm <input type="checkbox"/> Bourdon <input type="checkbox"/> Bellows Other:	12. Load: <input type="checkbox"/> Inductive <input type="checkbox"/> Non-Inductive
5. Mat'l: <input type="checkbox"/> Bronze <input checked="" type="checkbox"/> _____ SS <input type="checkbox"/> Alloy St Other:	13. Enclosure: <input type="checkbox"/> G.P. <input checked="" type="checkbox"/> Weatherproof <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Explosion Proof Class:
6. Connection: <input checked="" type="checkbox"/> Mfr Std Other Size: 1/4 FNPT <input checked="" type="checkbox"/> Bottom <input type="checkbox"/> Back	14. Conduit Connection: Other: <input type="checkbox"/> 3/4 NPT Mfr & Model No.: Endress Hauser PMP131
7. Mounting: <input checked="" type="checkbox"/> Local <input type="checkbox"/> Surface <input type="checkbox"/> Flush	ACCESSORIES
	<input type="checkbox"/> Seal <input type="checkbox"/> Pulsation Damp <input checked="" type="checkbox"/> Mount. Bracket <input type="checkbox"/> Manual Override <input type="checkbox"/> Manual Reset

Item	Tag No.	Process Condition	Adjust Range	Set Point		Operating		Model	Service
				Process	Signal	Temp	Press		
1	PSHH-P1616A-2	HIGH PRES.	0 - 150 PSI	87 psi	Increase.		75 psi	PMP131	P-1616-A
2	PSHH-P1616B-2	HIGH PRES.	0 - 150 PSI	87 psi	Increase		75 psi	PMP131	P-1616-B
3	PSHH-P1621A-2	HIGH PRES.	0 - 150 PSI	115 psi	Increase		110 psi	PMP131	P-1621-A
4	PSHH-P1621B-2	HIGH PRES.	0 - 150 PSI	115 psi	Increase		110 psi	PMP131	P-1621-B
5	PSHH-P1617A-2	HIGH PRES.	0 - 150 PSI	110 psi	Increase		105 psi	PMP131	P-1617-A
6	PSHH-P1617B-2	HIGH PRES.	0 - 150 PSI	110 psi	Increase		105 psi	PMP131	P-1617-B
Notes:	1. ALL INSTRUMENTS SHALL BE TAGGED WITH PERMANENTLY ATTACHED SS TAG SHOWING TAG No. SIZING AND PURCHASE INFORMATION								

**HOJA DE DATOS
SWITCHES DE NIVEL**

HOJAS DE DATOS
SWITCH DE NIVEL
PLANTA D TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA

TAG GENERAL	TAG NUMBER:	LSLL-T1617-1
	SERVICE DESCRIPTION:	LEVEL SWITCH
	P & ID NUMBER:	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01
MECH.	MANUFACTURER MODEL NUMBER:	Endress Hauser: FTL20
	CASE TYPE :	LIQUID FILLED
	CASE MATERIAL:	STANDARD
	BLOW OUT PROTECTION:	
	MOUNTING:	LOCAL
	DIAL SIZE:	
	DIAL COLOR:	
	LENS MATERIAL:	
	MOVEMENT MATERIAL:	316 SS
	PROCESS CONNECTION SIZE:	2" MNPT
ELEMENT	PROCESS CONNECTION LOCATION:	HORIZONTAL MOUNT ONLY
	DESCRIPTION:	DIRECT
	MEASUREMENT:	GAUGE
	ELEMENT TYPE:	
	ELEMENT MATERIAL:	316 SS
	SOCKET MATERIAL:	316 SS
	ELEMENT RANGE:	
	DIAL RANGE:	
	DIAPHRAGM SEAL:	NO
	SYPHOM:	NO
ELEC.	SET POINT MEASUREMENT DECR:	
	SWITCH DESCRIPTION:	PROCESS BLIND
	AREA ELECTRICAL TYPE:	HAZARDOUS CL1, ZONE 1
	INSTRUMENT ELECTRICAL CLASS:	WEATHERPROOF
	TYPE:	SNAP SWITCH
	FORM/RATING:	SPDT / 125, 250, 480V -1 5.0 AMPS
	DIFFERENTIAL:	FIXED
	RESET:	AUTOMATIC
	CONDUIT CONNECTION:	1/2" FNPT CONDUIT REDUCER
	CONTAC ACTION ON ACTUATION:	OPEN
NOTES		

Item.	Tag.	P&ID No.	Diaph. Seal	Range	Operating Press.	Service
1	LSLL-T1619-1	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01		0,7g/cm3	580 psi	T-1619-1

**HOJA DE DATOS
VALVULA SOLENOIDE**

HOJA DE DATOS
VALVULAS SOLENOIDE
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA

TAG GENERAL	TAG NUMBER:	VER LISTA ABAJO
	SERVICE DESCRIPTION:	CONTROL DE FLUJO EN LOS FILTROS Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO
	P&ID NUMBER:	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01
	INSTRUMENT DESCRIPTION:	VALVULA SOLENOIDE
	MANUFACTURER: MODEL NUMBER:	AQUAMATIC: V42G
ELEC.	HOUSING:	ACERO AL CARBONO
	VOLTAJE:	120 VAC
	ELEC. AREA CLASS:	GENERAL PURPOSE
	FREQUENCY:	60 HZ
	ELEC. AREA TYPE:	
	FORM/ RATING:	
	CASE TYPE/COLOR:	
	CONDUIT CONNECTION SIZE:	2" FNPT
	CONDUIT LOCATION:	
OPTIONS		
NOTES		

ITEM	Tag.	P&ID No.	LINEA / EQUIPO	FABRICANTE	Modelo	Servicio
1	XY-FL1601A-1	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01	P-FL-1601-A	AquaMatic	V42G	INGRESO DE AGUA AL P-FL-1601-A
2	XY-FL1601B-1	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01	P-FL-1601-B	AquaMatic	V42G	INGRESO DE AGUA AL P-FL-1601-B
2	XY-FL1601-4	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01	2"-PW-11120-AW1	AquaMatic	V42G	SALIDA DE AGUA FILTROS DE ARENA
4	XY-FL1602A-1	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01	P-FL-1602-A	AquaMatic	V42G	INGRESO DE AGUA P-FL-1602-A
5	XY-FL1602B-1	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01	P-FL-1602-B	AquaMatic	V42G	INGRESO DE AGUA P-FL-1602-B
6	XY-FL1602-4	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01	2"-PW-11128-AW1	AquaMatic	V42G	SALIDA DE AGUA FILTROS DE CARBON
7	XY-T1604-2	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01	T-1604	AquaMatic	V42G	INGRESO DE AGUA T-1604
8	XY-T1605-2	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01	T-1605	AquaMatic	V42G	INGRESO DE AGUA T-1605

**HOJA DE DATOS
VALVULAS AUTOREGULADAS**

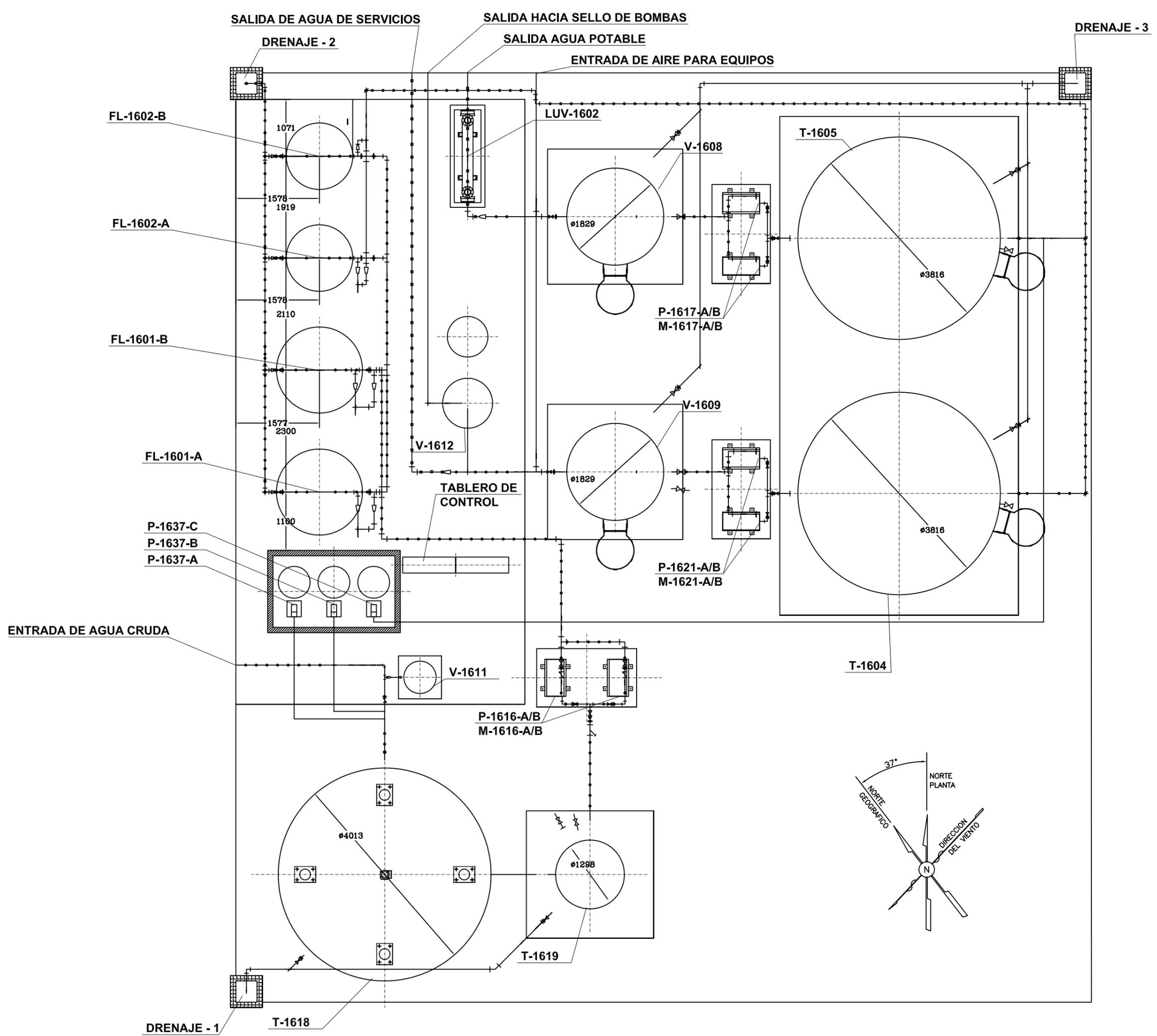
**HOJA DE DATOS
VALVULAS AUTOREGULADAS
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA**

GENERAL	1	TAG NUMBER	VER PAG. 3/3	
	2	SERVICE	AGUA	
	3	LINE No. / VESSEL No.	VER PAG. 3/3	
	4	LINE SIZE SCHED	SCH80	
	5	P&ID	1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01	
	6	FUNCTION	REGULAR LA PRESION	
BODY	7	TYPE OF BODY *	LINEAR	
	8	BODY SIZE	PORT SIZE *	2"
	9	GUIDING *	No. OF PORTS	
	10	END CONNECTION AND RATING	2" ANSI 150RF	
	11	BODY MATERIAL	STEEL	
	12	PACKING MATERIAL *		
	13	LUBRICATOR	ISO. VALVE	
	14	SEAL TYPE *		
	15	TRIM FORM *		
	16	TRIM MATERIAL		
	17	SEAT MATERIAL		
	18	REQUIRED SEAT TIGHTNESS *		
19	MAX. ALLOW SOUND LEVEL dBA			
ACTUATOR	20	TYPE OF ACTUATOR	DIRECT ACTING REGULATER	
	21	PILOT		
	22	SUPPLY TO PILOT / ACTUATOR		
	23	SELF CONNT	EXT CONN	
	24	DIAPHRAGM MATERIAL		
	25	DIAPHRAGM RATING *		
	26	SPRING RANGE	35 - 75 PSI	
27	SET POINT	70 PSI		
ACCESSORIES	28			
	29			
	30			
	31			
PROCESS DATA	32	FLOW UNITS	GPM	
	33	FLUID	AGUA	
	34	QUANT. MAX.	Cv *	
	35	QUANT. OPER. CV	Cv *	
	36	VALVE CV *	VALVE FL *	
	37	NORMAL INLET PRESSURE	DIF PRESSURE. *	
	38	MAX. INLET PRESSURE		
	39	MAX. SHUT OFF	DIF PRESSURE. *	
	40	TEMP. MAX	OPERATING	
	41	OPER. SP. GR.	MOL WT	
	42	OPER. VISC. cP	% FLASH	
	43	% SUPERHEAT / DEW POINT	% SOLIDS	
	44	VAPOR PRESS	CRIT. PRESS	
45	PREDICTED SOUND LEVEL dBA *			
MANUFACTURER	46	MANUFACTURER	FISHER	
	47	MODEL No	1098EGR	

NOTES:

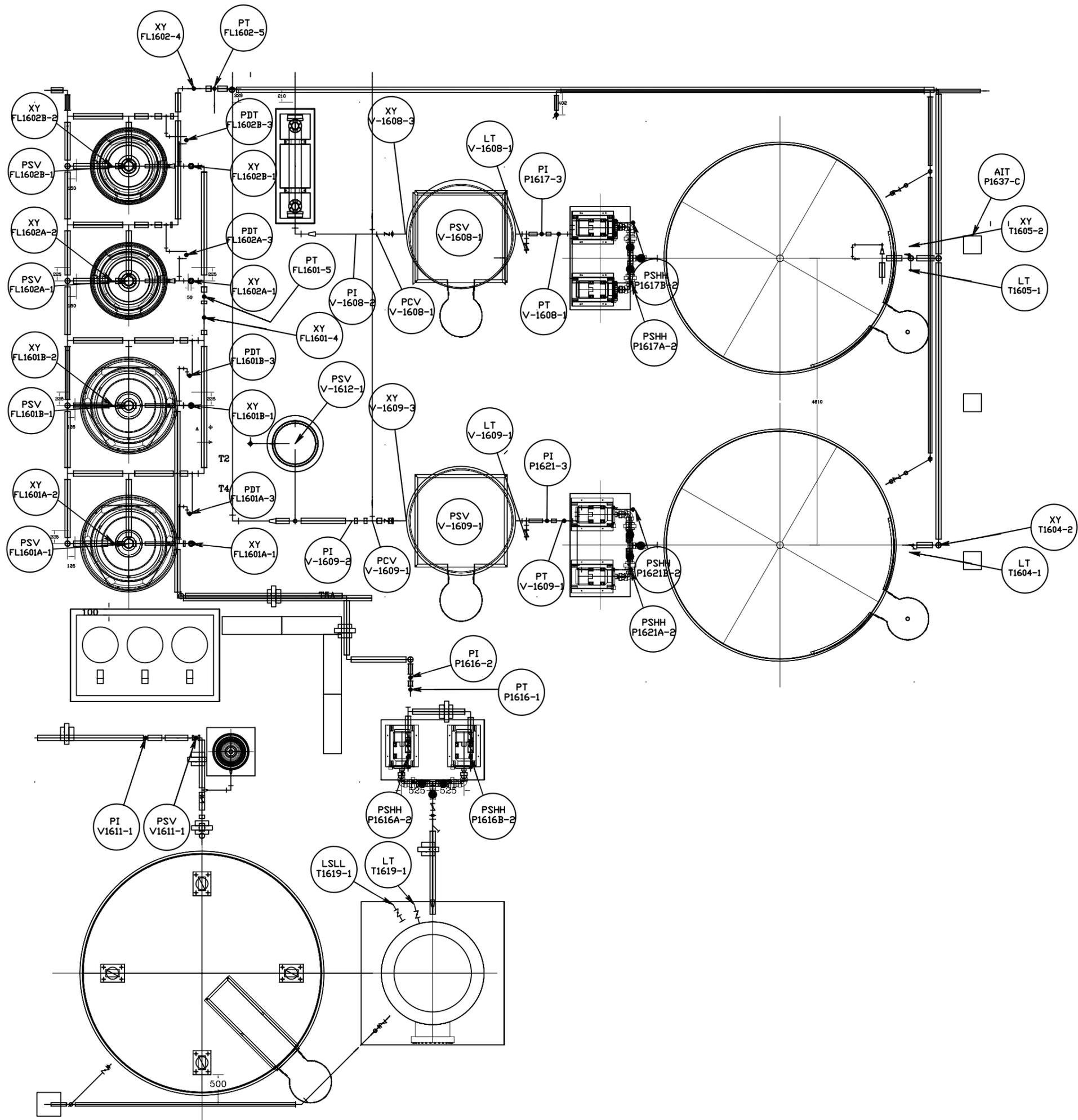
ANEXO 4

PLANO DE IMPLANTACION GENERAL



ANEXO 5

PLANO DE UBICACION DE INSTRUMENTOS



ANEXO 6

ARQUITECTURA DE CONTROL

- 3 C AVG # 8 SH (P1616AP) P-1616-A
- 3 C AVG # 8 SH (P1616BP) P-1616-B
- 3 C AVG # 8 SH (P1621AP) P-1621-A
- 3 C AVG # 8 SH (P1621BP) P-1621-B
- 3 C AVG # 8 SH (P1617AP) P-1617-A
- 3 C AVG # 8 SH (P1617BP) P-1617-B
- 3 C AVG # 8 SH (MA1618P) MA-1618
- 3 C AVG # 14 SH (P1637A) P1637-A
- 3 C AVG # 14 SH (P1637B) P1637-B
- 3 C AVG # 14 SH (P1637C) P-1637-C
- 3 C AVG # 14 SH (V1612P) V-1612
- 3 C AVG # 14 SH (LAMPVVP) LAMP-UUV
- 3 C AVG # 14 (AITP1637C) AIT-PI637-C-1

X-1602

- HS-P1616A-A1 HS-P1616B-A1 HS-P1621A-A1 HS-P1621B-A1 HS-P1617A-A1 HS-P1617B-A1 HS-M1618-A1 HS-D001-A
- HS-P1616A-A2 HS-P1616B-A2 HS-P1621A-A2 HS-P1621B-A2 HS-P1617A-A2 HS-P1617B-A2 HS-M1618-A2 HS-D002-A
- HS-P1616A-B HS-P1616B-B HS-P1621A-B HS-P1621B-B HS-P1617A-B HS-P1617B-B HS-M1618-B HS-D003-A

3 C AVG # 4 /0 SH (X1602P) ALIMENTACION 480 VAC 3 PH, DESDE EL CCM-02 (PDR AZUL)

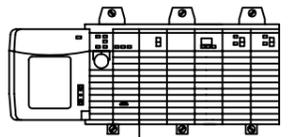
VER DWG. 1111101-05-012-PL-I-AZ059-HT01

CABLE MULTICONDUCTOR

- 1 PR AVG # 16 SH (PTP16161K) PT-P1616-1
- 1 PR AVG # 16 SH (PDTFL1601A3K) PDT-FL1601A-3
- 1 PR AVG # 16 SH (PDTFL1601B3K) PDT-FL1601B-3
- 1 PR AVG # 16 SH (PTFL16015K) PT-FL1601-5
- 1 PR AVG # 16 SH (PDTFL1602A3K) PDT-FL1602A-3
- 1 PR AVG # 16 SH (PDTFL1602B3K) PDT-FL1602B-3
- 1 PR AVG # 16 SH (PTFL16025K) PT-FL1602-5
- 1 PR AVG # 16 SH (LTT16041K) LT-T1604-1
- 1 PR AVG # 16 SH (PTV16091K) PT-V1609-1
- 1 PR AVG # 16 SH (LTV16091K) LT-V1609-1
- 1 PR AVG # 16 SH (LTT16051K) LT-T1605-1
- 1 PR AVG # 16 SH (PTV16081K) PT-V1608-1
- 1 PR AVG # 16 SH (LTV16081K) LT-V1608-1
- 1 PR AVG # 16 SH (AITP1637C) AIT-PI637-C-1

- 3 C AVG # 14 (LSLLT1619) LSLL-T1619-1
- 3 C AVG # 14 (PSHP1616A2C) PSHH-P1616A-2
- 3 C AVG # 14 (PSHP1616B2C) PSHH-P1616B-2
- 3 C AVG # 14 (PSHP1621A2C) PSHH-P1621A-2
- 3 C AVG # 14 (PSHP1621B2C) PSHH-P1621B-2
- 3 C AVG # 14 (PSHP1617A2C) PSHH-P1617A-2
- 3 C AVG # 14 (PSHP1617B2C) PSHH-P1617B-2
- 3 C AVG # 14 (XYFL1601A1C) XY-FL1601A-1
- 3 C AVG # 14 (XYFL1601A2C) XY-FL1601A-2
- 3 C AVG # 14 (XYFL1601B1C) XY-FL1601B-1
- 3 C AVG # 14 (XYFL1601B2C) XY-FL1601B-2
- 3 C AVG # 14 (XYFL16014C) XY-FL1601-4
- 3 C AVG # 14 (XYFL1602A1C) XY-FL1602A-1
- 3 C AVG # 14 (XYFL1602A2C) XY-FL1602A-2
- 3 C AVG # 14 (XYFL1602B1C) XY-FL1602B-1
- 3 C AVG # 14 (XYFL1602B2C) XY-FL1602B-2
- 3 C AVG # 14 (XYFL16024C) XY-FL1602-4
- 3 C AVG # 14 (XYT16042C) XY-T1604-2
- 3 C AVG # 14 (XYV16093C) XY-V1609-3
- 3 C AVG # 14 (XYT16052C) XY-T1605-2
- 3 C AVG # 14 (XYV16083C) XY-V1608-3

CTRL #10



ETHERNET/IP FIBRA OPTICA

3 C AVG # 10SH (LCP01P) ALIMENTACION 120 VAC, DESDE EL UPS PDR AZUL

FIBRA OPTICA HACIA EL CUARTO DE CONTROL

ANEXO 7

NORMA API 550. INSTRUMENTACION PARA MEDICION DE PROCESOS

API RP 550

28

MANUAL
ON
INSTALLATION OF REFINERY INSTRUMENTS
AND CONTROL SYSTEMS

PART I—PROCESS INSTRUMENTATION AND CONTROL

SECTION 2—LEVEL

THIRD EDITION
1974



AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE
Division of Refining
1801 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006

Price \$2.00

MANUAL
ON
INSTALLATION OF REFINERY INSTRUMENTS
AND CONTROL SYSTEMS

PART I—PROCESS INSTRUMENTATION AND CONTROL

SECTION 2—LEVEL

THIRD EDITION
1974

CONTENTS

SECTION 2—LEVEL

	PAGE
2.1 Scope	1
2.2 General	1
2.2.1 Accessibility	1
2.2.2 Visibility	1
2.2.3 Connections to Vessels	1
2.2.4 Multiple Instrument Mounting	1
2.2.5 Block Valves	1
2.2.6 Strain Relief	2
2.2.7 Vibration	2
2.2.8 Drains and Vents	2
2.3 Locally Mounted Indicating Gages	2
2.3.1 Tubular Gage Glasses	2
2.3.2 Armored-Type Gage Glasses	3
2.3.3 Float-and-Cable (Automatic) Tank Gages	4
2.3.4 Hydrostatic Head Pressure Gages	5
2.3.5 Differential Pressure Level Indicators	5
2.4 Level Transmitters	5
2.4.1 Displacer Transmitters	6
2.4.2 Differential Pressure Transmitters	8
2.4.3 Hydrostatic Head Transmitters	9
2.4.4 Electric and Electronic Level Transmitters	10
2.5 Locally Mounted Controllers	10
2.5.1 Displacer Controllers	10
2.5.2 Caged Ball Float Controllers	11
2.5.3 Internal Ball Float Controllers	11
2.5.4 Differential Pressure Controllers	11
2.6 Remote or Board-Mounted Receivers	11
2.6.1 Installation	11
2.6.2 Range	11
2.6.3 Signal Transmission	12
2.7 Level Alarms	12
2.7.1 Installation of Float Alarms	12
2.7.2 Installation of Other Alarms	12
2.8 Accessories	12
2.8.1 Seals and Purges	12
2.8.2 Gage Glass Illuminators	12
2.8.3 Weather Protection	12



PART I—PROCESS INSTRUMENTATION AND CONTROL

SECTION 2—LEVEL

2.1 Scope

This section discusses recommended practices for the installation of the more commonly used instruments and devices for indicating, recording, and controlling liquid levels and liquid-liquid interface levels normally encountered in petroleum refinery processes. The types of instruments covered are:

1. Locally mounted indicating gages (Par. 2.3), including tubular gage glasses, armored-type gage glasses, float-and-cable (automatic) tank gages, hydrostatic head pressure gages, and differential pressure level indicators.
2. Level transmitters (Par. 2.4), including displacers, differential pressure types, hydrostatic head types, and electric and electronic types.
3. Locally mounted controllers (Par. 2.5), including displacers, ball floats, and differential pressure types.
4. Remote or panel-mounted receivers (Par. 2.6).
5. Level alarms (Par. 2.7).
6. Accessories (Par. 2.8), including seals and purges, gage glass illuminators, and weather protection.

2.2 General

Certain general procedures, practices, and precautions apply to practically all instruments discussed herein. Where applicable, the generalities discussed in Par. 2.2.1 through 2.2.8 should be considered a part of the text of each of the subsequent discussions.

2.2.1 ACCESSIBILITY

All locally mounted liquid level instruments, including gage glasses, should be readily accessible from grade, platform, fixed walkway, or fixed ladder. Rolling platforms are frequently used when free access is available in the area below the instruments.

2.2.2 VISIBILITY

2.2.2.1 In all applications where a liquid level is regulated by a control valve, some indication of the level—gage glass, receiver pressure gages, or other indicator—should be clearly visible from the control valve location to permit manual control when necessary. Such level indication at the valve is not necessary if the control system cannot be manually operated from the control valve station.

2.2.2.2 Level indicating instruments preferably should be located on vessels so as to be visible from operating aisles.

2.2.3 CONNECTIONS TO VESSELS

2.2.3.1 Level instrument connections must be made directly to vessels and not to process flow lines or nozzles (continuous or intermittent) unless fluid velocity in the line is below 2 feet per second.

2.2.3.2 Connections and interconnecting piping should be installed in such a manner that no pockets or traps can occur. Where pockets are unavoidable, drain valves should be provided at the lowest points.

2.2.4 MULTIPLE-INSTRUMENT MOUNTING

2.2.4.1 When two or more instruments, including gage glasses, are required for any application (such as gage glass and controller or gage glass and alarm switch), they may be mounted in such a way that the number of openings in the vessel are kept to a minimum. Suggested methods are the use of tees (see Par. 2.4.1.3) or a common standpipe (see Par. 2.3.2.3 and 2.4.1.3).

2.2.4.2 Although block valves can be used between a vessel nozzle and a standpipe, some companies permit a standpipe to be installed without block valves at vessel nozzles.

2.2.5 BLOCK VALVES

2.2.5.1 Material

The materials of construction, the rating, and the type of connections for block valves must conform to the specifications for the equipment to which the valves are connected. This applies to all block valves whether installed directly on the equipment or on a standpipe, which is connected to the equipment.

2.2.5.2 Location and Size

Block valves may be located at the vessel connection or off a standpipe. When valves are connected to standpipes, connections are to be a minimum of 3/4-inch size. Where the vessel connection is a flanged nozzle and the block valve is mounted directly on the nozzle, the minimum is 1-inch size. Where the vessel connection is a coupling and the block valve is mounted to a nipple, the

minimum size connection is $\frac{3}{4}$ inch. Exceptions are noted in Par. 2.2.5.3. Fittings or piping between the vessel and block valves should be minimized.

2.2.5.3 Exceptions

a. SPECIAL APPLICATIONS

In the event a vessel nozzle is flanged and the instrument (such as a differential pressure type) to be connected has small-sized screwed connections, the block valve may be a minimum of $\frac{3}{4}$ -inch size and can be connected to the vessel nozzle with a reducing flange and nipple.

b. DUAL BLOCK VALVES

For parallel instruments connected by tees mounted directly on nozzles, dual block valves are permitted by some companies. This arrangement is a space-saver and in many cases is more economical than others.

c. FLANGE-MOUNTED DIAPHRAGM-TYPE LEVEL TRANSMITTERS

This type of instrument can be designed to be mounted flush with the wall of the vessel; in this application, block valves are impracticable (see Par. 2.4.2.1,f). Transmitters can be installed with a flange-size block valve between the vessel nozzle and the transmitter.

2.2.6 STRAIN RELIEF

Connections between vessels and heavy gages, controllers, or transmitters should be relieved of strain by properly supporting such instruments (and seal pots, where used) and by installing offsets or expansion loops where necessary to compensate for thermal expansion differences.

2.2.7 VIBRATION

Some level instruments are susceptible to damage or malfunctioning if mounted in locations where they are subject to vibration. To minimize vibration effects, such instruments should be mounted on a rigid support adjacent to but not connected to the source of vibration. Such an arrangement requires that the tubing or conduit connections between the source of vibration and the instrument be installed with flexibility. Additionally, shockproof mounts may be considered. Care should also be exercised in the selection of level instruments that must be mounted in locations subject to vibration as some instruments are less susceptible to vibration effects.

2.2.8 DRAINS AND VENTS

Drain valves of $\frac{1}{2}$ - or $\frac{3}{4}$ -inch size should be installed on the bottom connection to level instruments and gage glasses (see Par. 2.3.1.2, 2.3.2.2, 2.3.2.3, 2.3.4.2, and 2.4.1.3). In hazardous services, drains should be piped away from the instruments. Vent valves are not generally necessary but can be installed when desired. Plugged vent connections should be provided on all installations where vent valves are not provided.

2.3 Locally Mounted Indicating Gages

Locally mounted indicating devices include tubular gage glasses, armored-type gage glasses, float-and-cable (automatic) tank gages, hydrostatic head pressure gages, and differential pressure level indicators.

2.3.1 TUBULAR GAGE GLASSES

2.3.1.1 Application

Most companies do not permit the use of tubular gage glasses on process units. Usage of this type gage should be limited to services where the temperature is below 200 F, the pressure is below 15 pounds per square inch gage (psig), and the material is non-toxic and nonhazardous.

2.3.1.2 Connections

Tubular gage glass connections to a vessel may be made by means of gage cocks (see Fig. 2-1).

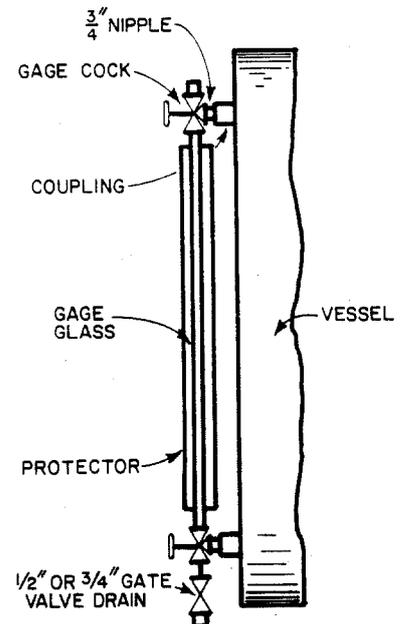


FIG. 2-1—Tubular Gage Glass Connections to Vessels.

2.3.1.3 Maximum Lengths

Tubular gage glasses should never exceed 30 inches in length. If a range greater than 30 inches is to be observed, use overlapping gage glasses.

2.3.1.4 Protection

The tubular gage glass should be protected by sheet metal, plastic, or safety glass protectors and preferably should be mounted on the side of the vessel away from the most likely source of damage. However, the gage must be visible to the operator at all times.

2.3.2 ARMORED-TYPE GAGE GLASSES

2.3.2.1 Application

a. The most commonly used types of armored gage glasses are the transparent (through-vision) and reflex gages. Metal tube gages are available for special applications or high-pressure service, but these will not be discussed here.

a.1 TRANSPLANT GAGES

These gages should be used in installations involving acid, caustic, or dirty (or dark-colored) materials; in high-pressure steam applications; for liquid-liquid interface service; and in any application where it is necessary to illuminate the glass from the rear.

a.2 REFLEX GAGES

These gages preferably should be used on all other clean service applications including C_4 and heavier hydrocarbons. They may also be used on C_3 and lighter hydrocarbons provided the product does not dissolve the paint or other coating on the inside of the gage, thereby leaving a bare metal backwall which in turn reduces the effectiveness of the prisms.

b. In service applications involving liquids that may boil, large-chamber reflex or transparent gage glasses are often used. These are designed to give an accurate level indication of liquids that boil or tend to surge in the gage glass.

2.3.2.2 Gage Assemblies

Multiple-section gage glasses are made up of more than one standard-length section and can be connected to the vessel by one of the alternatives recommended in Fig. 2-2(A). For the greatest accuracy and safety, gage glasses should be limited in length to four sections or 5 feet between connections. In services at 400 F or higher, some companies limit length to three sections. In noncritical level applications and where temperatures

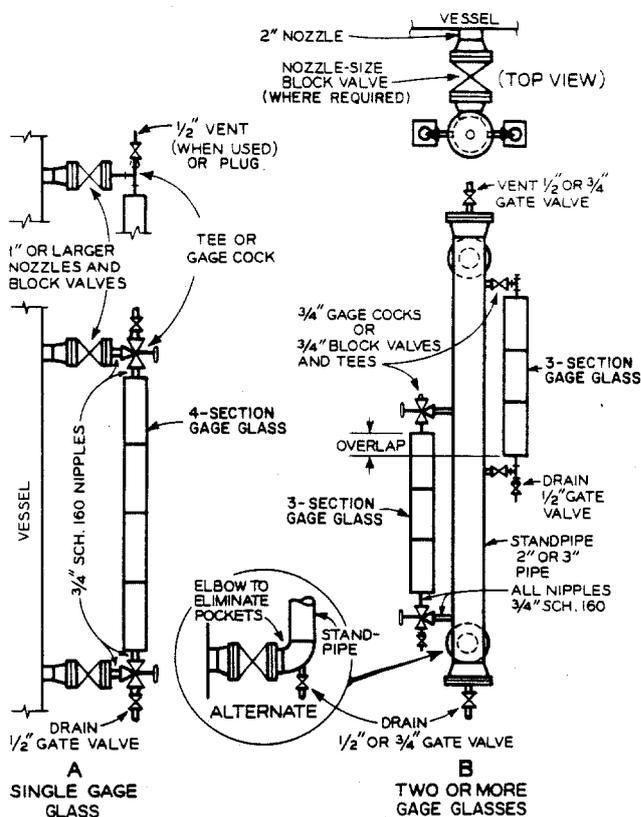


FIG. 2-2—Gage Assemblies.

are less than 400 F, longer gage glasses are often used. Whenever four or more section glasses are used, additional support may be required. Expansion and contraction, which result from temperature changes, should be considered to determine the need for installing offsets or expansion loops.

2.3.2.3 Multiple-Gage Mounting

a. Large ranges of level preferably are observed by the use of overlapping gage glasses. The mounting of overlapping gage glasses on a standpipe is shown in Fig. 2-2(B). Gage cocks 3/4 inch in size generally are used on multiple gages. Many refiners have found that the maintenance required on the ball checks of automatic gage cocks is so great that they prefer to use individual block valves and pipe tees. Both types of installations are shown in Fig. 2-2(B).

b. Interface observation requires the use of transparent gage glasses. Fig. 2-3 shows two commonly used and recommended methods of mounting multiple gages on horizontal vessels where both liquid-liquid and liquid-vapor interfaces are to be observed. Connections to the vessel must be arranged so that there is always one in each phase of each interface being measured.

2.3.3.8 Floating-Roof Tank Installation

No floating-roof gage installation should have any tape exposed outside the tail pipe since wind drift can cause errors.

2.3.3.9 Float Guide Wires

Float guide wires should be installed plumb, properly centered, free of kinks or twists, and pulled taut under proper spring tension.

2.3.3.10 Remote Gaging Systems

Float-and-cable gages are sometimes used in conjunction with a remote indicating gaging system; where maximum accuracy is required, gravity-compensating devices are available and should be used.

2.3.3.11 Piping

Connecting pipe between the tank and the gage head should be 1½ inches minimum. Pipe and sheaves should be of galvanized iron or steel, aluminum, or another alloy in order to prevent corrosion.

2.3.3.12 Seals

A gastight liquid seal should be installed in the connecting piping on tanks that are gas blanketed. A seal should also be used on tanks in which vapors could enter the gage piping and condense.

2.3.3.13 Corrosion Protection

In corrosive services, the gage head should be protected by an internal plastic coating, by filling with oil, or by providing a seal leg in connecting piping.

2.3.3.14 Reference

Some of the practices mentioned herein are outlined in *API Standard 2545: Method of Gaging Petroleum and Petroleum Products*, Chapter 3, Section 1. It covers the installation and use of automatic tank gages and should be referred to for additional information.

2.3.4 HYDROSTATIC HEAD PRESSURE GAGES

2.3.4.1 Applications and Limitations

Level indication by this means is limited to tanks or vessels not under pressure. The height of a liquid above a pressure gage can be determined from the pressure gage reading (hydrostatic head) provided the density of the liquid is known. However, where specific gravity changes are large, this type of level indicator is highly inaccurate if read under one condition of calibration.

2.3.4.2 Installation

Gages used for reading head pressure are standard pressure instruments of relatively low range and should be installed in accordance with the recommendations outlined in API RP 550, Part I, "Section 4—Pressure." Pressure gage arrangements are illustrated in Fig. 2-4. View (A) shows the direct hydrostatic head type and view (B) shows an air-bubbler system with either remote or local gage.

2.3.4.3 Precaution

Great care must be taken to prevent dirt, scale, or sediment from entering the lead lines or tubing, as hydrostatic head pressure gages ordinarily have small (½- or ¼-inch) process connections and are easily plugged.

2.3.5 DIFFERENTIAL PRESSURE LEVEL INDICATORS

2.3.5.1 Most differential pressure level instruments are usually used as transmitters and seldom as level indicators alone. A transmitter with an indicator on the output signal may serve to indicate level.

2.3.5.2 Certain high-displacement-type differential pressure instruments (Par. 2.4.2.2) are furnished with integral indicators and can be used to indicate level.

2.4 Level Transmitters

Transmitters include pneumatic and electrical systems that have measuring elements of the displacer, ball-float, differential pressure, and hydrostatic-head types. Some transmitters are equipped with dual pilots, one with an adjustable throttling range for control and one with a fixed band for transmission of level indication.

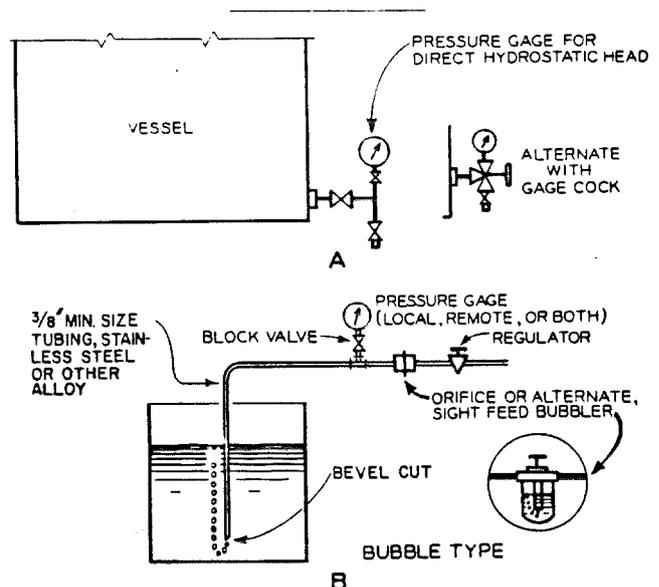


FIG. 2-4—Hydrostatic Head Pressure Gage Arrangements.

Level transmission will be most accurate where the measured fluid is of constant specific gravity. Transmission circuits should be installed as outlined in API RP 550, Part I, "Section 7—Transmission Systems."

2.4.1 DISPLACER TRANSMITTERS

2.4.1.1 Types and Functions

Displacer transmitters may be either blind or of the local-indicating type. For blind transmitters, a receiver-type indicator on the output signal may be provided for local indication.

2.4.1.2 Applications

a. Because the displacer itself has relatively little motion, it should be used with caution. For example, highly viscous material can cling to the displacer and affect its calibration. When it is necessary to use a displacer in such service, a liquid purge or heat tracing should be considered.

b. Caution should also be used in the application of displacers to services where hydraulic resonance* may occur or where boiling liquid may cause violent agitation of the liquid surface. In these cases a differential-pressure-type instrument can be used to advantage since its output can be dampened and a seal liquid can be employed to avoid boiling in the external legs.

c. Displacer-type instruments are sometimes used for vacuum service or service with volatile liquids. If a differential-pressure-type level instrument is used, a suitable seal liquid or purge should be used in both legs.

d. Displacer-type instruments in temperature services below 0 F or above approximately 400 F should be provided with a means to isolate the transmitter mechanism from the process temperature in order to prevent malfunction.

2.4.1.3 Mounting of External Cage Displacers on Vessels

a. For external cage displacer installations, connections to vessels should be made by means of nozzles, block valves, and pipe fittings selected for the service.

b. Transmitter and controller installations should be provided with gage glasses in parallel as shown in Fig. 2-5, 2-6, and 2-7. However, it may be advantageous to have a separate set of taps on the vessel for independent indication of level.

2.4.1.4 Connections to Vessels

In most process applications, level transmitters and controllers should have 1½- or 2-inch flanged connections

* F. G. Shinsky, *Process Control Systems*, "Hydraulic Resonance," McGraw-Hill Book Co., New York 71-4 (1967).

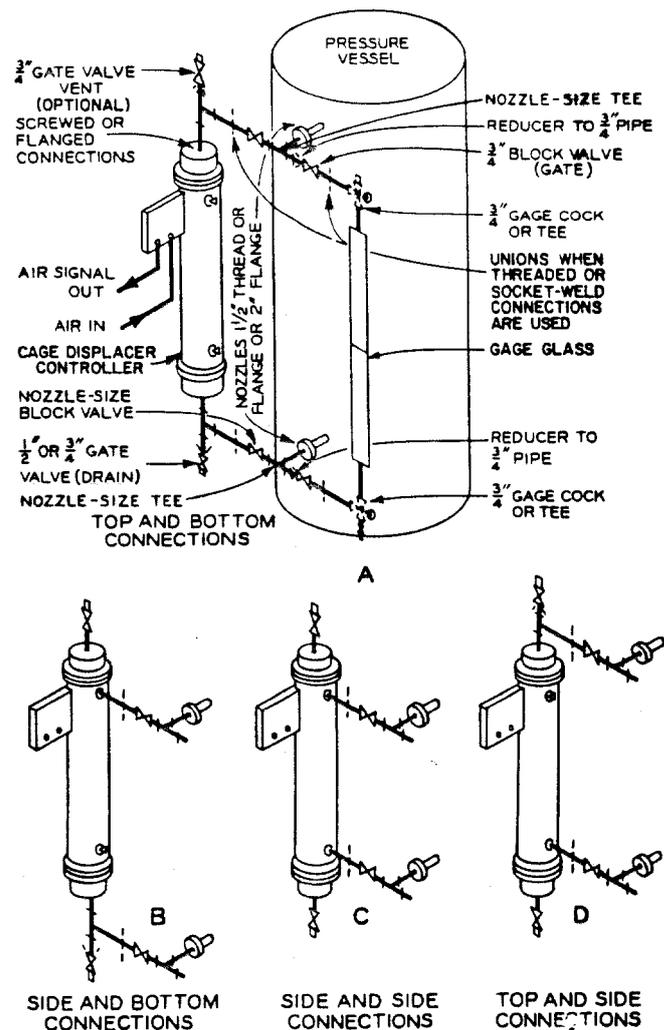
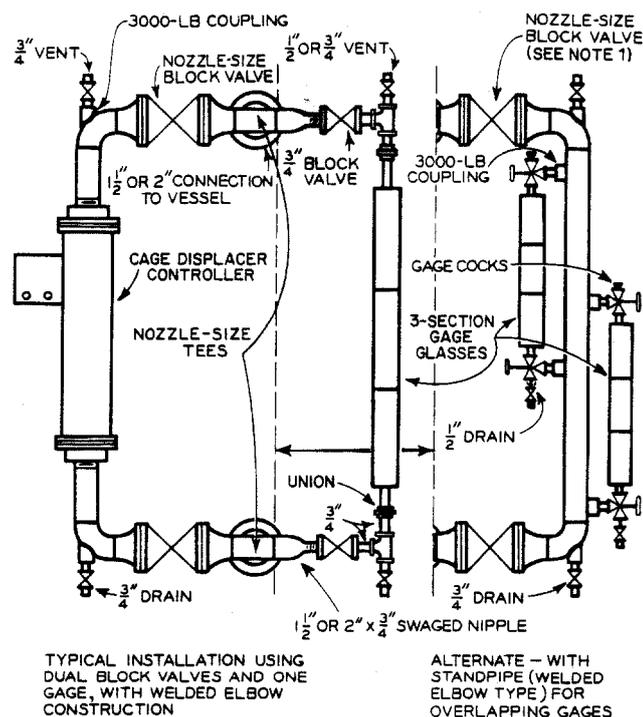


FIG. 2.5—External Cage Displacer Controller with Parallel Gage Glass.

tions. When screwed or socket-weld connections are permitted, the nozzles and piping may be 1½ inches with unions placed as shown in Fig. 2-5. Drain gate valves ½ inch or ¾ inch in size should always be provided; and, if a vent or vents are required or desired, they should be gate valves ½ inch or ¾ inch in size and installed as indicated in Fig. 2-5.

2.4.1.5 Mounting of External Cage Displacer and Standpipe

For long level ranges or where it is desirable to minimize vessel connections, a standpipe and overlapping gage glasses can be used as shown in Fig. 2-6 and 2-7. The standpipe, usually of 2- or 3-inch pipe, serves as a mechanical support for the instruments and as a surge chamber to prevent turbulence or foam from interfering with the operation of the transmitter. On horizontal vessels when standpipes are used with long level range,



TYPICAL INSTALLATION USING DUAL BLOCK VALVES AND ONE GAGE, WITH WELDED ELBOW CONSTRUCTION

ALTERNATE - WITH STANDPIPE (WELDED ELBOW TYPE) FOR OVERLAPPING GAGES

NOTES:

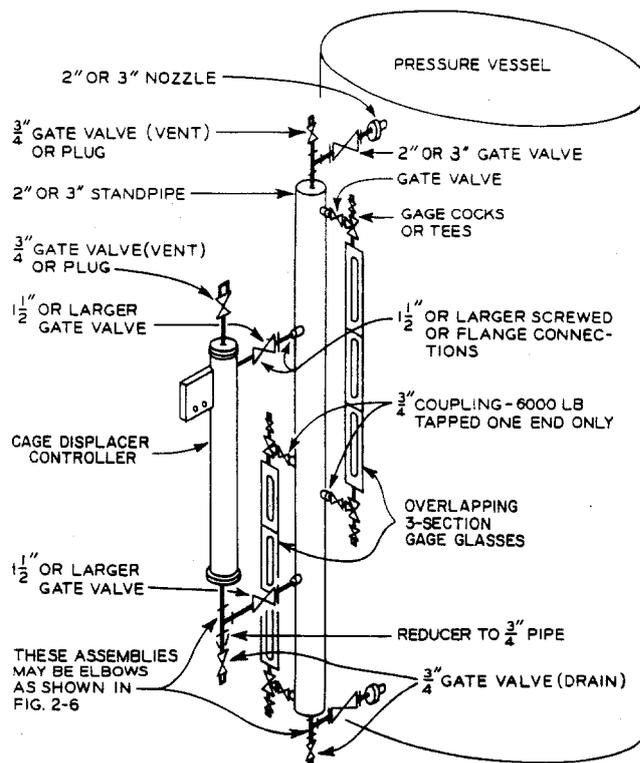
1. Some companies omit the block valve at the nozzle in this type of assembly. If the block valve is omitted a gage cock alone should not be used.
2. Controller may be piped with side and bottom, side and side, or top and side connections, as shown in Fig. 2-5.
3. Nozzle spacing on the vessel is critical on close-coupled installations, especially where side and side connections are used, because of differential expansion of vessel and controller. Double or reverse elbow connections are sometimes used on the upper side connection to minimize trouble from this source.

FIG. 2-6—External Cage Displacer Controller with Parallel Gage or Standpipe.

or when multiple instruments of considerable weight are used, it is often necessary to provide additional support. This support may be an angle or plate support bracket welded between the standpipe and the vessel. In addition, the arrangement in Fig. 2-7 permits direct calibration of a transmitter or controller with the vessel either in or out of service. This can be done by manipulating the block, drain, and vent valves in such a way as to run the level of the fluid up and down in the gage glass and transmitter in parallel. In cases where levels of considerable range are to be transmitted, it may be preferable to use a differential pressure transmitter (see Par. 2.4.2).

2.4.1.6 Purging

In some installations, for example on crude oil unit steam strippers where condensing steam can drip into hot oil in the displacer cage, it is sometimes necessary



NOTE: Controller may be piped with side and bottom or side and side connections as shown in Fig. 2-5.

FIG. 2-7—Standpipe with External Cage Displacer Controller and Multiple Sight Gages.

to purge the top of the displacer cage with gas. Purging installations are described in API RP 550, Part I, "Section 8—Seals, Purges, and Winterizing."

2.4.1.7 Internal Displacers

a. Occasionally, the displacer may be mounted inside the vessel rather than in an outside cage. For example, when it is desirable to avoid steam tracing, the vessel nozzle and the head casting of the instrument must be provided with mating flanges of the type and specification required by the service. Generally, it is preferable to use steam-traced external displacers where possible. Internal displacers should be particularly avoided on vessels that cannot be isolated without shutting down part of the plant.

b. Ample clearance must be provided for removal of the displacer and rod. When a side mounting is required, provision should be made for access to the displacer—e.g., a manhole.

2.4.1.8 Internal Displacer Guides

In many internal displacer installations, guides are required. A stilling well for side-mounted displacers (see

Fig. 2-8) usually is provided for this purpose, although rod or ring guides are sometimes used. Ring guides are particularly suitable for emulsion service.

2.4.1.9 Signal Transmission

Where the signal is transmitted to a remote controller or panel-mounted instrument, the transmission should be accomplished as outlined in API RP 550, Part I, Section 7. When the displacer instrument mounted in any of the foregoing ways is of the electrical type, as for alarms or protective devices, it should be piped as described herein. The electrical wiring should conform to the electrical code applicable (see also API RP 550, Part I, "Section 13— Alarms and Protective Devices").

2.4.2 DIFFERENTIAL PRESSURE TRANSMITTERS

There are two general types of differential pressure transmitters—those with low displacement and those with high displacement. Installation requirements are different for each type because constant head must be maintained to ensure accurate measurement; however, either type can be used to avoid hydraulic resonance problems.* The different requirements are further described in Par. 2.4.2.1 and 2.4.2.2.

* F. G. Shinsky, Process Control Systems, "Hydraulic Resonance," McGraw-Hill Book Co., New York 71-4 (1967).

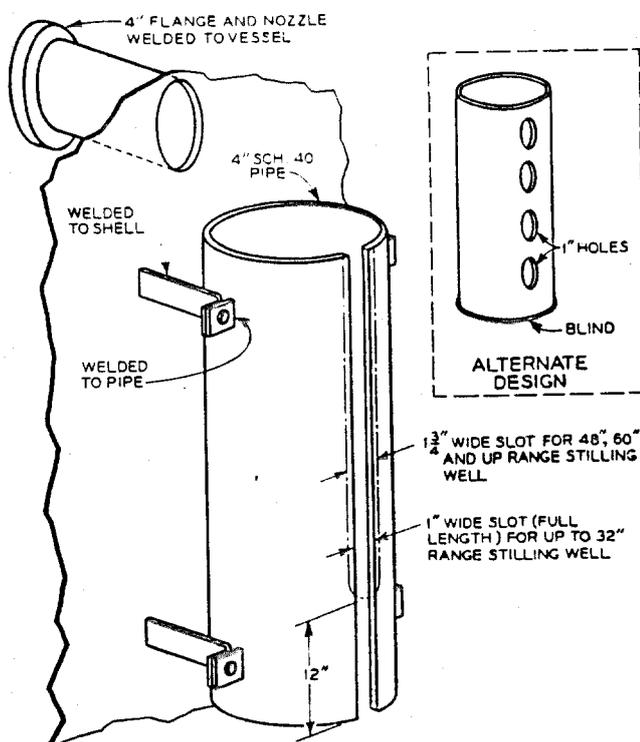


FIG. 2-8—Typical Stilling Well.

2.4.2.1 Low-Displacement Type Transmitters

a. Applications of low displacement transmitters include remote control and remote indicating or recording of liquid level. This type of transmitter (usually the blind type) usually has an adjustable range and can have a high span elevation capability. A receiver type indicator on the output signal may be provided for local indication.

b. Connections to the vessel may be made by means of pipe fittings of the material and rating recommended for the service or by means of 1/2- or 3/8-inch tubing and tubing fittings. The vessel connections should be a minimum 3/4 inch (see Par. 2.2.5.2).

c. The transmitter should not depend upon its own piping for support, but should be yoke or bracket mounted. Typical installations are shown in Fig. 2-9.

d. Constant head may be maintained on the external or reference leg of the transmitter as shown in Fig. 2-9(A). Because displacement of the measuring element with measurement changes is minimal even with condensables, no seal pot is required.

e. Temperature compensation may be accomplished automatically and a constant head maintained by the method shown in Fig. 2-10. There are numerous other methods of heating or cooling to keep the reference leg at the same temperature as the vessel liquid; however, because they are not generally used, they are not described herein.

f. A special type of transmitter is the flange-connected, direct-tank-mounted transmitter shown in Fig. 2-11. This type is advantageously used for measurement of slurries or viscous fluids. If required, the sensing diaphragm can be mounted flush with the inside of the vessel. Various diaphragm materials are available for corrosive services. Fig. 2-11(A) shows a typical installation.

2.4.2.2 High-Displacement-Type Transmitters

a. Applications are generally the same as for low-displacement transmitters. They normally provide local indication independent of the transmitter mechanism.

b. Connections to the vessel may be made in the same manner as for the low-displacement transmitters. However, because of the larger liquid volume displacement in the high-displacement transmitters, installation details shown in Fig. 2-9(B), (C), and (D) should usually be followed.

c. Constant head may be maintained on the reference leg of the transmitter when condensables are present by means of a constant-head pot as shown in Fig. 2-9(B).

d. Temperature compensation may be accomplished

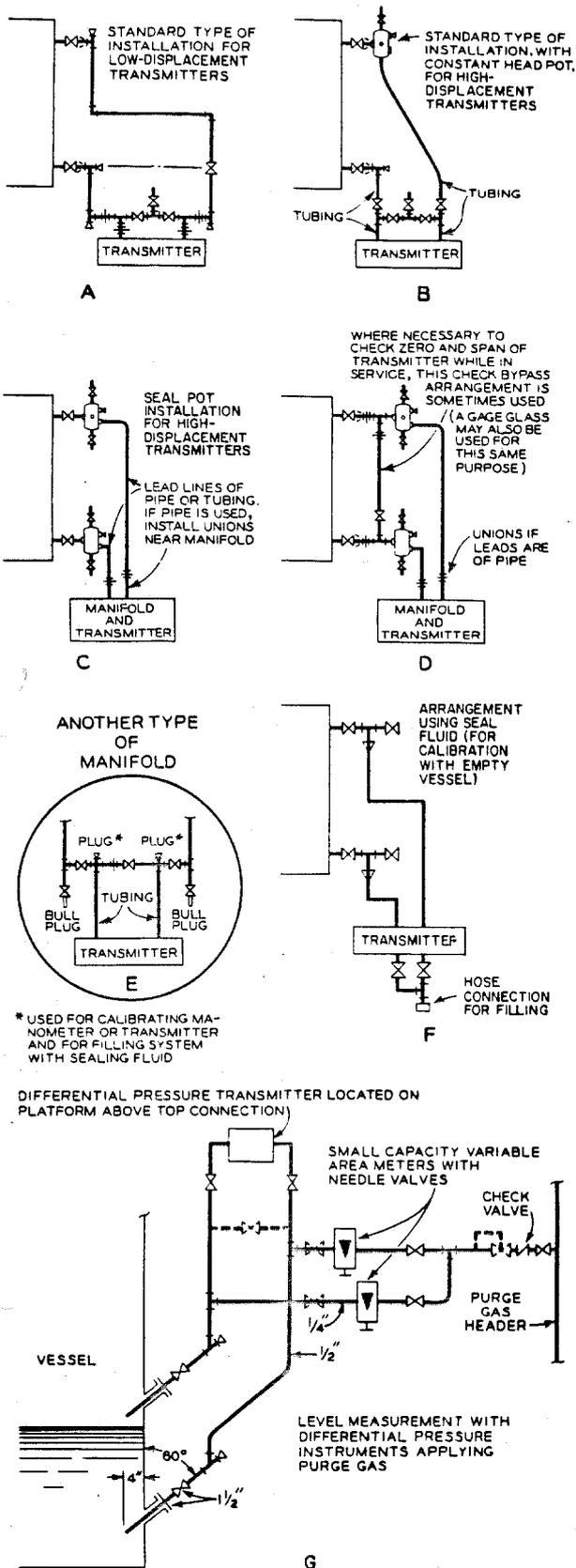


FIG. 2-9—Typical Installations of Differential Pressure Level Instruments.

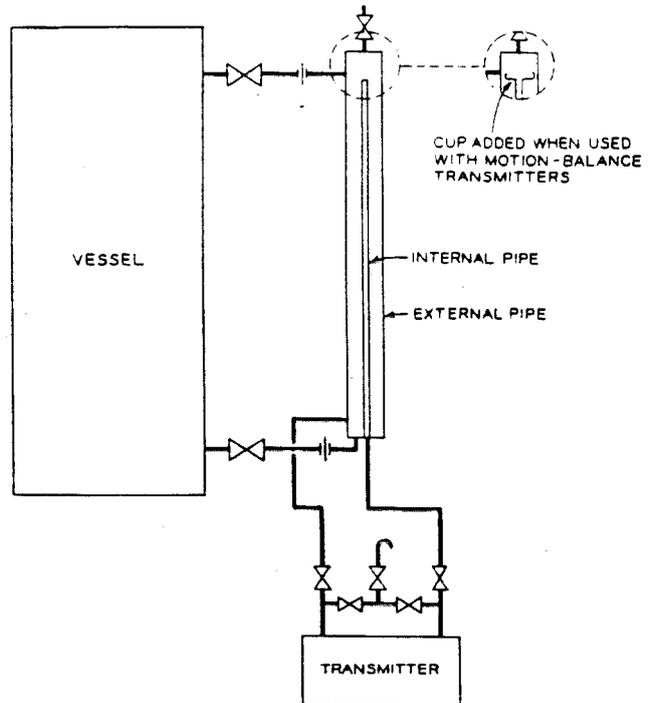


FIG. 2-10—Differential Level Arrangement to Compensate for Temperature.

by the method shown in Fig. 2-10 with the addition of a constant-head pot.

2.4.3 HYDROSTATIC-HEAD TRANSMITTERS

2.4.3.1 Installation

Hydrostatic head may be transmitted either by means of a bubbler tube and pressure transmitter as shown in Fig. 2-12(A) or by means of a diaphragm- or bellows-actuated air pilot transmitter mounted directly on the vessel as shown in Fig. 2-12(B). The latter type should be mounted on a flanged nozzle at a point where it will not be subject to blocking by sediment. It should be pointed out that some makes of the diaphragm- or bellows-actuated pneumatic pilot are non-linear in the lower 20 percent of their range.

2.4.3.2 Precautions

Bubbler tubes must be sized to prevent pressure-drop errors that result from purge gas flow. They must be installed so that sediment cannot block the open ends and must be supported, if necessary, so that turbulence or mechanical strains cannot bend or break them. In addition, the connecting leads must be leakproof for greatest accuracy.

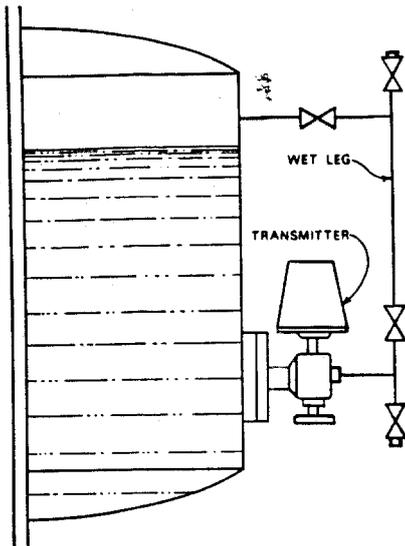


FIG. 2-11(A)—Typical Tank and Transmitter Installation.

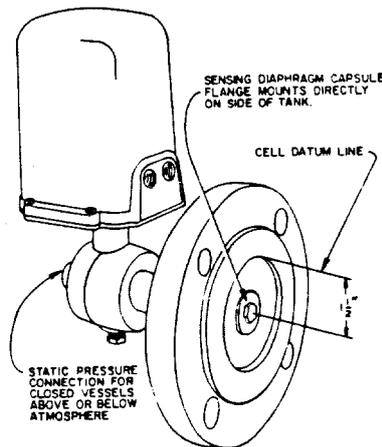


FIG. 2-11(B)—Cell Liquid Level Transmitter.

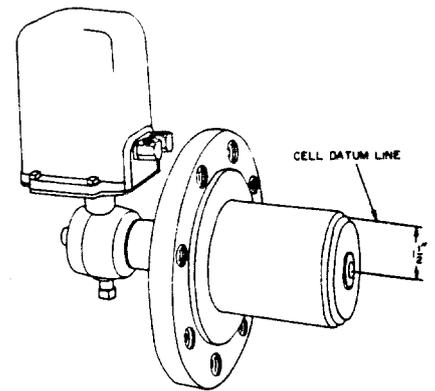


FIG. 2-11(C)—Cell Liquid Level Transmitter with Extended Diaphragm.

Adjustable range suppressor attachment permits forward reading measurement despite initial hydrostatic head in wet leg.
FIG. 2-11—Flange-Type Differential Level Transmitter.

2.4.4 ELECTRIC AND ELECTRONIC LEVEL TRANSMITTERS

2.4.4.1 Several types of electric and electronic level transmitters are available, some of which are actuated by displacers or floats, others by hydrostatic head or differential pressure. In all cases, the sensing device is installed in accordance with the practices outlined in pre-

ceding paragraphs, and the transmission of the signal is accomplished as described in API RP 550, Part I, Section 7.

2.4.4.2 Transmitters or transducers for electronic instruments should not be located too close to hot lines, vessels, or other equipment. Locations where ambient temperatures exceed the manufacturer's specified limit should be avoided since they are likely to result in calibration difficulties and rapid deterioration of electronic components. Susceptibility of mechanical or electronic components to vibration should be ascertained and, where necessary, adjustments should be made in the mounting.

2.4.4.3 Because of the speed of response of electronic transmitted signals, caution should be exercised where level surges may be encountered. Electronic transmitters of the differential type should be provided with dampening or pneumatic transmitters with electropneumatic transducers should be used.

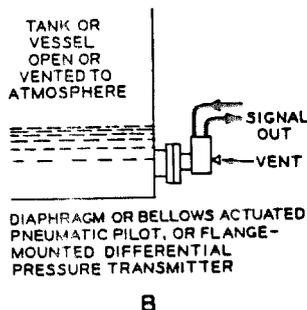
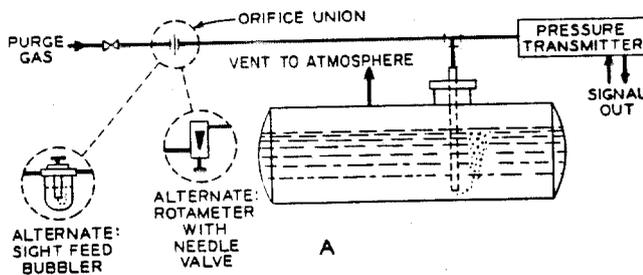


FIG. 2-12—Hydrostatic Head Level Transmitters.

2.5 Locally Mounted Controllers

Locally mounted controllers used on all pressure vessels include the displacer, caged-ball-float, internal-ball-float, and differential-pressure types.

2.5.1 DISPLACER CONTROLLERS

Recommended practices for the installation of displacer controllers are the same as for equivalent types

of transmitters outlined in Par. 2.4.1. "Dual pilot" displacer instruments provide local control as well as transmission when operated from a single displacer.

2.5.2 CAGED BALL FLOAT CONTROLLERS

2.5.2.1 Pneumatic and Electric Types

Pneumatic and electric controllers are most generally used in clean services for the direct operation of valves or electrical switches for alarms or pump motor controls. They should not be used in services where fluid temperatures are below freezing. Where they are installed directly on vessels, connections should be made as described in Par. 2.4.1 for the installation of displacer transmitters.

2.5.2.2 Mechanical Types

Mechanical controllers are most generally used in water service and consist of a mechanically actuated valve connected by a shaft or lever linkage to either an external caged float or an internal float. Installation of the float mechanism is the same as that for a pneumatic or electric ball-float instrument. Care must be taken to see that nothing blocks the action of the float and that the float is protected from turbulence. Furthermore, the valve and the piping must be installed and supported so that there is no strain on the valve or packing gland and no interference with linkages or levers that might prevent full travel of the float and valve.

2.5.3 INTERNAL BALL FLOAT CONTROLLERS

2.5.3.1 Application

This type of instrument is sometimes used for asphaltic or waxy fluids, for coking service, or where the liquid contains particles or materials that tend to settle out and that would eventually block the float action in an external-cage-type instrument. On severe coking applications, it may be desirable to use a steam or flushing-oil purge to keep the shaft free and the packing in suitable condition. In such applications, it is preferable to use dip-tube, purge-type, or differential-pressure-type level transmitters and controllers where possible. As with caged ball-float controllers, internal ball-float controllers should not be used in services where fluid temperatures are below freezing.

2.5.3.2 Installation

Where the float will be subjected to turbulence within the vessel, shielding, guiding, or other provision should be made to eliminate the effects of turbulence on the float. Pneumatic piping or electrical wiring to such instruments should be in accordance with the recom-

mended practices for transmission as outlined in API RP 550, Part I, Section 7.

2.5.3.3 Supplemental Indicator

In severe services, as noted in Par. 2.5.3.2, it is recommended that the controller be supplemented by another type of instrument (e.g., a hydrostatic head instrument, a through-vision gage glass, or other special-type indicator) to serve as a check indicator.

2.5.4 DIFFERENTIAL PRESSURE CONTROLLERS

2.5.4.1 Application

This type instrument may be in the form of a controller integrally mounted on a high-displacement-type differential pressure unit. However, the most common use of differential pressure instruments in level control is to use a differential pressure transmitter with a separately mounted receiver controller.

2.5.4.2 Installation

The installation is basically the same as for transmitters (see Par. 2.4.2.1 and 2.4.2.2).

2.6 Remote or Panel-Mounted Receivers

Receiver level instruments actuated by transmitted signals are often desired on control panels or other remote locations. These receivers may be either electronic or pneumatic. Remote receiver level instruments are normally indicating controllers or indicators only, although recorders are sometimes used for special applications.

2.6.1 INSTALLATION

Recommended practices for the installation of remote or panel-mounted receivers may be found in API RP 550, Part I, "Section 4—Pressure," "Section 5—Automatic Controllers," "Section 7—Transmission Systems" and "Section 12—Control Centers." Design of the installation should be such that a high level causes the pointer or pen to move upscale or toward the outside of round charts. (Instruments that read in the reverse of normal are apt to cause confusion and be misread, particularly during upset conditions when it is most important that they be read easily, quickly, and correctly; therefore, they should not be used.)

2.6.2 RANGE

The recommended scale or chart range for level instruments is 0 to 100 linear, representing a percentage of maximum.

2.6.3 SIGNAL TRANSMISSION

Installation practices are discussed in API RP 550, Part I, Sections 7 and 13.

2.7 Level Alarms

Basic instruments for initiating high-level or low-level alarm signals are, with the possible exception of the float size, the same as the float-type controllers discussed in Par. 2.5.2 and 2.5.3. Other types (e.g., pressure switches at the receiver in pneumatic transmission systems, current or voltage switches in electronic transmission systems, hydrostatic head-pressure-actuated switches on nonpressurized tanks, and differential-pressure-actuated switches on pressurized vessels) are sometimes used. For a detailed discussion of alarms and protective devices, see API RP 550, Part I, Section 13.

2.7.1 INSTALLATION OF FLOAT ALARMS

The installation of float alarms is the same as for the transmitters covered in Par. 2.4.1. A typical installation of high-level and low-level alarm switches with a parallel gage glass is shown in Fig. 2-13. Level switches used as protective devices should have separate connections to the vessel, independent of other instruments.

2.7.2 INSTALLATION OF OTHER ALARMS

Pressure switches in pneumatic transmission circuits are normally installed with block valves and often with a plugged test tee. A sensitive pressure-actuated switch

or differential-pressure-actuated switch mounted directly on a tank or vessel to signal high- or low-hydrostatic head should be located at a point not subject to blocking by sediment.

2.8 Accessories

2.8.1 SEALS AND PURGES

Occasionally it is necessary to use seal pots or purges in connection with liquid level instruments. The application of seals and purges is discussed in API RP 550, Part I, Section 8.

2.8.2 GAGE GLASS ILLUMINATORS

Where it is necessary to back-illuminate transparent gage glasses, it is recommended that light fittings made for the purpose and suitable for the service conditions be purchased and installed in accordance with applicable codes and the manufacturer's recommendations. Generally, it is preferable to use back illumination on all transparent glasses.

2.8.3 WEATHER PROTECTION

2.8.3.1 General

All locally mounted instruments and lead lines handling water or process fluids that may freeze, form hydrates, or become excessively viscous in cold weather should be heated and insulated or sealed with a suitable nonfreezing fluid. In addition, transmitters and locally mounted instruments should be suitably protected to prevent improper instrument performance or excessive maintenance caused by the effects of weather. Frost shields should be used on transparent and reflex gage glasses if the operating temperatures are below 32 F. Heated gage glasses and jacketed gage cocks are available from some manufacturers, but generally external heating is recommended.

2.8.3.2 Steam Tracing

Steam tracing is commonly used for protection of both instruments and lead lines. A correctly installed steam-tracing system must have an individual shutoff valve and a trap on each individual tracer. Where the process fluid in the lines or instruments being steam traced has a boiling point lower than the steam tem-

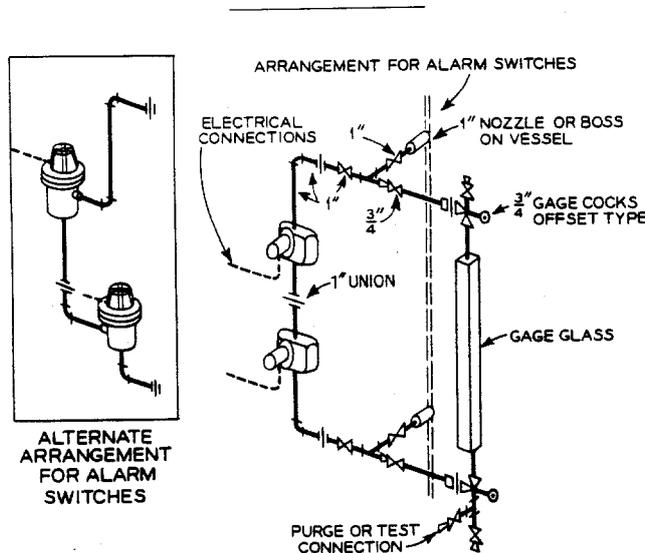


FIG. 2-13—Arrangement of High- and Low-Level Alarm Switches with Parallel Gage Glass.

perature, care must be taken to separate or insulate the steam tracer to prevent the possibility of causing the fluid to boil (see API RP 550, Part I, Section 8).

2.8.3.3 Other Methods of Heating

In some climates steam condensate is satisfactorily used for tracing. Electrical tracing is sometimes used

to heat gage glasses, instrument cases, and short lead lines.

2.8.3.4 Winterizing

For complete coverage of steam-tracing practices, seals and purges, and winterizing in general, refer to API RP 550, Part I, Section 8.

ANEXO 8
NORMAS NEC

Loop wiring (continuous, unbroken conductors) is recognized where it runs from the underfloor raceway up to the terminals of attached receptacles, back into the raceway, and then on to the next device, as illustrated in Exhibit 390.3. When an outlet is removed, the sections of conductors supplying the outlet must be removed from the raceway as well. As is the case with abandoned outlets on loop wiring, reinsulated or spliced conductors are not allowed in raceways, except in trench-type raceways as covered in the exception to 390.6.

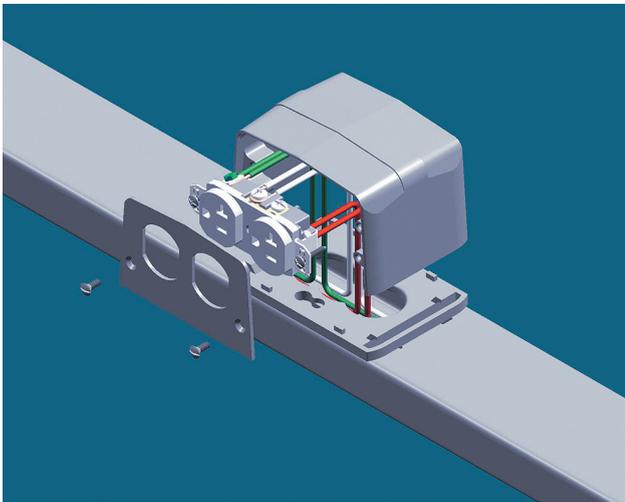


Exhibit 390.3 A receptacle outlet supplied from an underfloor raceway by the loop method of wiring. (Courtesy of Walker Systems, a Wiremold Co.)

390.8 Laid in Straight Lines

Underfloor raceways shall be laid so that a straight line from the center of one junction box to the center of the next junction box coincides with the centerline of the raceway system. Raceways shall be firmly held in place to prevent disturbing this alignment during construction.

390.9 Markers at Ends

A suitable marker shall be installed at or near each end of each straight run of raceways to locate the last insert.

390.10 Dead Ends

Dead ends of raceways shall be closed.

390.13 Junction Boxes

Junction boxes shall be leveled to the floor grade and sealed to prevent the free entrance of water or concrete. Junction boxes used with metal raceways shall be metal and shall be electrically continuous with the raceways.

390.14 Inserts

Inserts shall be leveled and sealed to prevent the entrance of concrete. Inserts used with metal raceways shall be metal and shall be electrically continuous with the raceway. Inserts set in or on fiber raceways before the floor is laid shall be mechanically secured to the raceway. Inserts set in fiber raceways after the floor is laid shall be screwed into the raceway. When cutting through the raceway wall and setting inserts, chips and other dirt shall not be allowed to remain in the raceway, and tools shall be used that are designed so as to prevent the tool from entering the raceway and damaging conductors that may be in place.

390.15 Connections to Cabinets and Wall Outlets

Connections from underfloor raceways to distribution centers and wall outlets shall be made by approved fittings or by any of the wiring methods in Chapter 3, where installed in accordance with the provisions of the respective articles.

390.17 Ampacity of Conductors

The ampacity adjustment factors, in 310.15(B)(2), shall apply to conductors installed in underfloor raceways.

Added for the 2005 *Code* and placed here as a reminder, ampacity adjustment factors apply to underfloor raceways.

ARTICLE 392 Cable Trays

Summary of Changes

- **392.10(A)(1):** Revised to require that cables sized 1000 kcmil or larger be installed in a single layer except where conductors installed in parallel are bound together to form a single circuit group.
- **392.11(B)(3):** Added exception for solid bottom cable trays containing single conductor cables that require the conductor ampacity to be determined in accordance with the “Engineering Supervision” provisions of 310.15(C).

Contents

- 392.1 Scope
- 392.2 Definition
- 392.3 Uses Permitted
 - (A) Wiring Methods
 - (B) In Industrial Establishments
 - (C) Equipment Grounding Conductors
 - (D) Hazardous (Classified) Locations

- (E) Nonmetallic Cable Tray
- 392.4 Uses Not Permitted
- 392.5 Construction Specifications
 - (A) Strength and Rigidity
 - (B) Smooth Edges
 - (C) Corrosion Protection
 - (D) Side Rails
 - (E) Fittings
 - (F) Nonmetallic Cable Tray
- 392.6 Installation
 - (A) Complete System
 - (B) Completed Before Installation
 - (C) Supports
 - (D) Covers
 - (E) Multiconductor Cables Rated 600 Volts or Less
 - (F) Cables Rated Over 600 Volts
 - (G) Through Partitions and Walls
 - (H) Exposed and Accessible
 - (I) Adequate Access
 - (J) Raceways, Cables, Boxes, and Conduit Bodies Supported from Cable Tray Systems
- 392.7 Grounding
 - (A) Metallic Cable Trays
 - (B) Steel or Aluminum Cable Tray Systems
- 392.8 Cable Installation
 - (A) Cable Splices
 - (B) Fastened Securely
 - (C) Bushed Conduit and Tubing
 - (D) Connected in Parallel
 - (E) Single Conductors
- 392.9 Number of Multiconductor Cables, Rated 2000 Volts or Less, in Cable Trays
 - (A) Any Mixture of Cables
 - (B) Multiconductor Control and/or Signal Cables Only
 - (C) Solid Bottom Cable Trays Containing Any Mixture
 - (D) Solid Bottom Cable Tray — Multiconductor Control and/or Signal Cables Only
 - (E) Ventilated Channel Cable Trays
 - (F) Solid Channel Cable Trays
- 392.10 Number of Single-Conductor Cables, Rated 2000 Volts or Less, in Cable Trays
 - (A) Ladder or Ventilated Trough Cable Trays
 - (B) Ventilated Channel Cable Trays
- 392.11 Ampacity of Cables, Rated 2000 Volts or Less, in Cable Trays
 - (A) Multiconductor Cables
 - (B) Single-Conductor Cables
- 392.12 Number of Type MV and Type MC Cables (2001 Volts or Over) in Cable Trays
- 392.13 Ampacity of Type MV and Type MC Cables (2001 Volts or Over) in Cable Trays
 - (A) Multiconductor Cables (2001 Volts or Over)
 - (B) Single-Conductor Cables (2001 Volts or Over)

392.1 Scope

This article covers cable tray systems, including ladder, ventilated trough, ventilated channel, solid bottom, and other similar structures.

Cable trays are mechanical support systems. Cable trays are not raceways. See the definition of *raceway* in Article 100.

FPN: For further information on cable trays, see ANSI/NEMA-VE 1-1998, *Metal Cable Tray Systems*; NEMA-VE 2-1996, *Metal Cable Tray Installation Guidelines*; and NEMA-FG-1998, *Nonmetallic Cable Tray Systems*.

392.2 Definition

Cable Tray System. A unit or assembly of units or sections and associated fittings forming a structural system used to securely fasten or support cables and raceways.

392.3 Uses Permitted

Cable tray shall be permitted to be used as a support system for service conductors, feeders, branch circuits, communications circuits, control circuits, and signaling circuits. Cable tray installations shall not be limited to industrial establishments. Where exposed to direct rays of the sun, insulated conductors and jacketed cables shall be identified as being sunlight resistant. Cable trays and their associated fittings shall be identified for the intended use.

Cable tray installations are typically an industrial-type wiring method. However, cable tray installations have never been restricted to industrial installations. Cable tray installations are being applied more in commercial installations than ever before, especially as a wire-and-cable management system for telecommunications/data installations.

(A) Wiring Methods The wiring methods in Table 392.3(A) shall be permitted to be installed in cable tray systems under the conditions described in their respective articles and sections.

Section 392.3(A) identifies the raceways and many of the cable types that may be supported in commercial and industrial cable tray installations. Cable tray is rarely used as a major raceway support system. For raceway support systems, the versatility of strut systems exceeds that of cable tray support systems.

Section 392.3(A) does not identify all the specific cable types that may be installed in commercial and industrial cable tray systems. According to Table 392.3(A), other factory-assembled, multiconductor control, signal, and power

Table 392.3(A) Wiring Methods

Wiring Method	Article	Section
Armored cable	320	
Communication raceways	800	
Electrical metallic tubing	358	
Electrical nonmetallic tubing	362	
Fire alarm cables	760	
Flexible metal conduit	348	
Flexible metallic tubing	360	
Instrumentation tray cable	727	
Intermediate metal conduit	342	
Liquidtight flexible metal conduit	350	
Liquidtight flexible nonmetallic conduit	356	
Metal-clad cable	330	
Mineral-insulated, metal-sheathed cable	332	
Multiconductor service-entrance cable	338	
Multiconductor underground feeder and branch-circuit cable	340	
Multipurpose and communications cables	800	
Nonmetallic-sheathed cable	334	
Power and control tray cable	336	
Power-limited tray cable		725.61(C) and 725.82(E)
Optical fiber cables	770	
Optical fiber raceways	770	
Other factory-assembled, multiconductor control, signal, or power cables that are specifically approved for installation in cable trays		
Rigid metal conduit	344	
Rigid nonmetallic conduit	352	

cables that are specifically approved for installation in cable trays are permitted as well.

(B) In Industrial Establishments The wiring methods in Table 392.3(A) shall be permitted to be used in any industrial establishment under the conditions described in their respective articles. In industrial establishments only, where conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons service the installed cable tray system, any of the cables in 392.3(B)(1) and (B)(2) shall be permitted to be installed in ladder, ventilated trough, solid bottom, or ventilated channel cable trays.

Section 392.3(B) permits single-conductor cables (rated 0 to 2000 volts) and Type MV cables to be installed in ladder, ventilated-trough, or ventilated-channel cable trays, provided the installation is located in a qualifying industrial facility.

(1) Single Conductors Single-conductor cables shall be permitted to be installed in accordance with (B)(1)(a) through (B)(1)(c).

(a) Single-conductor cable shall be 1/0 AWG or larger and shall be of a type listed and marked on the surface for use in cable trays. Where 1/0 AWG through 4/0 AWG single-conductor cables are installed in ladder cable tray, the maximum allowable rung spacing for the ladder cable tray shall be 225 mm (9 in.).

(b) Welding cables shall comply with the provisions of Article 630, Part IV.

Cable trays used to support welding cables are required to be dedicated for welding cable installation. See 630.42 for installation details.

(c) Single conductors used as equipment grounding conductors shall be insulated, covered, or bare, and they shall be 4 AWG or larger.

(2) Medium Voltage Single- and multiconductor medium voltage cables shall be Type MV cable. Single conductors shall be installed in accordance with 392.3(B)(1).

(C) Equipment Grounding Conductors Metallic cable trays shall be permitted to be used as equipment grounding conductors where continuous maintenance and supervision ensure that qualified persons service the installed cable tray system and the cable tray complies with provisions of 392.7.

Section 392.3(C) expanded the optional use of the cable tray as the equipment grounding conductor. No longer is this practice limited to qualifying industrial installations. To qualify as an equipment grounding conductor, the cable tray system must meet all four requirements of 392.7(B).

(D) Hazardous (Classified) Locations Cable trays in hazardous (classified) locations shall contain only the cable types permitted in 501.10, 502.10, 503.10, 504.20, and 505.15.

(E) Nonmetallic Cable Tray In addition to the uses permitted elsewhere in 392.3, nonmetallic cable tray shall be permitted in corrosive areas and in areas requiring voltage isolation.

Fiberglass cable trays are often used to support cables in corrosive environments or in electrolytic cell rooms where voltage isolation is required. See Article 668, Electrolytic Cells.

392.4 Uses Not Permitted

Cable tray systems shall not be used in hoistways or where subject to severe physical damage. Cable tray systems shall not be used in ducts, plenums, and other air-handling spaces, except as permitted in 300.22, to support wiring methods recognized for use in such spaces.

Section 300.22(C) specifically limits the types of wiring methods that may be used within other spaces used for environmental air. Metallic cable trays may be used within these spaces to support only the recognized wiring methods permitted in these spaces. The cable tray types may be ladder, ventilated trough, ventilated channel, or solid bottom. Metal cable trays are not the limiting factor; rather, the cable or wiring method is the limiting factor.

392.5 Construction Specifications

(A) Strength and Rigidity Cable trays shall have suitable strength and rigidity to provide adequate support for all contained wiring.

(B) Smooth Edges Cable trays shall not have sharp edges, burrs, or projections that could damage the insulation or jackets of the wiring.

(C) Corrosion Protection Cable tray systems shall be corrosion resistant. If made of ferrous material, the system shall be protected from corrosion as required by 300.6.

(D) Side Rails Cable trays shall have side rails or equivalent structural members.

(E) Fittings Cable trays shall include fittings or other suitable means for changes in direction and elevation of runs.

(F) Nonmetallic Cable Tray Nonmetallic cable trays shall be made of flame-retardant material.

392.6 Installation

(A) Complete System Cable trays shall be installed as a complete system. Field bends or modifications shall be so made that the electrical continuity of the cable tray system and support for the cables is maintained. Cable tray systems shall be permitted to have mechanically discontinuous segments between cable tray runs or between cable tray runs and equipment. The system shall provide for the support of the cables in accordance with their corresponding articles.

Where cable trays support individual conductors and where the conductors pass from one cable tray to another, or from a cable tray to raceway(s) or from a cable tray to equipment where the conductors are terminated, the distance between cable trays or between the cable tray and the raceway(s) or the equipment shall not exceed 1.8 m (6 ft). The conductors shall be secured to the cable tray(s) at the transition, and they shall be protected, by guarding or by location, from physical damage.

A bonding jumper sized in accordance with 250.102 shall connect the two sections of cable tray, or the cable tray and the raceway or equipment. Bonding shall be in accordance with 250.96.

Runs of cable tray are not required to be totally mechanically continuous from the equipment source to the equipment termination. Breaks in the mechanical continuity of cable tray systems are permitted and often occur at tees, cross-overs, elevation changes, fire stops, or for thermal contraction and expansion. Also, cable tray systems are not required to be mechanically connected to the equipment they serve.

The 6-ft distance limit applies to mechanically discontinuous cable tray segments for individual conductors but not to trays containing multiconductor cables. For further information regarding multiconductor Type TC tray cable used with discontinuous cable tray, refer to 336.10(6).

Most important, especially for discontinuous cable tray segments, is the bonding of the entire cable tray system. According to 250.96, properly sized and installed bonding conductors must be installed across any mechanical discontinuities in the cable tray system and across any space between the cable tray and the conductor termination equipment enclosure or its equipment ground bus.

Of course, the cables installed within cable tray systems must always be supported to the minimum requirements of the applicable article. This requirement either limits the gap distance in cable tray runs and between the cable tray and the equipment enclosures or requires intermediate cable supports at the appropriate distances in place of the cable tray.

(B) Completed Before Installation Each run of cable tray shall be completed before the installation of cables.

(C) Supports Supports shall be provided to prevent stress on cables where they enter raceways or other enclosures from cable tray systems.

Cable trays shall be supported at intervals in accordance with the installation instructions.

(D) Covers In portions of runs where additional protection is required, covers or enclosures providing the required protection shall be of a material that is compatible with the cable tray.

(E) Multiconductor Cables Rated 600 Volts or Less Multiconductor cables rated 600 volts or less shall be permitted to be installed in the same cable tray.

(F) Cables Rated Over 600 Volts Cables rated over 600 volts and those rated 600 volts or less installed in the same cable tray shall comply with either of the following:

- (1) The cables rated over 600 volts are Type MC.
- (2) The cables rated over 600 volts are separated from the cables rated 600 volts or less by a solid fixed barrier of a material compatible with the cable tray.

(G) Through Partitions and Walls Cable trays shall be permitted to extend transversely through partitions and walls or vertically through platforms and floors in wet or dry locations where the installations, complete with installed cables, are made in accordance with the requirements of 300.21.

(H) Exposed and Accessible Cable trays shall be exposed and accessible except as permitted by 392.6(G).

(I) Adequate Access Sufficient space shall be provided and maintained about cable trays to permit adequate access for installing and maintaining the cables.

(J) Raceways, Cables, Boxes, and Conduit Bodies Supported from Cable Tray Systems In industrial facilities where conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons service the installation and where the cable tray systems are designed and installed to support the load, such systems shall be permitted to support raceways and cables, and boxes and conduit bodies covered in 314.1. For raceways terminating at the tray, a listed cable tray clamp or adapter shall be used to securely fasten the raceway to the cable tray system. Additional supporting and securing of the raceway shall be in accordance with the requirements of the appropriate raceway article.

For raceways or cables running parallel to and attached to the bottom or side of a cable tray system, fastening and supporting shall be in accordance with the requirements of the appropriate raceway or cable article.

For boxes and conduit bodies attached to the bottom or side of a cable tray system, fastening and supporting shall be in accordance with the requirements of 314.23.

Section 392.6(J) permits conduit and cable termination supports as well as outlet boxes supported solely by the cable tray in qualifying industrial facilities only. These items are not permitted to be supported solely by the cable tray in commercial installations.

For commercial installations (and nonqualifying industrial facilities), conduits must be supported within 3 ft of the cable tray or within 5 ft if structural members do not permit fastening within 3 ft of the cable tray. Cables connect-

ing to equipment outside the cable tray system must be supported according to their respective article. For example, Type MC cable in the larger sizes is required to be supported outside a cable tray system at intervals not exceeding 6 ft, according to 330.30.

392.7 Grounding

(A) Metallic Cable Trays Metallic cable trays that support electrical conductors shall be grounded as required for conductor enclosures in accordance with 250.96.

Section 392.7(A), together with 250.96, requires all cable tray systems that support electrical conductors (whether mechanically continuous or with isolated segments) to be electrically continuous and effectively bonded and grounded. This requirement applies whether or not the cable tray is used as an equipment grounding conductor.

(B) Steel or Aluminum Cable Tray Systems Steel or aluminum cable tray systems shall be permitted to be used as equipment grounding conductors, provided that all the following requirements are met:

- (1) The cable tray sections and fittings shall be identified for grounding purposes.
- (2) The minimum cross-sectional area of cable trays shall conform to the requirements in Table 392.7(B).
- (3) All cable tray sections and fittings shall be legibly and durably marked to show the cross-sectional area of metal in channel cable trays, or cable trays of one-piece construction, and the total cross-sectional area of both side rails for ladder or trough cable trays.
- (4) Cable tray sections, fittings, and connected raceways shall be bonded in accordance with 250.96, using bolted mechanical connectors or bonding jumpers sized and installed in accordance with 250.102.

For cable tray systems in commercial occupancies, designers are afforded the option to specify multiconductor cables without equipment grounding conductors (EGCs) and to use the cable tray system as the required EGC, provided the cable tray system meets the requirements of 392.7(A) and 392.7(B). Exhibit 392.1 shows an example of the grounding and bonding of multiconductor cables in cable trays with conduit runs to power equipment.

For cable tray systems in industrial establishments that qualify, the designer is also afforded the option to specify single-conductor cables without a cable EGC and to use the cable tray as the required EGC. Again, this option is available only if the cable tray system meets the requirements of 392.7(A) and 392.7(B).

Table 392.7(B) Metal Area Requirements for Cable Trays Used as Equipment Grounding Conductor

Maximum Fuse Ampere Rating, Circuit Breaker Ampere Trip Setting, or Circuit Breaker Protective Relay Ampere Trip Setting for Ground-Fault Protection of Any Cable Circuit in the Cable Tray System	Minimum Cross-Sectional Area of Metal ^a			
	Steel Cable Trays		Aluminum Cable Trays	
	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²
60	129	0.20	129	0.20
100	258	0.40	129	0.20
200	451.5	0.70	129	0.20
400	645	1.00	258	0.40
600	967.5	1.50 ^b	258	0.40
1000	—	—	387	0.60
1200	—	—	645	1.00
1600	—	—	967.5	1.50
2000	—	—	1290	2.00 ^b

^aTotal cross-sectional area of both side rails for ladder or trough cable trays; or the minimum cross-sectional area of metal in channel cable trays or cable trays of one-piece construction.

^bSteel cable trays shall not be used as equipment grounding conductors for circuits with ground-fault protection above 600 amperes. Aluminum cable trays shall not be used as equipment grounding conductors for circuits with ground-fault protection above 2000 amperes.

392.8 Cable Installation

(A) Cable Splices Cable splices made and insulated by approved methods shall be permitted to be located within a cable tray, provided they are accessible and do not project above the side rails.

(B) Fastened Securely In other than horizontal runs, the cables shall be fastened securely to transverse members of the cable trays.

Other fastening requirements are found in 392.6(A) and 392.6(C).

(C) Bushed Conduit and Tubing A box shall not be required where cables or conductors are installed in bushed conduit and tubing used for support or for protection against physical damage.

(D) Connected in Parallel Where single conductor cables comprising each phase, neutral, or grounded conductor of an alternating-current circuit are connected in parallel as permitted in 310.4, the conductors shall be installed in groups consisting of not more than one conductor per phase, neutral, or grounded conductor to prevent current imbalance in the paralleled conductors due to inductive reactance.

Single conductors shall be securely bound in circuit

groups to prevent excessive movement due to fault-current magnetic forces unless single conductors are cabled together, such as triplexed assemblies.

The binding or otherwise grouping of 3-phase circuits is good engineering practice. If properly done, it results in the phase reactances of the conductors being balanced, which reduces the voltage unbalance between the phases of the 3-phase circuit.

(E) Single Conductors Where any of the single conductors installed in ladder or ventilated trough cable trays are 1/0 through 4/0 AWG, all single conductors shall be installed in a single layer. Conductors that are bound together to comprise each circuit group shall be permitted to be installed in other than a single layer.

392.9 Number of Multiconductor Cables, Rated 2000 Volts or Less, in Cable Trays

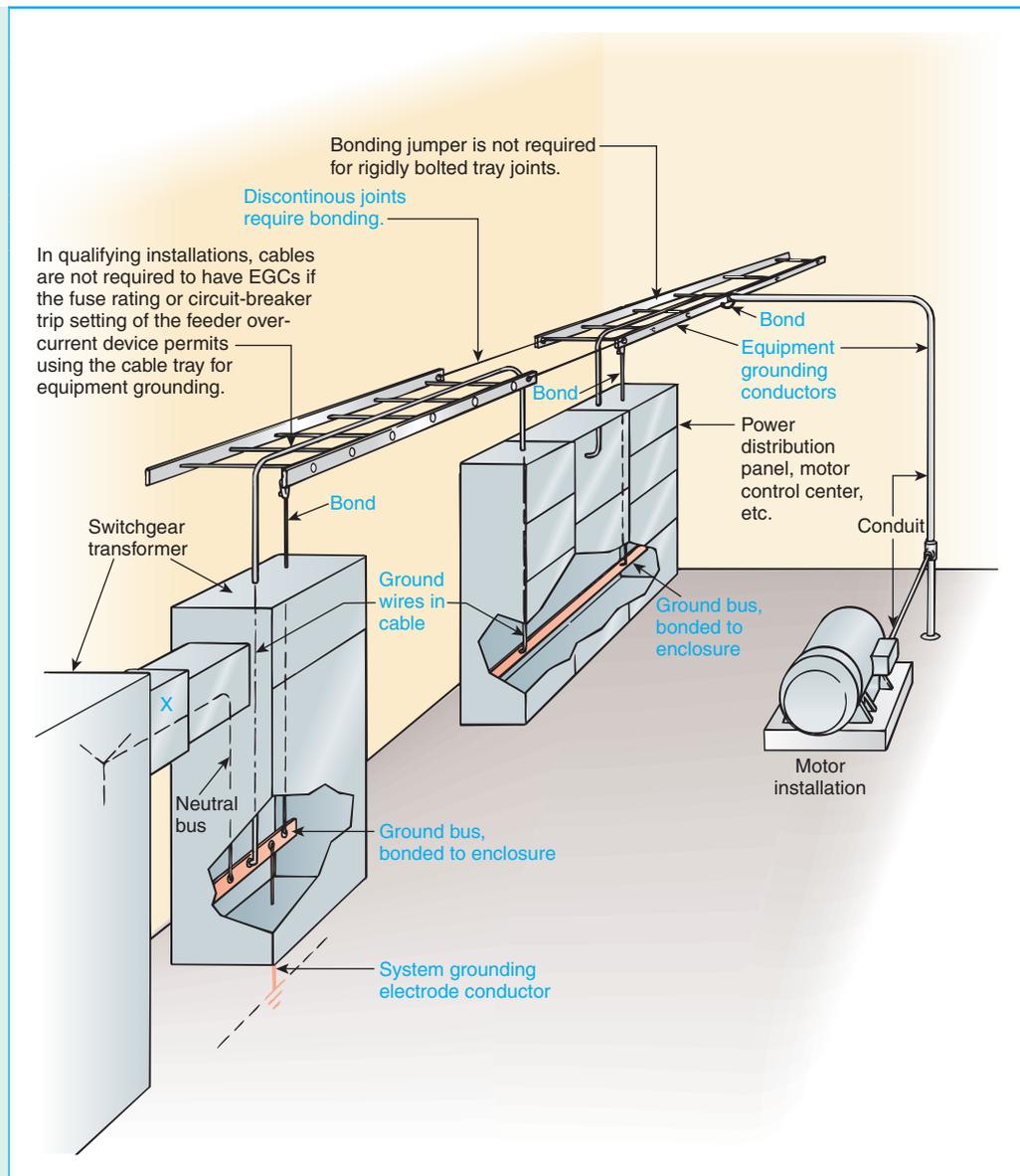
The number of multiconductor cables, rated 2000 volts or less, permitted in a single cable tray shall not exceed the requirements of this section. The conductor sizes herein apply to both aluminum and copper conductors.

(A) Any Mixture of Cables Where ladder or ventilated trough cable trays contain multiconductor power or lighting cables, or any mixture of multiconductor power, lighting, control, and signal cables, the maximum number of cables shall conform to the following:

- (1) Where all of the cables are 4/0 AWG or larger, the sum of the diameters of all cables shall not exceed the cable tray width, and the cables shall be installed in a single layer.
- (2) Where all of the cables are smaller than 4/0 AWG, the sum of the cross-sectional areas of all cables shall not exceed the maximum allowable cable fill area in Column 1 of Table 392.9 for the appropriate cable tray width.
- (3) Where 4/0 AWG or larger cables are installed in the same cable tray with cables smaller than 4/0 AWG, the sum of the cross-sectional areas of all cables smaller than 4/0 AWG shall not exceed the maximum allowable fill area resulting from the calculation in Column 2 of Table 392.9 for the appropriate cable tray width. The 4/0 AWG and larger cables shall be installed in a single layer, and no other cables shall be placed on them.

(B) Multiconductor Control and/or Signal Cables Only Where a ladder or ventilated trough cable tray having a usable inside depth of 150 mm (6 in.) or less contains multiconductor control and/or signal cables only, the sum of the cross-sectional areas of all cables at any cross section shall not exceed 50 percent of the interior cross-sectional area of the cable tray. A depth of 150 mm (6 in.) shall be used to

Exhibit 392.1 An example of multiconductor cables in cable trays with conduit runs to power equipment where bonding is provided in accordance with 392.7(B)(4). (Redrawn courtesy of Cable Tray Institute)



calculate the allowable interior cross-sectional area of any cable tray that has a usable inside depth of more than 150 mm (6 in.).

(C) Solid Bottom Cable Trays Containing Any Mixture

Where solid bottom cable trays contain multiconductor power or lighting cables, or any mixture of multiconductor power, lighting, control, and signal cables, the maximum number of cables shall conform to the following:

- (1) Where all of the cables are 4/0 AWG or larger, the sum of the diameters of all cables shall not exceed 90 percent of the cable tray width, and the cables shall be installed in a single layer.
- (2) Where all of the cables are smaller than 4/0 AWG, the sum of the cross-sectional areas of all cables shall not

exceed the maximum allowable cable fill area in Column 3 of Table 392.9 for the appropriate cable tray width.

- (3) Where 4/0 AWG or larger cables are installed in the same cable tray with cables smaller than 4/0 AWG, the sum of the cross-sectional areas of all cables smaller than 4/0 AWG shall not exceed the maximum allowable fill area resulting from the computation in Column 4 of Table 392.9 for the appropriate cable tray width. The 4/0 AWG and larger cables shall be installed in a single layer, and no other cables shall be placed on them.

(D) Solid Bottom Cable Tray — Multiconductor Control and/or Signal Cables Only

Where a solid bottom cable tray having a usable inside depth of 150 mm (6 in.) or less

Table 392.9 Allowable Cable Fill Area for Multiconductor Cables in Ladder, Ventilated Trough, or Solid Bottom Cable Trays for Cables Rated 2000 Volts or Less

Inside Width of Cable Tray		Maximum Allowable Fill Area for Multiconductor Cables							
		Ladder or Ventilated Trough Cable Trays, 392.9(A)				Solid Bottom Cable Trays, 392.9(C)			
		Column 1 Applicable for 392.9(A)(2) Only		Column 2 ^a Applicable for 392.9(A)(3) Only		Column 3 Applicable for 392.9(C)(2) Only		Column 4 ^a Applicable for 392.9(C)(3) Only	
mm	in.	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²
150	6.0	4,500	7.0	4,500 – (30 Sd) ^b	7 – (1.2 Sd) ^b	3,500	5.5	3,500 – (25 Sd) ^b	5.5 – Sd ^b
225	9.0	6,800	10.5	6,800 – (30 Sd)	10.5 – (1.2 Sd)	5,100	8.0	5,100 – (25 Sd)	8.0 – Sd
300	12.0	9,000	14.0	9,000 – (30 Sd)	14 – (1.2 Sd)	7,100	11.0	7,100 – (25 Sd)	11.0 – Sd
450	18.0	13,500	21.0	13,500 – (30 Sd)	21 – (1.2 Sd)	10,600	16.5	10,600 – (25 Sd)	16.5 – Sd
600	24.0	18,000	28.0	18,000 – (30 Sd)	28 – (1.2 Sd)	14,200	22.0	14,200 – (25 Sd)	22.0 – Sd
750	30.0	22,500	35.0	22,500 – (30 Sd)	35 – (1.2 Sd)	17,700	27.5	17,700 – (25 Sd)	27.5 – Sd
900	36.0	27,000	42.0	27,000 – (30 Sd)	42 – (1.2 Sd)	21,300	33.0	21,300 – (25 Sd)	33.0 – Sd

^aThe maximum allowable fill areas in Columns 2 and 4 shall be calculated. For example, the maximum allowable fill in mm² for a 150-mm wide cable tray in Column 2 shall be 4500 minus (30 multiplied by Sd) [the maximum allowable fill, in square inches, for a 6-in. wide cable tray in Column 2 shall be 7 minus (1.2 multiplied by Sd)].

^bThe term *Sd* in Columns 2 and 4 is equal to the sum of the diameters, in mm, of all cables 107.2 mm (in inches, of all 4/0 AWG) and larger multiconductor cables in the same cable tray with smaller cables.

contains multiconductor control and/or signal cables only, the sum of the cross-sectional areas of all cables at any cross section shall not exceed 40 percent of the interior cross-sectional area of the cable tray. A depth of 150 mm (6 in.) shall be used to calculate the allowable interior cross-sectional area of any cable tray that has a usable inside depth of more than 150 mm (6 in.).

(E) Ventilated Channel Cable Trays Where ventilated channel cable trays contain multiconductor cables of any type, the following shall apply:

- (1) Where only one multiconductor cable is installed, the cross-sectional area shall not exceed the value specified in Column 1 of Table 392.9(E).
- (2) Where more than one multiconductor cable is installed, the sum of the cross-sectional area of all cables shall not exceed the value specified in Column 2 of Table 392.9(E).

Cable trays may be ladder, ventilated trough, ventilated channel, or solid bottom of various widths. The depth of a cable tray is a structural consideration. The depth (up to 6 in.) is related to fill only where the cable tray contains signal and control cables or if the cable tray contains large cable splices. Heat dissipation is generally not a problem for signal and control cables. Inspectors or contractors, therefore, are not expected to calculate the various combinations of cable tray

Table 392.9(E) Allowable Cable Fill Area for Multiconductor Cables in Ventilated Channel Cable Trays for Cables Rated 2000 Volts or Less

Inside Width of Cable Tray		Maximum Allowable Fill Area for Multiconductor Cables			
		Column 1 One Cable		Column 2 More Than One Cable	
mm	in.	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²
75	3	1500	2.3	850	1.3
100	4	2900	4.5	1600	2.5
150	6	4500	7.0	2450	3.8

fill in the field. Installation handbooks for cable tray applications are available from various cable tray manufacturers.

(F) Solid Channel Cable Trays Where solid channel cable trays contain multiconductor cables of any type, the following shall apply:

- (1) Where only one multiconductor cable is installed, the cross-sectional area of the cable shall not exceed the value specified in Column 1 of Table 392.9(F).
- (2) Where more than one multiconductor cable is installed, the sum of the cross-sectional area of all cable shall

not exceed the value specified in Column 2 of Table 392.9(F).

Table 392.9(F) Allowable Cable Fill Area for Multiconductor Cables in Solid Channel Cable Trays for Cables Rated 2000 Volts or Less

Inside Width of Cable Tray		Column 1 One Cable		Column 2 More Than One Cable	
mm	in.	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²
50	2	850	1.3	500	0.8
75	3	1300	2.0	700	1.1
100	4	2400	3.7	1400	2.1
150	6	3600	5.5	2100	3.2

392.10 Number of Single-Conductor Cables, Rated 2000 Volts or Less, in Cable Trays

The number of single-conductor cables, rated 2000 volts or less, permitted in a single cable tray section shall not exceed the requirements of this section. The single conductors, or conductor assemblies, shall be evenly distributed across the cable tray. The conductor sizes herein apply to both aluminum and copper conductors.

(A) Ladder or Ventilated Trough Cable Trays Where ladder or ventilated trough cable trays contain single-conductor cables, the maximum number of single conductors shall conform to the following:

- (1) Where all of the cables are 1000 kcmil or larger, the sum of the diameters of all single conductor cables shall not exceed cable tray width, and the cables shall be installed in a single layer. Conductors that are bound together to comprise each circuit group shall be permitted to be installed in other than a single layer.

Section 392.10(A)(1) was expanded for the 2005 Code to clarify that cables 1000 kcmil and larger should be installed in a single layer except where these large cables are bundled according to circuit.

- (2) Where all of the cables are from 250 kcmil up to 1000 kcmil, the sum of the cross-sectional areas of all single-conductor cables shall not exceed the maximum allowable cable fill area in Column 1 of Table 392.10(A) for the appropriate cable tray width.
- (3) Where 1000 kcmil or larger single-conductor cables are installed in the same cable tray with single-conductor cables smaller than 1000 kcmil, the sum of the cross-sectional areas of all cables smaller than 1000 kcmil shall not exceed the maximum allowable fill area re-

sulting from the computation in Column 2 of Table 392.10(A) for the appropriate cable tray width.

- (4) Where any of the single conductor cables are 1/0 through 4/0 AWG, the sum of the diameters of all single conductor cables shall not exceed the cable tray width.

(B) Ventilated Channel Cable Trays Where 50 mm (2 in.), 75 mm (3 in.), 100 mm (4 in.), or 150 mm (6 in.) wide ventilated channel cable trays contain single-conductor cables, the sum of the diameters of all single conductors shall not exceed the inside width of the channel.

392.11 Ampacity of Cables, Rated 2000 Volts or Less, in Cable Trays

(A) Multiconductor Cables The allowable ampacity of multiconductor cables, nominally rated 2000 volts or less, installed according to the requirements of 392.9 shall be as given in Tables 310.16 and 310.18, subject to the provisions of (1), (2), (3), and 310.15(A)(2).

- (1) The derating factors of 310.15(B)(2)(a) shall apply only to multiconductor cables with more than three current-carrying conductors. Derating shall be limited to the number of current-carrying conductors in the cable and not to the number of conductors in the cable tray.
- (2) Where cable trays are continuously covered for more than 1.8 m (6 ft) with solid unventilated covers, not over 95 percent of the allowable ampacities of Tables 310.16 and 310.18 shall be permitted for multiconductor cables.
- (3) Where multiconductor cables are installed in a single layer in uncovered trays, with a maintained spacing of not less than one cable diameter between cables, the ampacity shall not exceed the allowable ambient temperature-corrected ampacities of multiconductor cables, with not more than three insulated conductors rated 0 through 2000 volts in free air, in accordance with 310.15(C).

FPN: See Table B.310.3.

Exhibit 392.2 illustrates the requirement of 392.11(A)(3). Note that the cables, rated 2000 volts or less, are installed in a single layer in an uncovered tray, with not less than one cable diameter between cables and not more than three conductors per cable. Refer to Table B.310.3 in Annex B for the ampacity of the conductors in this configuration.

(B) Single-Conductor Cables The allowable ampacity of single-conductor cables shall be as permitted by 310.15(A)(2). The derating factors of 310.15(B)(2)(a) shall not apply to the ampacity of cables in cable trays. The ampacity of single-conductor cables, or single conductors

Table 392.10(A) Allowable Cable Fill Area for Single-Conductor Cables in Ladder or Ventilated Trough Cable Trays for Cables Rated 2000 Volts or Less

Inside Width of Cable Tray		Maximum Allowable Fill Area for Single-Conductor Cables in Ladder or Ventilated Trough Cable Trays			
		Column 1 Applicable for 392.10(A)(2) Only		Column 2 ^a Applicable for 392.10(A)(3) Only	
mm	in.	mm ²	in. ²	mm ²	in. ²
150	6	4,200	6.5	4,200 – (28 Sd) ^b	6.5 – (1.1 Sd) ^b
225	9	6,100	9.5	6,100 – (28 Sd)	9.5 – (1.1 Sd)
300	12	8,400	13.0	8,400 – (28 Sd)	13.0 – (1.1 Sd)
450	18	12,600	19.5	12,600 – (28 Sd)	19.5 – (1.1 Sd)
600	24	16,800	26.0	16,800 – (28 Sd)	26.0 – (1.1 Sd)
750	30	21,000	32.5	21,000 – (28 Sd)	32.5 – (1.1 Sd)
900	36	25,200	39.0	25,200 – (28 Sd)	39.0 – (1.1 Sd)

^aThe maximum allowable fill areas in Column 2 shall be calculated. For example, the maximum allowable fill, in mm², for a 150 mm wide cable tray in Column 2 shall be 4200 minus (28 multiplied by Sd) [the maximum allowable fill, in square inches, for a 6-in. wide cable tray in Column 2 shall be 6.5 minus (1.1 multiplied by Sd)].

^bThe term Sd in Column 2 is equal to the sum of the diameters, in mm, of all cables 507 mm² (in inches, of all 1000 kcmil) and larger single-conductor cables in the same ladder or ventilated trough cable tray with small cables.

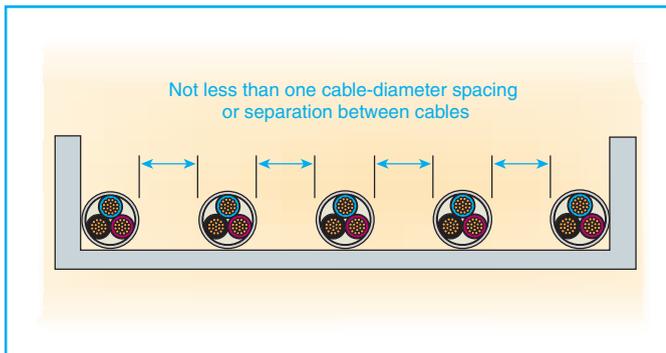


Exhibit 392.2 An illustration of 392.11(A)(3) for multicouductor cables, 2000 volts or less, with not more than three conductors per cable (ampacity to be determined from Table B.310.3 in Annex B).

cabled together (triplexed, quadruplexed, etc.), nominally rated 2000 volts or less, shall comply with the following:

- (1) Where installed according to the requirements of 392.10, the ampacities for 600 kcmil and larger single-conductor cables in uncovered cable trays shall not exceed 75 percent of the allowable ampacities in Tables 310.17 and 310.19. Where cable trays are continuously covered for more than 1.8 m (6 ft) with solid unventilated covers, the ampacities for 600 kcmil and larger cables shall not exceed 70 percent of the allowable ampacities in Tables 310.17 and 310.19.
- (2) Where installed according to the requirements of 392.10, the ampacities for 1/0 AWG through 500 kcmil single-conductor cables in uncovered cable trays shall

not exceed 65 percent of the allowable ampacities in Tables 310.17 and 310.19. Where cable trays are continuously covered for more than 1.8 m (6 ft) with solid unventilated covers, the ampacities for 1/0 AWG through 500 kcmil cables shall not exceed 60 percent of the allowable ampacities in Tables 310.17 and 310.19.

- (3) Where single conductors are installed in a single layer in uncovered cable trays, with a maintained space of not less than one cable diameter between individual conductors, the ampacity of 1/0 AWG and larger cables shall not exceed the allowable ampacities in Tables 310.17 and 310.19.

Exception to (B)(3): For solid bottom cable trays the ampacity of single conductor cables shall be determined by 310.15(C).

- (4) Where single conductors are installed in a triangular or square configuration in uncovered cable trays, with a maintained free airspace of not less than 2.15 times one conductor diameter (2.15 × O.D.) of the largest conductor contained within the configuration and adjacent conductor configurations or cables, the ampacity of 1/0 AWG and larger cables shall not exceed the allowable ampacities of two or three single insulated conductors rated 0 through 2000 volts supported on a messenger in accordance with 310.15(B).

FPN: See Table 310.20.

Section 392.11(B)(4) recognizes single conductors in a triangular configuration installed in a cable tray with maintained

III. Construction Specifications

334.100 Construction

The outer cable sheath of nonmetallic-sheathed cable shall be a nonmetallic material.

334.104 Conductors

The 600 volt insulated conductors shall be sizes 14 AWG through 2 AWG copper conductors or sizes 12 AWG through 2 AWG aluminum or copper-clad aluminum conductors. The signaling conductors shall comply with 780.5. The communication conductors shall comply with Part V of Article 800.

334.108 Equipment Grounding

In addition to the insulated conductors, the cable shall have an insulated or bare conductor for equipment grounding purposes only.

Changed for the 2005 *Code*, this section no longer *permits* an equipment grounding conductor; it *requires* an equipment grounding conductor. The required equipment grounding conductor must be sized in accordance with 250.122 and comply with UL 719, *Standard for Nonmetallic-Sheathed Cables*.

334.112 Insulation

The insulated power conductors shall be one of the types listed in Table 310.13 that are suitable for branch circuit wiring or one that is identified for use in these cables. Conductor insulation shall be rated at 90°C (194°F).

FPN: Types NM, NMC, and NMS cable identified by the markings NM-B, NMC-B, and NMS-B meet this requirement.

334.116 Sheath

The outer sheath of nonmetallic-sheathed cable shall comply with 334.116(A), (B), and (C).

(A) Type NM The overall covering shall be flame retardant and moisture resistant.

(B) Type NMC The overall covering shall be flame retardant, moisture resistant, fungus resistant, and corrosion resistant.

(C) Type NMS The overall covering shall be flame retardant and moisture resistant. The sheath shall be applied so as to separate the power conductors from the communications and signaling conductors. The signaling conductors shall be permitted to be shielded. An optional outer jacket shall be permitted.

FPN: For composite optical cable, see 770.9 and 770.133.

ARTICLE 336 Power and Control Tray Cable: Type TC

Summary of Changes

- **336.10:** Deleted text limiting use of TC cable in hazardous (classified) locations only in industrial establishments under the conditions of supervision and maintenance.
- **336.10(4):** Revised to clarify permitted use of Type TC cable supported by a messenger wire in outdoor locations.
- **336.10(7):** Revised to clarify installation requirements for equipment grounding conductors in cables 6 AWG or smaller. Revised the marking requirement for identifying Type TC cable that is suitable to be installed outside of a cable tray or raceway where the cable is supported on struts, angles, or channels.
- **336.12(2):** Revised to prohibit TC cable outside a raceway or cable tray system except as permitted in 336.10(7).

Contents

- I. General
 - 336.1 Scope
 - 336.2 Definition
- II. Installation
 - 336.10 Uses Permitted
 - 336.12 Uses Not Permitted
 - 336.24 Bending Radius
 - 336.80 Ampacity
- III. Construction Specifications
 - 336.100 Construction
 - 336.104 Conductors
 - (A) Fire Alarm Systems
 - (B) Thermocouple Circuits
 - (C) Class 1 Circuit Conductors
 - 336.116 Jacket
 - 336.120 Marking

I. General

336.1 Scope

This article covers the use, installation, and construction specifications for power and control tray cable, Type TC.

The basic standard to investigate products in this category is UL 1277, *Electrical Power and Control Tray Cables with Optional Optical-Fiber Members*. Summary information regarding listed power and control tray cable may be found in the *UL General Information for Electrical Equipment Directory* under category QPOR.

336.2 Definition

Power and Control Tray Cable, Type TC. A factory assembly of two or more insulated conductors, with or without associated bare or covered grounding conductors, under a nonmetallic jacket.

II. Installation

336.10 Uses Permitted

Type TC cable shall be permitted to be used as follows:

- (1) For power, lighting, control, and signal circuits.
- (2) In cable trays.
- (3) In raceways.
- (4) In outdoor locations supported by a messenger wire.
- (5) For Class 1 circuits as permitted in Parts II and III of Article 725.
- (6) For non–power-limited fire alarm circuits if conductors comply with the requirements of 760.27.
- (7) In industrial establishments where the conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons service the installation, and where the cable is continuously supported and protected against physical damage using mechanical protection, such as struts, angles, or channels, Type TC tray cable that complies with the crush and impact requirements of Type MC cable and is identified for such use with the marking Type TC–ER shall be permitted between a cable tray and the utilization equipment or device. The cable shall be secured at intervals not exceeding 1.8 m (6 ft). Equipment grounding for the utilization equipment shall be provided by an equipment grounding conductor within the cable. In cables containing conductors sized 6 AWG or smaller, the equipment grounding conductor shall be provided within the cable or, at the time of installation, one or more insulated conductors shall be permanently identified as an equipment grounding conductor in accordance with 250.119(B).
- (8) Where installed in wet locations, Type TC cable shall also be resistant to moisture and corrosive agents.

FPN: See 310.10 for temperature limitation of conductors.

According to 336.10(3), Type TC cable is permitted to be installed in a hazardous location only if that location is in an industrial establishment where conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons service the installation. The overall jacket on Type TC cable is a “gas/vaportight continuous sheath” in the sense discussed in 501.15(D) and 501.15(E). However, Type TC cable is not investigated for transmission of gases or vapors through the core; thus, when these cables are used in hazardous (classified) locations, they may need to be sealed according to 501.15(D) and 501.15(E).

Section 336.10(6) permits Type TC tray cable to be used for non–power-limited fire alarm circuits. According to 760.27, the cable must be listed and the conductor material must be copper. Aluminum and copper-clad aluminum conductors are not permitted for fire alarm circuits.

According to 336.10(7), specific types of TC tray cable used in qualifying occupancies are permitted to extend from a cable tray to a piece of equipment without the use of conduit. Prior to the 2002 *Code*, a restriction of 50 ft applied to this type of installation. For later editions of the *Code*, the 50-ft restriction was removed, allowing virtually any length of cable to be used for the circuit extension from the cable tray to the equipment served. According to UL 1277, *Electrical Power and Control Tray Cables with Optional Optical-Fiber Members*, cables suitable for use as exposed wiring between cable tray and the utilization equipment according to 336.10(7) are surface marked “Type TC-ER” (tray cable for exposed runs).

336.12 Uses Not Permitted

Type TC tray cable shall not be installed or used as follows:

- (1) Installed where it will be exposed to physical damage
- (2) Installed outside a raceway or cable tray system, except as permitted in 336.10(7)
- (3) Used where exposed to direct rays of the sun, unless identified as sunlight resistant
- (4) Direct buried, unless identified for such use

336.24 Bending Radius

Bends in Type TC cable shall be made so as not to damage the cable. For Type TC cable without metal shielding, the minimum bending radius shall be as follows:

- (1) Four times the overall diameter for cables 25 mm (1 in.) or less in diameter
- (2) Five times the overall diameter for cables larger than 25 mm (1 in.) but not more than 50 mm (2 in.) in diameter
- (3) Six times the overall diameter for cables larger than 50 mm (2 in.) in diameter

Type TC cables with metallic shielding shall have a minimum bending radius of not less than 12 times the cable overall diameter.

336.80 Ampacity

The ampacity of Type TC tray cable shall be determined in accordance with 392.11 for 14 AWG and larger conductors, in accordance with 402.5 for 18 AWG through 16 AWG conductors where installed in cable tray, and in accordance with 310.15 where installed in a raceway or as messenger supported wiring.

III. Construction Specifications

336.100 Construction

A metallic sheath or armor as defined in 330.116 shall not be permitted either under or over the nonmetallic jacket. Metallic shield(s) shall be permitted over groups of conductors, under the outer jacket, or both.

Type TC cables may contain one or more metal shields, but they do not have a metal sheath or armor. Electrical cables with a metal sheath or armor are covered in either Article 320 as armored cable, Type AC, or Article 330 as metal-clad cable, Type MC.

336.104 Conductors

The insulated conductors of Type TC tray cable shall be in sizes 18 AWG through 1000 kcmil copper and sizes 12 AWG through 1000 kcmil aluminum or copper-clad aluminum. Insulated conductors of sizes 14 AWG and larger copper and sizes 12 AWG and larger aluminum or copper-clad aluminum shall be one of the types listed in Table 310.13 or Table 310.62 that is suitable for branch circuit and feeder circuits or one that is identified for such use.

(A) **Fire Alarm Systems** Where used for fire alarm systems, conductors shall also be in accordance with 760.27.

(B) **Thermocouple Circuits** Conductors in Type TC cable used for thermocouple circuits in accordance with Part III of Article 725 shall also be permitted to be any of the materials used for thermocouple extension wire.

(C) **Class 1 Circuit Conductors** Insulated conductors of 18 AWG and 16 AWG copper shall also be in accordance with 725.27.

336.116 Jacket

The outer jacket shall be a flame-retardant, nonmetallic material.

336.120 Marking

There shall be no voltage marking on a Type TC cable employing thermocouple extension wire.

ARTICLE 338 Service-Entrance Cable: Types SE and USE

Summary of Changes

- **338.10(A):** Revised to reference specific sections and parts of Article 230 that pertain to the use of Types SE and USE cables for services.

Contents

- I. General
 - 338.1 Scope
 - 338.2 Definitions
- II. Installation
 - 338.10 Uses Permitted
 - (A) Service-Entrance Conductors
 - (B) Branch Circuits or Feeders
 - 338.24 Bending Radius
- III. Construction
 - 338.100 Construction
 - 338.120 Marking

I. General

338.1 Scope

This article covers the use, installation, and construction specifications of service-entrance cable.

According to the 2004 UL *Electrical Construction Materials Directory*, category TXKT (service cable) and category TYLZ (service-entrance cable rated 600 volts) are listed in sizes 14 AWG and larger for copper and 12 AWG and larger for aluminum or copper-clad aluminum. Type SE cable contains Types RHW, RHW-2, XHHW, XHHW-2, THWN, or THWN-2 conductors. Type USE cable contains conductors with insulation equivalent to RHW or XHHW. Type USE-2 contains insulation equivalent to RHW-2 or XHHW-2 and is rated 90°C wet or dry.

The type designation of the conductors may be marked on the surface of the cable. When used, this marking indicates the temperature rating for the cable corresponding to the temperature rating of the conductors. When this marking does not appear, the temperature rating of the cable is 75°C. The cables are designated as Type SE, Type USE or USE-2, and submersible water pump cable.

Type SE—Indicates cable for aboveground installation. Both the individual insulated conductors and the outer jacket or finish of Type SE are suitable for use where exposed to sun.

Type USE or USE-2—Indicates cable for underground installation, including burial directly in the earth. Cable in sizes 4/0 AWG and smaller and having all conductors insulated is suitable for all of the underground uses for which Type UF cable is permitted by the *Code*. Types USE and USE-2 are not suitable for use in premises or above ground except to terminate at the service equipment or metering equipment. Both the insulation and the outer covering, when used on single and multiconductor Types USE and USE-2, are suitable for use where exposed to sun.

Submersible water pump cable—Indicates a multiconductor cable in which two, three, or four single-conductor,

Section 725.82(I) was added to the 2005 *Code* to recognize listed nonmetallic signaling raceways for use in plenums. Similar raceways are currently recognized for optical fiber and communications cables in Articles 770 and 800, respectively. Raceways listed for plenums must pass fire tests similar to those required of cables listed for plenums.

(J) Riser Signaling Raceways Riser signaling raceways shall be listed as having adequate fire-resistant characteristics capable of preventing the carrying of fire from floor to floor.

FPN: One method of defining fire-resistant characteristics capable of preventing the carrying of fire from floor to floor is that the raceways pass the requirements of the Test for Flame Propagation (Riser) in UL 2024, *Standard for Optical Fiber Cable Raceway*.

Section 725.82(J) was added to the 2005 *Code* to recognize listed nonmetallic signaling raceways for use in risers. Similar raceways are currently recognized for optical fiber and communications cables in Articles 770 and 800, respectively. Raceways listed for risers must pass fire tests similar to those required of cables listed for risers.

(K) General-Purpose Signaling Raceways General-purpose signaling raceways shall be listed as being resistant to the spread of fire.

FPN: One method of defining resistance to the spread of fire is that the raceways pass the requirements of the Vertical-Tray Flame Test (General use) in UL 2024, *Standard for Optical Fiber Cable Raceway*.

Section 725.82(K) was added to the 2005 *Code* to recognize listed nonmetallic signaling raceways for use in general-purpose applications. Similar raceways are currently recognized for optical fiber and communications cables in Articles 770 and 800, respectively. Raceways listed for general-purpose applications must pass fire tests similar to those required of cables listed for general-purpose applications.

(L) Marking Cables shall be marked in accordance with 310.11(A)(2), (A)(3), (A)(4), and (A)(5) and Table 725.82. Voltage ratings shall not be marked on the cables.

FPN: Voltage markings on cables may be misinterpreted to suggest that the cables may be suitable for Class 1 electric light and power applications.

Exception: Voltage markings shall be permitted where the cable has multiple listings and a voltage marking is required for one or more of the listings.

Table 725.82 Cable Marking

Cable Marking	Type
CL3P	Class 3 plenum cable
CL2P	Class 2 plenum cable
CL3R	Class 3 riser cable
CL2R	Class 2 riser cable
PLTC	Power-limited tray cable
CL3	Class 3 cable
CL2	Class 2 cable
CL3X	Class 3 cable, limited use
CL2X	Class 2 cable, limited use

FPN: Class 2 and Class 3 cable types are listed in descending order of fire resistance rating, and Class 3 cables are listed above Class 2 cables because Class 3 cables can substitute for Class 2 cables.

ARTICLE 727 Instrumentation Tray Cable: Type ITC

Contents

- 727.1 Scope
- 727.2 Definition
- 727.3 Other Articles
- 727.4 Uses Permitted
- 727.5 Uses Not Permitted
- 727.6 Construction
- 727.7 Marking
- 727.8 Allowable Ampacity
- 727.9 Overcurrent Protection
- 727.10 Bends

727.1 Scope

This article covers the use, installation, and construction specifications of instrumentation tray cable for application to instrumentation and control circuits operating at 150 volts or less and 5 amperes or less.

Article 727 permits an alternate wiring method for circuits that do not exceed 5 amperes and 150 volts. Instrument tray cable is particularly suited for instrumentation circuits in industrial establishments where qualified persons perform service and maintenance.

727.2 Definition

Type ITC Instrumentation Tray Cable. A factory assembly of two or more insulated conductors, with or without a grounding conductor(s), enclosed in a nonmetallic sheath.

727.3 Other Articles

In addition to the provisions of this article, installation of Type ITC cable shall comply with other applicable articles of this *Code*, such as Articles 240, 250, 300, and 392.

727.4 Uses Permitted

Type ITC cable shall be permitted to be used as follows in industrial establishments where the conditions of maintenance and supervision ensure that only qualified persons service the installation:

- (1) In cable trays.
- (2) In raceways.
- (3) In hazardous locations as permitted in 501.10, 502.10, 503.10, 504.20, 504.30, 504.80, and 505.15.
- (4) Enclosed in a smooth metallic sheath, continuous corrugated metallic sheath, or interlocking tape armor applied over the nonmetallic sheath in accordance with 727.6. The cable shall be supported and secured at intervals not exceeding 1.8 m (6 ft).
- (5) Without a metallic sheath or armor between cable tray and equipment in lengths not to exceed 15 m (50 ft), where the cable is supported and protected against physical damage using mechanical protection, such as struts, angles, or channels. The cable shall be supported and secured at intervals not exceeding 1.8 m (6 ft).
- (6) Between cable tray and equipment in lengths not to exceed 15 m (50 ft), where the cable complies with the crush and impact requirements of Type MC cable and is identified for such use. The cable shall be supported and secured at intervals not exceeding 1.8 m (6 ft).
- (7) As aerial cable on a messenger.
- (8) Direct buried where identified for the use.
- (9) Under raised floors in rooms containing industrial process control equipment and rack rooms where arranged to prevent damage to the cable.
- (10) Under raised floors in information technology equipment rooms in accordance with 645.5(D)(5)(c).

727.5 Uses Not Permitted

Type ITC cable shall not be installed on circuits operating at more than 150 volts or more than 5 amperes.

Installation of Type ITC cable with other cables shall be subject to the stated provisions of the specific articles for the other cables. Where the governing articles do not contain stated provisions for installation with Type ITC cable, the installation of Type ITC cable with the other cables shall not be permitted.

Type ITC cable shall not be installed with power, lighting, Class 1, or non-power-limited circuits.

Exception No. 1: Where terminated within equipment or junction boxes and separations are maintained by insulating barriers or other means.

Exception No. 2: Where a metallic sheath or armor is applied over the nonmetallic sheath of the Type ITC cable.

727.6 Construction

The insulated conductors of Type ITC cable shall be in sizes 22 AWG through 12 AWG. The conductor material shall be copper or thermocouple alloy. Insulation on the conductors shall be rated for 300 volts. Shielding shall be permitted.

The cable shall be listed as being resistant to the spread of fire. The outer jacket shall be sunlight and moisture resistant.

Where a smooth metallic sheath, continuous corrugated metallic sheath, or interlocking tape armor is applied over the nonmetallic sheath, an overall nonmetallic jacket shall not be required.

727.7 Marking

The cable shall be marked in accordance with 310.11(A)(2), (A)(3), (A)(4), and (A)(5). Voltage ratings shall not be marked on the cable.

727.8 Allowable Ampacity

The allowable ampacity of the conductors shall be 5 amperes, except for 22 AWG conductors, which shall have an allowable ampacity of 3 amperes.

727.9 Overcurrent Protection

Overcurrent protection shall not exceed 5 amperes for 20 AWG and larger conductors, and 3 amperes for 22 AWG conductors.

727.10 Bends

Bends in Type ITC cables shall be made so as not to damage the cable.

ARTICLE 760 Fire Alarm Systems

Summary of Changes

- **760.8:** Revised requirement covering mechanical execution of work.
- **760.21:** Revised to prohibit arc-fault circuit interrupters (AFCIs) in addition to GFCIs in the supply circuit for the power source of non-power-limited fire alarm circuits.
- **760.30(B)(2), (B)(3), and (B)(4):** Added new Exception No. 3 permitting circuit integrity (CI) cable.
- **760.41:** Revised to prohibit arc-fault circuit interrupters (AFCIs) in addition to GFCIs in the supply circuit for the power source of power-limited fire alarm circuits.

spacing as having the same ampacity as three single insulated conductors on a messenger. The maintained spacing allows air to circulate around the cable.

Where three single conductors, nominally rated 2000 volts or less, are cabled together in a triangular configuration, with not less than 2.15 times the conductor diameter ($2.15 \times OD$) between groups, as illustrated in Exhibit 392.3, the ampacity of the conductors is determined in accordance with Table 310.20.

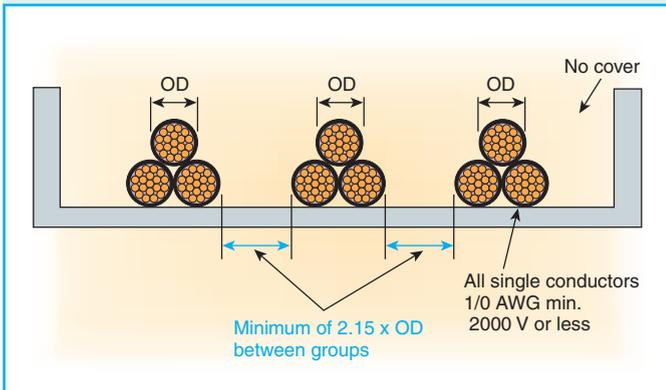


Exhibit 392.3 An illustration of 392.11(B)(4), for three single conductors installed in a triangular configuration with spacing between groups of not less than 2.15 times the conductor diameter (ampacities to be determined from Table 310.20).

Where single conductors are installed in cable trays, their ampacities are permitted to be calculated using many variations of Table 310.16, Table 310.17, and Table 310.19. Where these single conductor cables emerge from a cable tray installation and are terminated at circuit breakers, distribution switchgear, and similar electrical equipment, it is important to understand the temperature limitations of the electrical equipment terminals and to coordinate those temperature limitations with the ampacity of the single conductor cables. As stated in both the *UL General Information for Electrical Equipment Directory* and in 110.14(C)(1), unless the equipment is listed and marked otherwise, conductor ampacities used in determining equipment terminations must be based on Table 310.16 as modified by 310.15(B)(1) through 310.15(B)(6).

392.12 Number of Type MV and Type MC Cables (2001 Volts or Over) in Cable Trays

The number of cables rated 2001 volts or over permitted in a single cable tray shall not exceed the requirements of this section.

The sum of the diameters of single-conductor and multi-conductor cables shall not exceed the cable tray width, and the cables shall be installed in a single layer. Where single

conductor cables are triplexed, quadruplexed, or bound together in circuit groups, the sum of the diameters of the single conductors shall not exceed the cable tray width, and these groups shall be installed in single layer arrangement.

392.13 Ampacity of Type MV and Type MC Cables (2001 Volts or Over) in Cable Trays

The ampacity of cables, rated 2001 volts, nominal, or over, installed according to 392.12 shall not exceed the requirements of this section.

(A) Multiconductor Cables (2001 Volts or Over) The allowable ampacity of multiconductor cables shall be as given in Tables 310.75 and 310.76, subject to the following provisions:

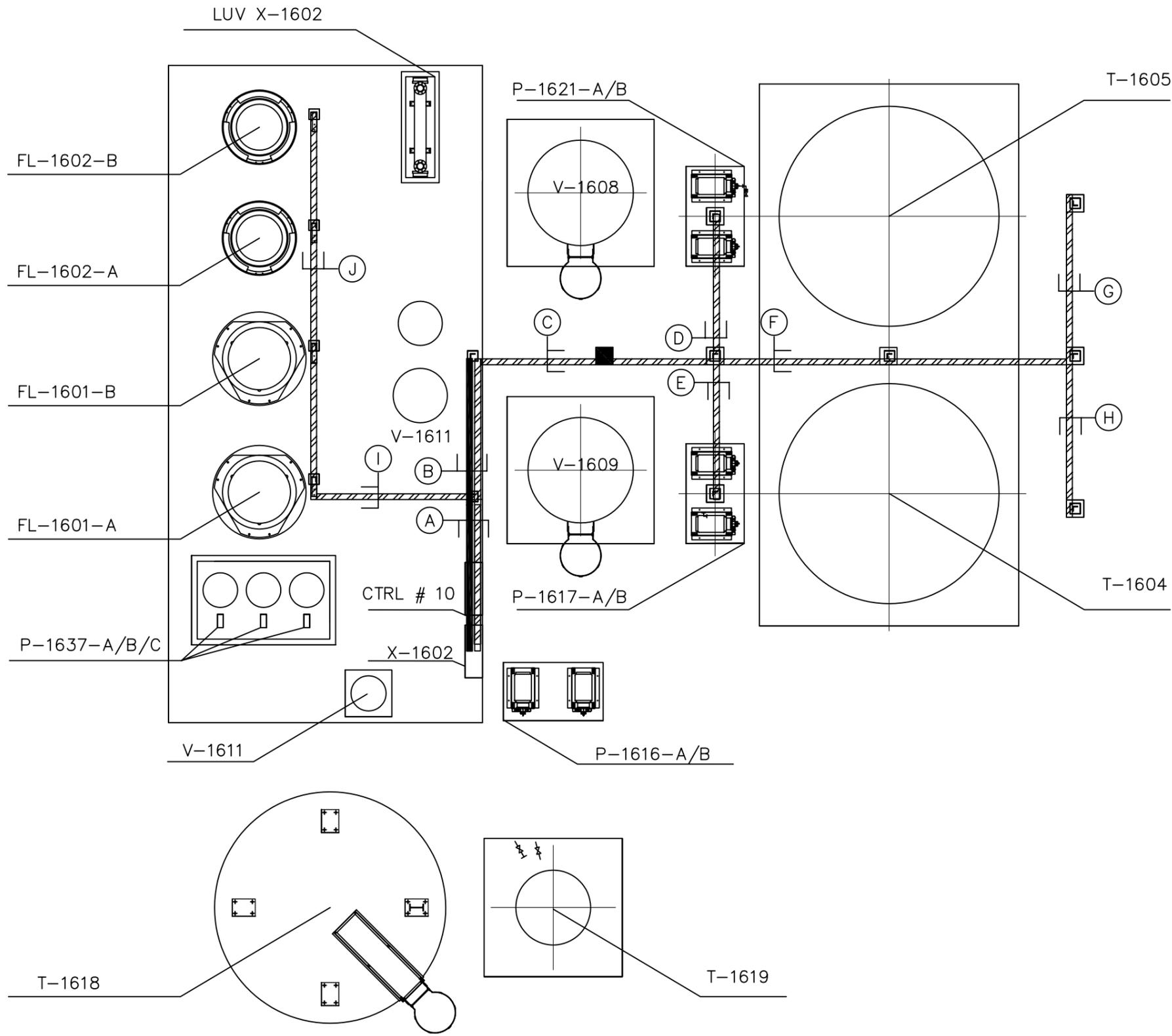
- (1) Where cable trays are continuously covered for more than 1.8 m (6 ft) with solid unventilated covers, not more than 95 percent of the allowable ampacities of Tables 310.75 and 310.76 shall be permitted for multiconductor cables.
- (2) Where multiconductor cables are installed in a single layer in uncovered cable trays, with maintained spacing of not less than one cable diameter between cables, the ampacity shall not exceed the allowable ampacities of Tables 310.71 and 310.72.

(B) Single-Conductor Cables (2001 Volts or Over) The ampacity of single-conductor cables, or single conductors cabled together (triplexed, quadruplexed, etc.), shall comply with the following:

- (1) The ampacities for 1/0 AWG and larger single-conductor cables in uncovered cable trays shall not exceed 75 percent of the allowable ampacities in Tables 310.69 and 310.70. Where the cable trays are covered for more than 1.8 m (6 ft) with solid unventilated covers, the ampacities for 1/0 AWG and larger single-conductor cables shall not exceed 70 percent of the allowable ampacities in Tables 310.69 and 310.70.
- (2) Where single-conductor cables are installed in a single layer in uncovered cable trays, with a maintained space of not less than one cable diameter between individual conductors, the ampacity of 1/0 AWG and larger cables shall not exceed the allowable ampacities in Tables 310.69 and 310.70.
- (3) Where single conductors are installed in a triangular or square configuration in uncovered cable trays, with a maintained free air space of not less than 2.15 times the diameter ($2.15 \times O.D.$) of the largest conductor contained within the configuration and adjacent conductor configurations or cables, the ampacity of 1/0 AWG and larger cables shall not exceed the allowable ampacities in Tables 310.67 and 310.68.

ANEXO 9

RUTA DE BANDEJAS EN PLANTA DE AGUA X-1602



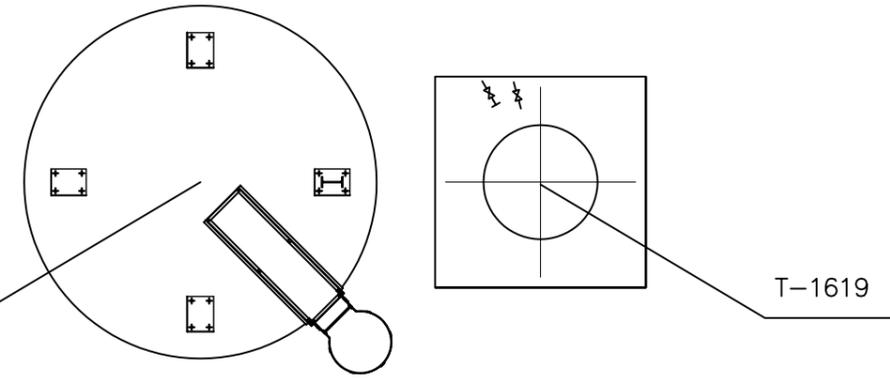
LISTADO DE EQUIPOS		
ITEM	TAG	DESCRIPCION
①	FL-1602-A/B	FILTRO DE CARBON ACTIVADO
②	V-1612	ABLANDADOR
③	FL-1601-A/B	FILTRO DE ARENA
④	P-1637-A/B/C	BOMBAS DOSIFICADORAS
⑤	V-1611	TANQUE CONTACTO DE OXIGENO
⑥	P-1616-A/B	BOMBAS DE AGUA DE FILTRO
⑦	T-1618	TANQUE CLARIFICADOR-FLOCULADOR
⑧	T-1619	TANQUE DE EQUILIBRIO
⑨	V-1608	TANQUE PULMON AGUA POTABLE
⑩	V-1609	TANQUE PULMON AGUA SERVICIOS
⑪	P-1621-A/B	BOMBAS DE AGUA DE SERVICIO
⑫	T-1604	TANQUE AGUA SERVICIOS
⑬	T-1605	TANQUE AGUA SERVICIOS
⑭	P-1617-A/B	BOMBAS DE AGUA POTABLE
⑮	LUV-X1602	LAMPARA ULTRAVIOLETA

VISTAS DE BANDEJAS		
A	EL. 55.000	EL. 55.000
B		EL. 315.000
C		EL. 315.000
D		EL. 315.000
E		EL. 315.000
F		EL. 355.000
G		EL. 355.000
H		EL. 355.000
I		EL. 355.000
J		EL. 355.000

SISTEMA DE NUMERACION DE BANDEJAS

EX. **BPN-A-ZZ**

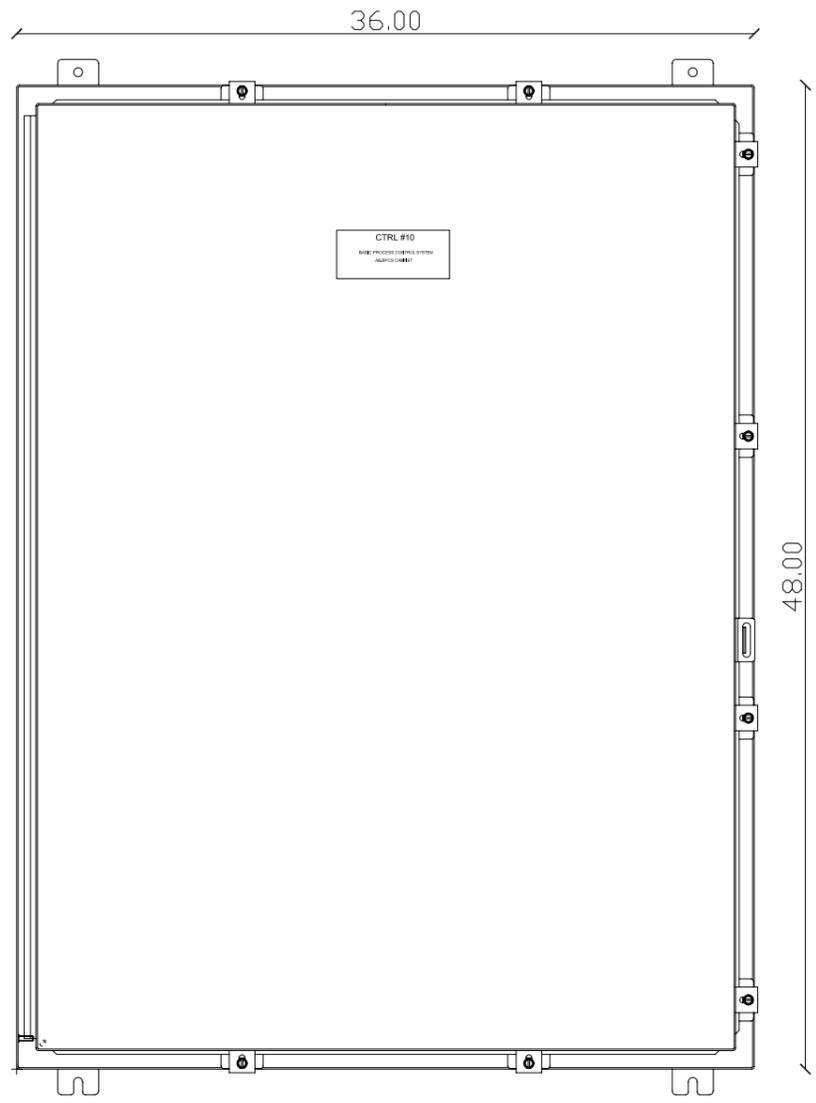
- ZZ Numero secuencial
- A Letra que indica el corte de la implanta.
- SERVICIO
 - 1: 15 kV
 - 2: 5 kV
 - 3: 120V/480V
 - 4: DC Fuerza y control
 - 5: Instrumentacion y Control
 - 6: Datos, comunicaciones y fibra
- TIPO DE CANALIZACION
 - P CONDUIT
 - B BANDEJA
- CODIGO DE CAMPO
 - E- EPF-PATA
 - C- CPF



ANEXO 10

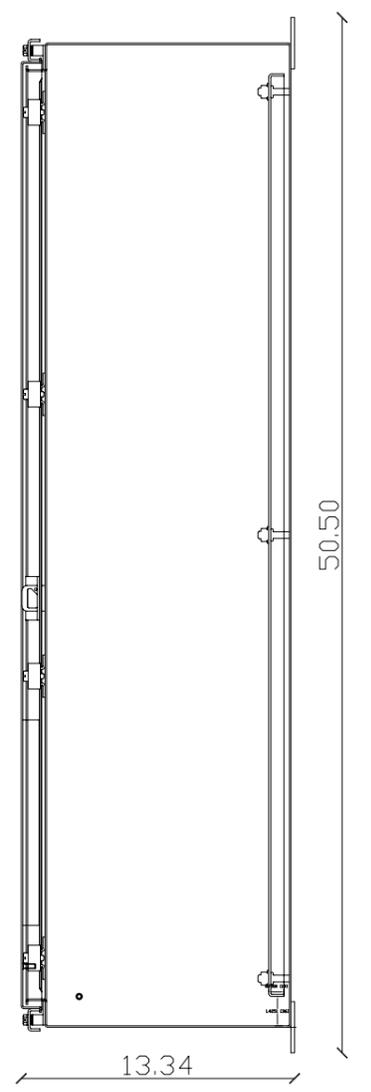
DIAGRAMA PANEL DE CONTROL CTRL#10

PANEL DE CONTROL LCP-01	
ORIFICIO	TAG
1	LT-T1619-1
2	LSLL-T1619-1
3	PT-P1616-1
4	PSHH-P1616-A-2
5	PSHH-P1616-B-2
6	XY-FL1601A-2
7	XY-FL1601A-1
8	PDT-FL1601A-3
9	XY-FL1601B-2
10	XY-FL1601B-1
11	PDT-FL1601B-3
12	XY-FL1601-4
13	PT-FL1601-5
14	XY-FL1602A-2
15	XY-FL1602A-1
16	PDT-FL1602A-3
17	XY-FL1602B-2
18	XY-FL1602B-1
19	PDT-FL1602B-3
20	XY-FL1602-4
21	PT-FL1602-5
22	XY-T1604-2
23	LT-T1604-1
24	PSHH-P1621A-2
25	PSHH-P1621B-2
26	PT-V1609-1
27	XY-V1609-3
28	LT-V1609-1
29	XY-T1605-2
30	LT-T1605-1
31	PSHH-P1617A-2
32	PSHH-P1617B-2
33	PT-V1608-1
34	XY-V1608-3
35	LT-V1608-1
36	AIT-P1637C-1

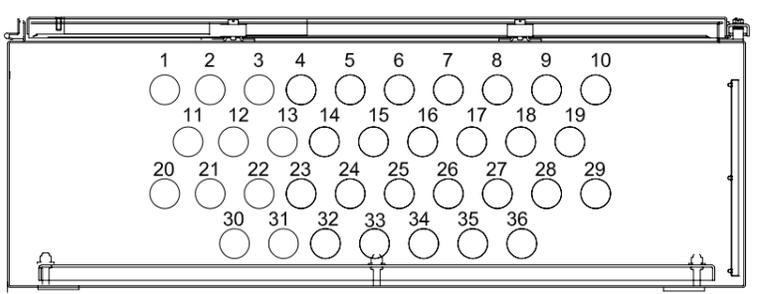


INGRESO DE CABLES MEDICION Y CONTROL

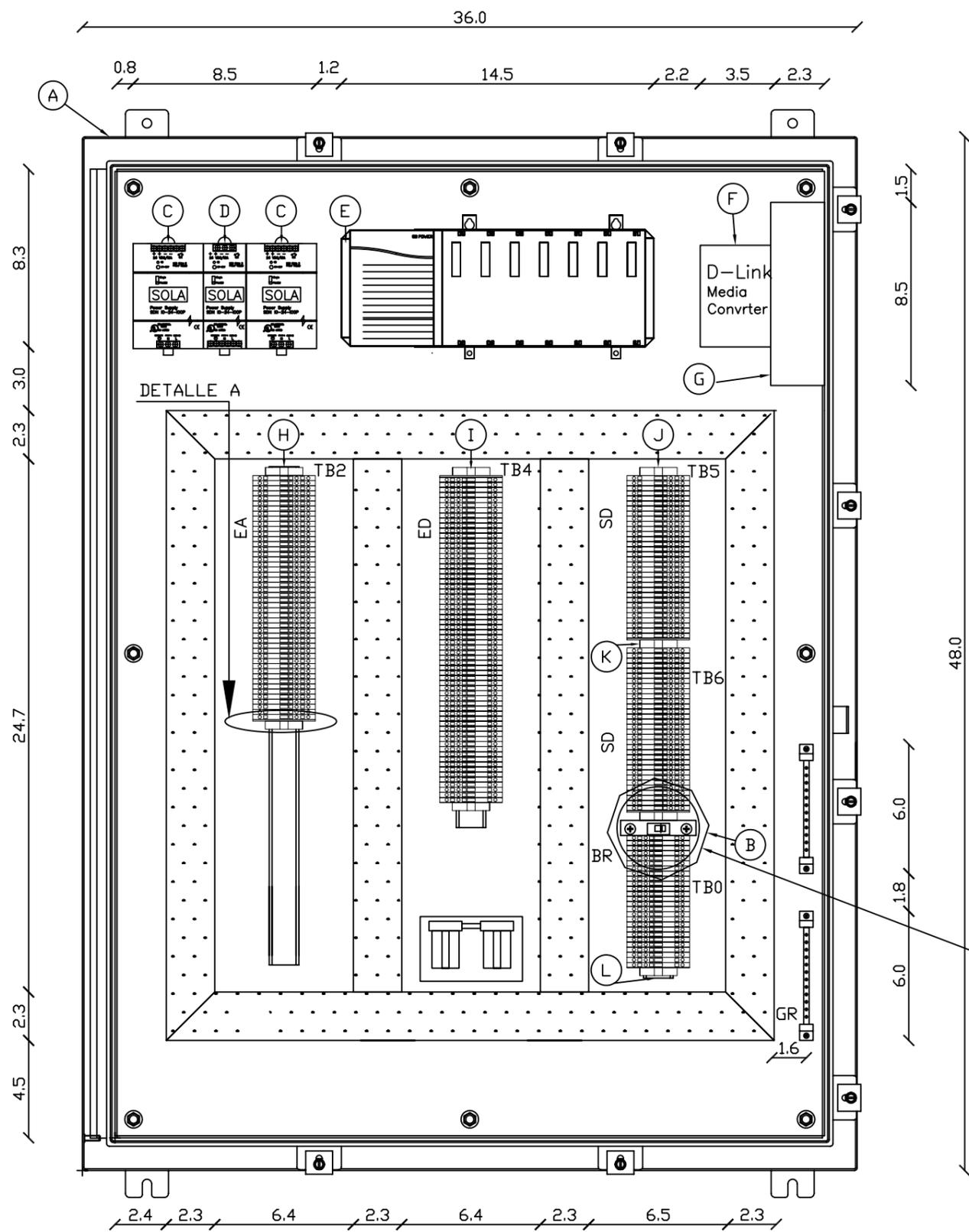
VISTA FRONTAL



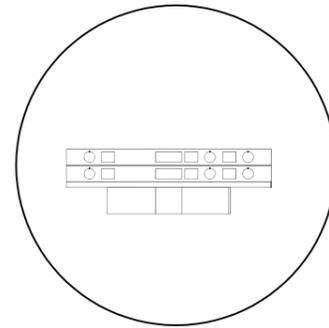
VISTA LATERAL IZQUIERDA



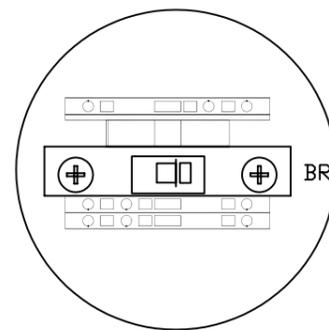
VISTA INFERIOR



DETALLE A



DETALLE B



DETALLE B

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

1. 1111101-05-012-PC-I-AZ059-HT01 DIAGRAMA DE CONEXIONADO

NOTAS

1. TODAS LAS DIMENSIONES EN PULGADAS.
2. EL DISEÑO DEL PANEL, EL ENSAMBLAJE Y LAS PRUEBAS SERAN REALIZADAS POR INCOPRO S.A.

CONVENCIONES

ED	ENTRADA DISCRETA	BR	BREAKER
SD	SALIDA DISCRETA	GR	TIERRA
EA	ENTRADA ANALOGICA		
SA	SALIDA ANALOGICA		

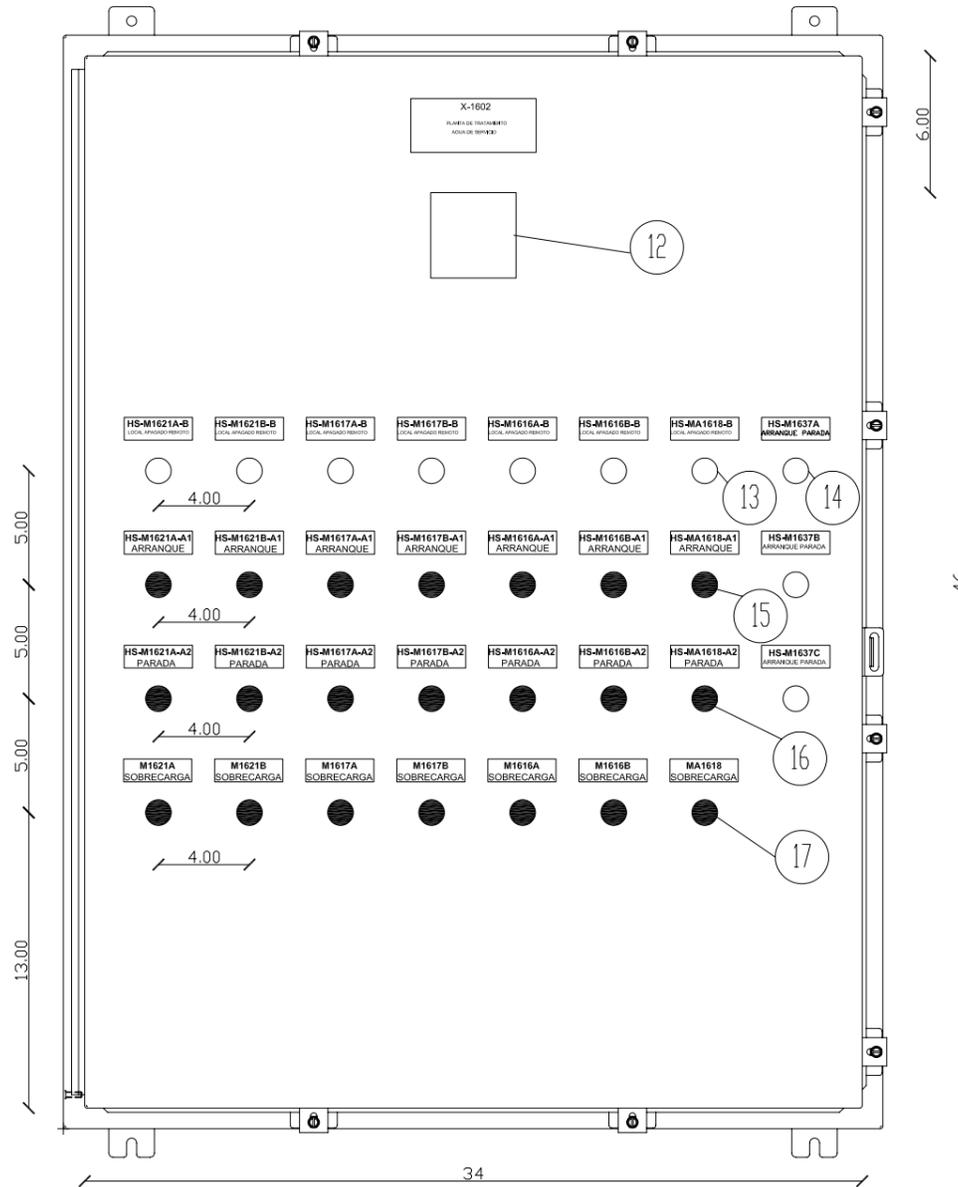
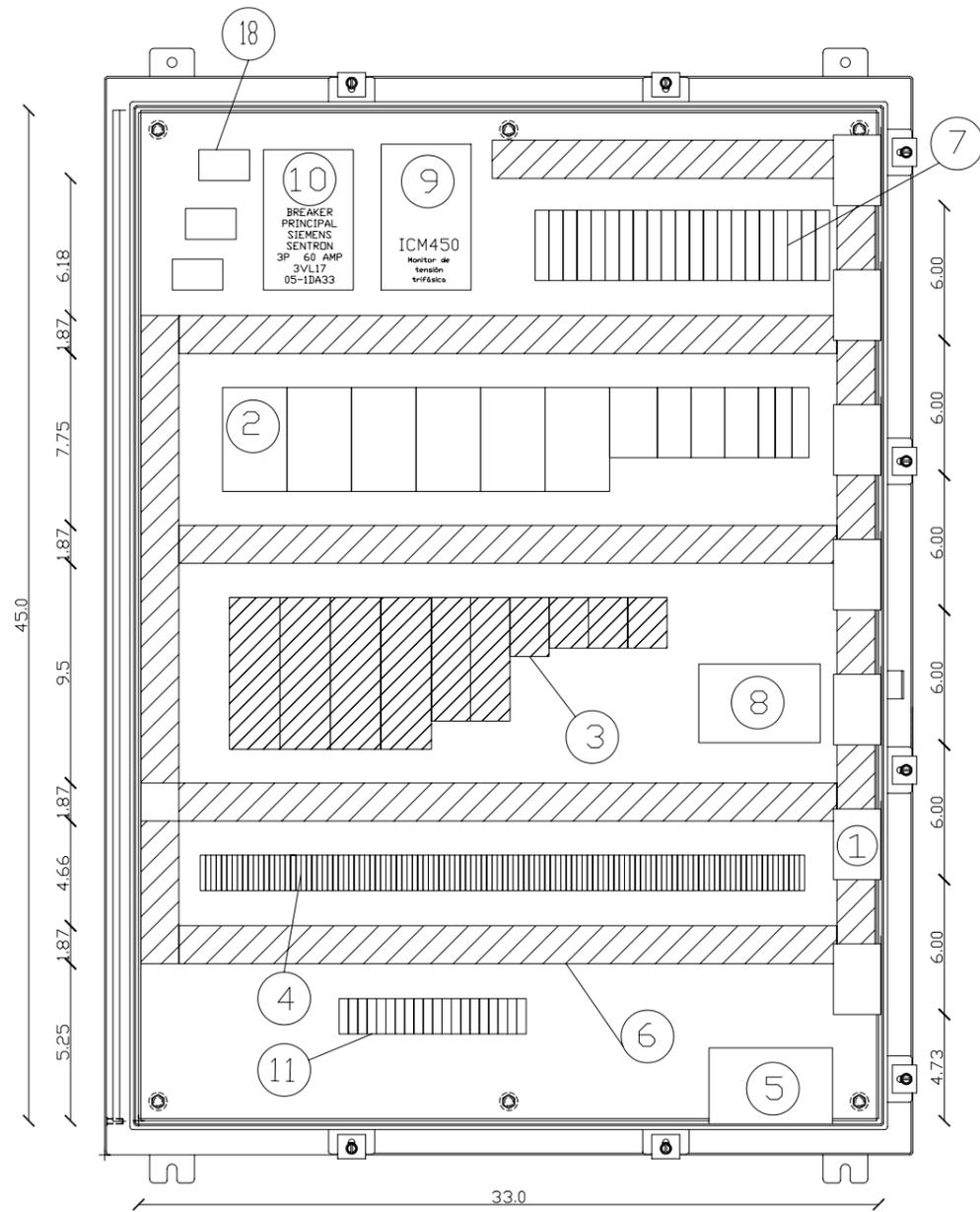
DATOS DEL EQUIPO

ITEM	CANT.	UNID	REFERENCIA	DESCRIPCION
A	1	EA	-	PANEL SS 304 NEMA 4X, HOFFMAN A48H3612SS6LP
B	1	EA	-	PROTECCION DEL CIRCUITO ELECTRICO
C	2	EA	-	FUENTE DE PODER P/ INSTRUMENTACION 110/220V(10A@24V)
D	1	EA	-	MODULO EXTERNO DE REDUNDANCIA
E	1	EA	-	CONTROLLOGIX CHASIS 7 SLOT, ALLEN BRADLEY
F	1	EA	-	CONVERTIDOR MULTIMODO 10/1000 BASE-TX to 100BASE-FX
G	1	EA	-	CAJA HUBBEL (POR AZUL)
H	1	EA	TB2	BLOQUE TERMINAL 2 (FULL)
I	1	EA	TB4	BLOQUE TERMINAL 4 (FULL)
J	1	EA	TB5	BLOQUE TERMINAL 5 (FULL)
K	1	EA	TB6	BLOQUE TERMINAL 6 (FULL)
L	1	EA	TB0	BLOQUE TERMINAL 0 (FULL)

CANT.	UNID	DESCRIPCION
1	U	GABINETE METALICO
5	mts	CANALETA RANURADA 57X57X200mm
5	mts	RIEL DIN 2X35X15mm
1	U	PORTAFUSIBLE + FUSIBLE 6A
1	U	BREAKER PRINCIPAL MONOFASICO 6A
8	U	TAPA FINAL PARA BORNERA
202	U	BORNERA UNIVERSAL PARA 120VAC Y 24VDC
79	U	PORTAFUSIBLE + FUSIBLE
2	U	POWER SUPPLY MODULE 24VDC/10A
1	U	MODULO EXTERNO DE REDUNDANCIA
1	U	CONVERTIDOR MULTIMODO 10/100 BASE-TX to 100 BASE-FX
1	U	CABLE ETHERNET
1	U	CHASIS 7 SLOTS
1	U	FUENTE DE ALIMENTACION
1	U	PROCESADOR 750KB MEMORY
1	U	MODULO ETHERNET/IP
1	U	MÓDULO DE 16 E. ANALÓGICAS DE CORRIENTE O VOLTAJE (36 PINES)
1	U	MÓDULO DE 32 E. A 24 VCC (36 PINES)
2	U	MÓDULO DE 16 S. AISLADAS POR RELÉ N.A. (36 PINES)
4	U	BLOQUE DE TERMINALES DE 36 PINES CON SUJECIÓN POR TORNILLOS
1	U	TAPAS PARA SLOTS LIBRES
1	U	DOBLE FONDO ACERO INOXIDABLE 4X 48x36x12 pulgadas
3	U	SISTEMA DE MARCAJE 1-100
7	U	BORNES PARA TIERRA
38	U	BASES PORTAFUSIBLE
180	U	BORNERS
79	U	BASES PORTAFUSIBLE
5	U	PORTARTULOS
203	U	TERMINALES CON CUELLO PLASTICO
1	U	SOPORTE INDICE PARA REGLETEROS
2	U	TOMA CORRIENTE 110VAC
0,15	mts	BARRA DE TIERRA PARA INSTRUMENTACION
0,15	mts	BARRA DE TIERRA PARA SISTEMA DE FUERZA

ANEXO 11

DIAGRAMA PANEL DE ARRANCADORES X-1602

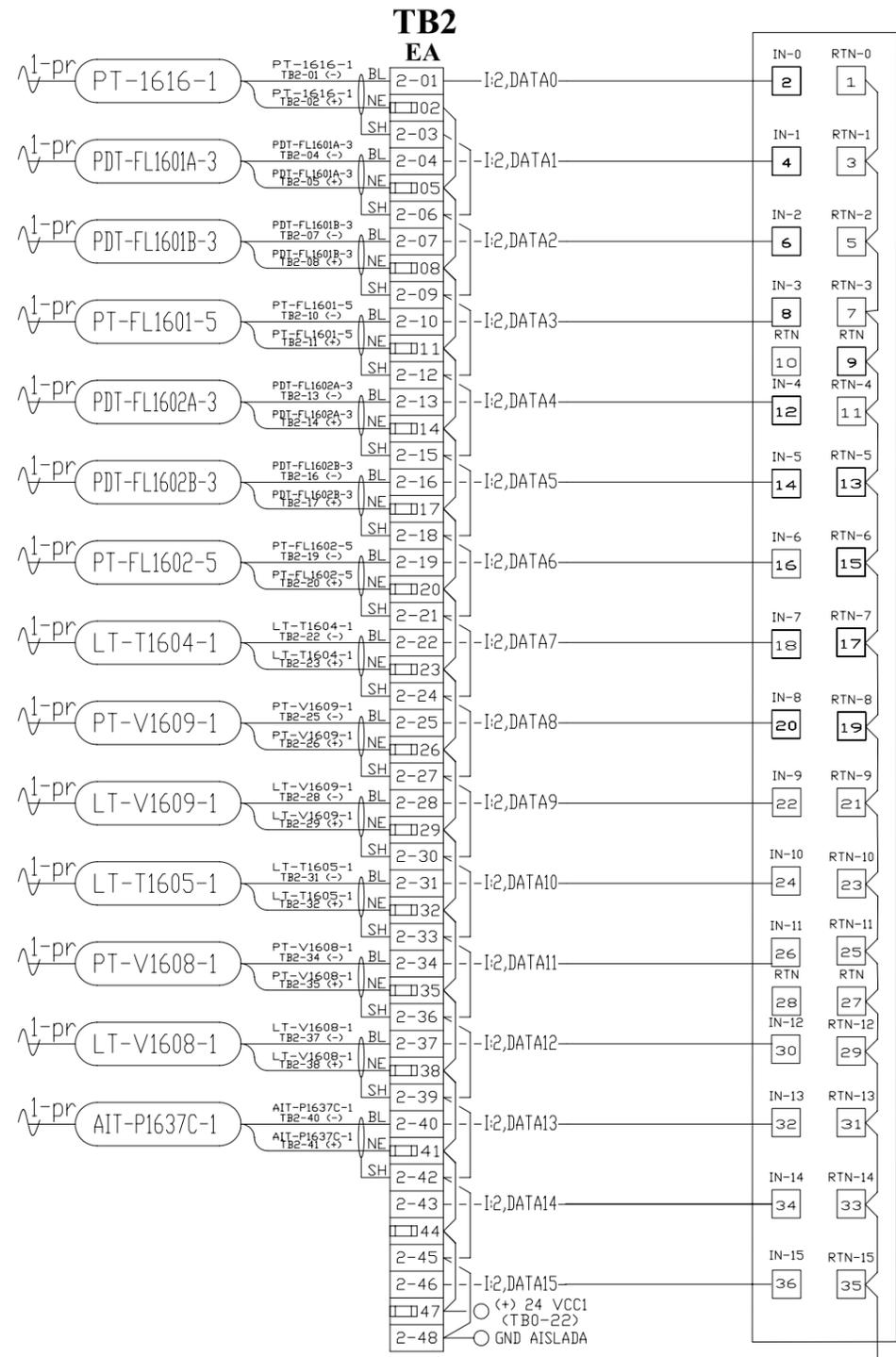


LISTA DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Transformador de voltaje para control 440/220/110/ 0,1 KVA	7
2	Breakers Secundarios Siemens 40 Amp	4
	Breakers Secundarios Siemens 3P 20 AMP	2
	Breakers Secundarios Siemens RIEL 5SX1 310-7DIN 3P 2AMP	3
	Breaker Secundarios Siemens Riel DIN 2 P 20 AMP	3
	Breaker Secundarios Siemens Riel DIN 5SX1 02-7 1P 6 AMP	1
	Breaker Secundarios Siemens Riel DIN 5SX1 02-7 2P20 AMP	1
	Breaker Riel DIN 1 polo 2Amp	1
3	Contactores Siemens Sirius 3RT035 con BOB 110V	4
	Relé de Sobrecarga Siemens Sirius 3RU1126-4EB0 DE 22-32 AMP 110	4
	Contactores Siemens Sirius 3RT0125 con BOB 110V	2
	Relé de Sobrecarga Siemens Sirius 3RU1126-4AB0 DE 11-16 AMP 110	2
	Contactores Siemens Sirius 3RT015 con BOB 110V	1
	Relé de Sobrecarga Siemens Sirius 3RU1116-0JB0 DE 0,7-1 AMP 110	1
4	Contactores Siemens Sirius 3RT1015 con BOB 110V	3
	Borneras de control 4mm	105
5	Transformador voltaje para dosificadores 440/220/110 1 KVA	1
6	Canaletas Ranurada	
7	Bases porta fusible 10x38 con fusible de 2 AMP	21
8	Reparitor de carga de 4 Polos 125 Amp Lagrand 0048 88	1
9	Supervisor de fases marca ICM -450 digital 0-600V	1
10	Breaker principal Siemens Sentron 3P 160 AMP 3VLA17 16-1DA33	1
11	Bornera de fuerza para motores	20
12	Medidor de parámetros eléctricos MID 95	1
13	Selector de 2 Posiciones telemecanique	7
14	Selector de 3 Posiciones telemecanique	3
15	Pulsadores luminosos verdes Telemecanique	7
16	Pulsadores luminosos rojos Telemecanique	7
17	Indicadores luminosos amarillos Telemecanique	7
18	Transformador de corriente 15075 Clas 1 CGECT-1	3

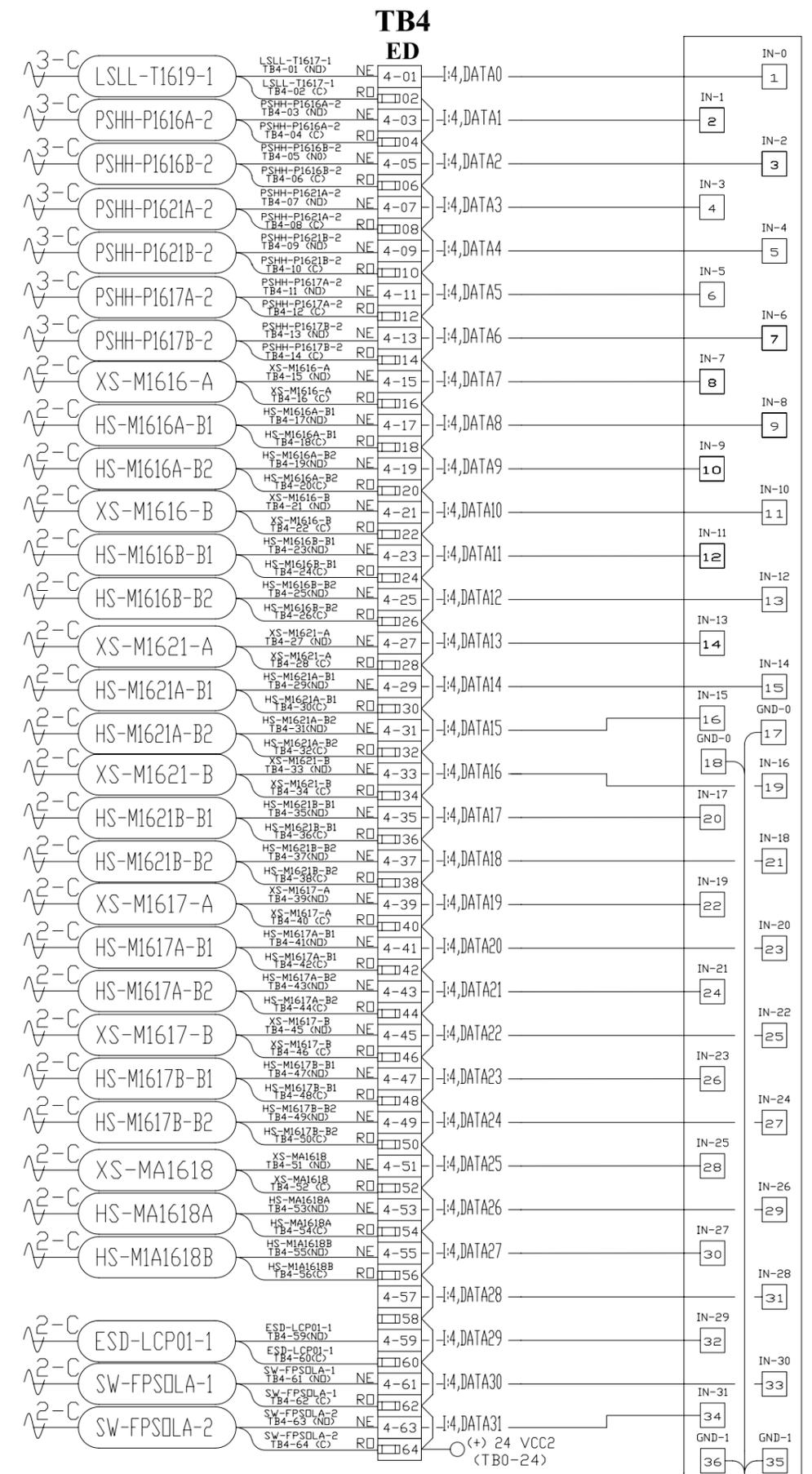
ANEXO 12

PLANOS DE TERMINACIONES ELECTRICAS



SLOT 02
1756-IF16
(ENTRADA ANALOGICA)

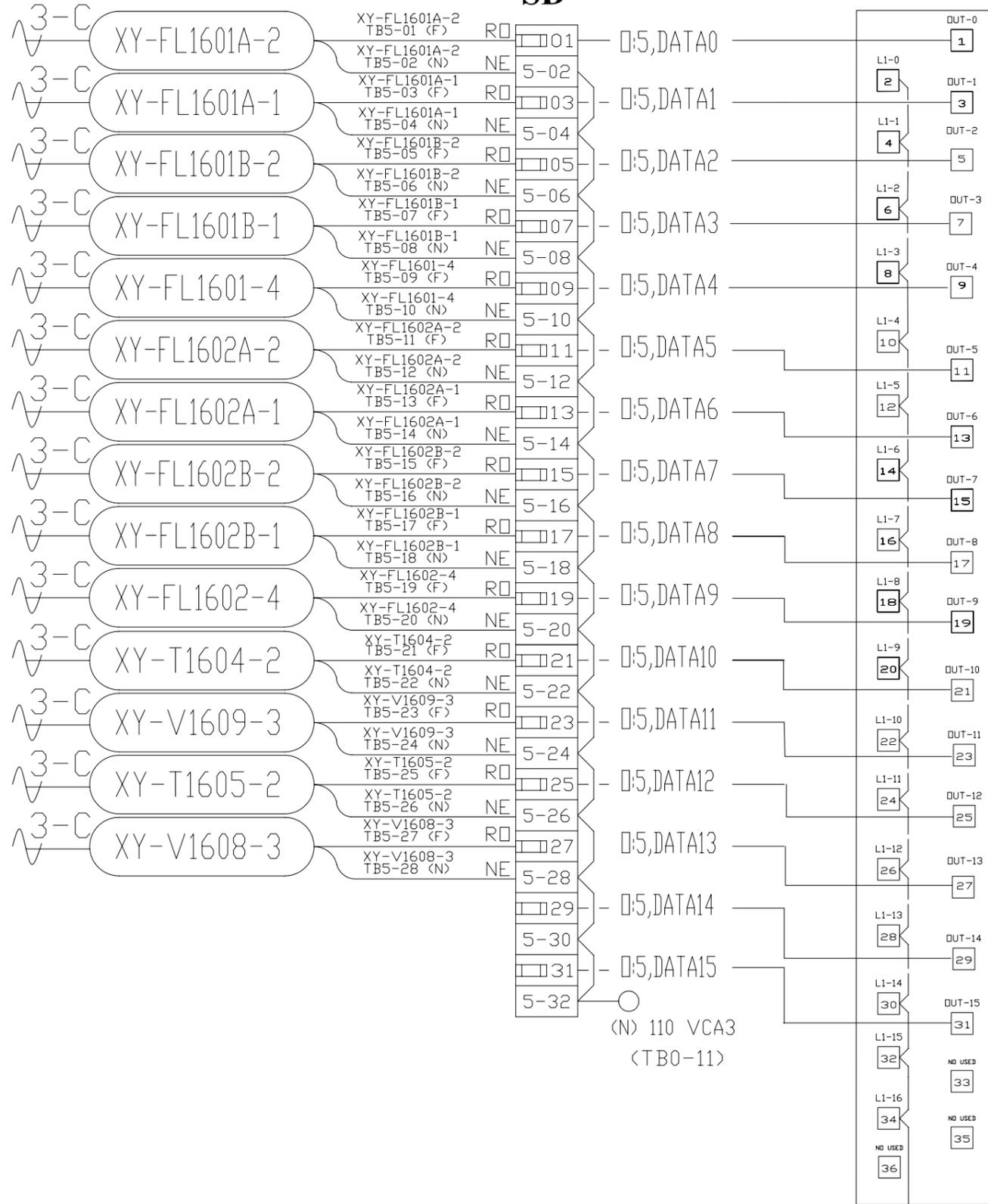
(-) 24 VCC1 CDM TB0-23



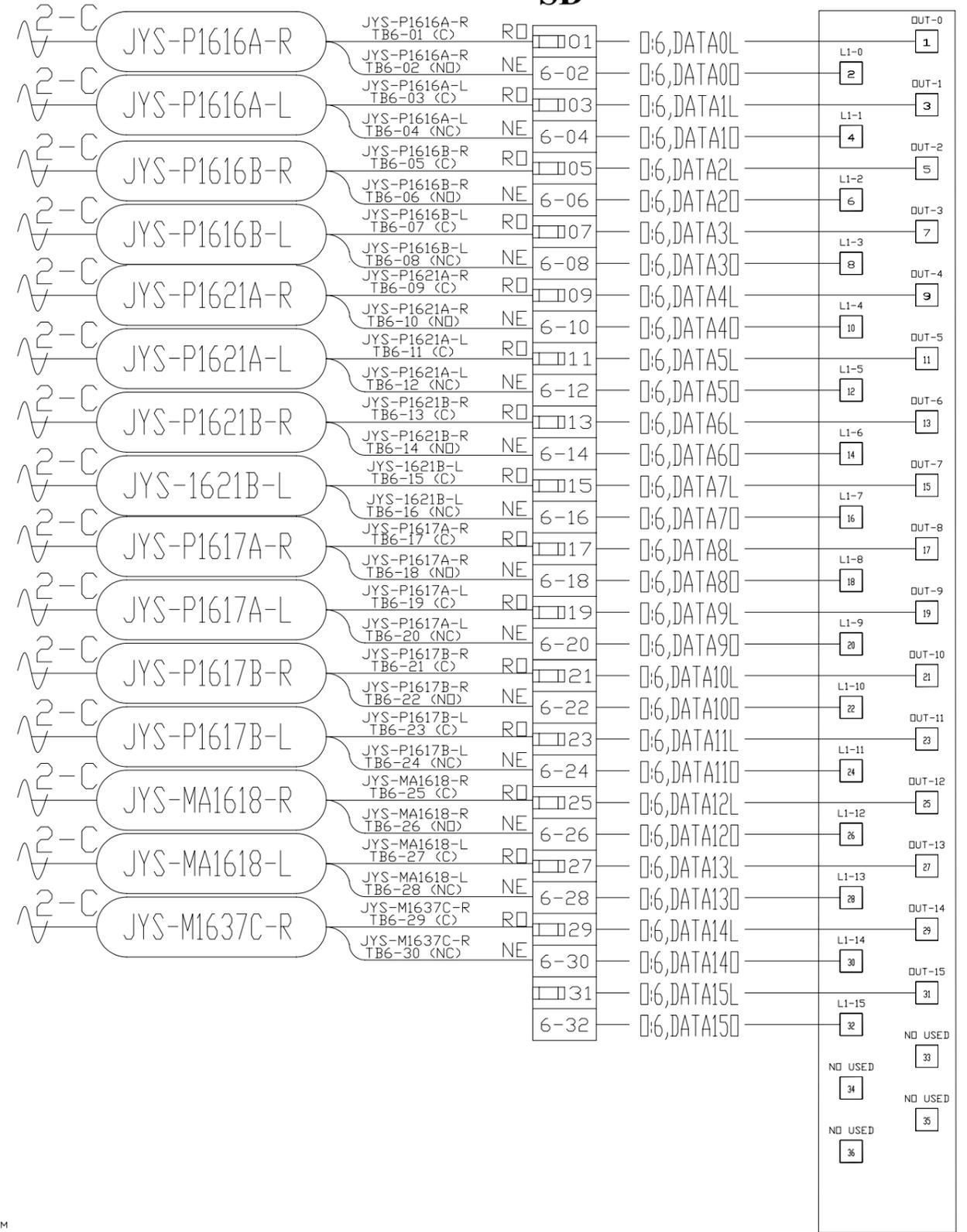
SLOT 04
1756-IB32
(ENTRADA DIGITAL)

(-) 24 VCC2 CDM TB0-25

**TB 5
SD**



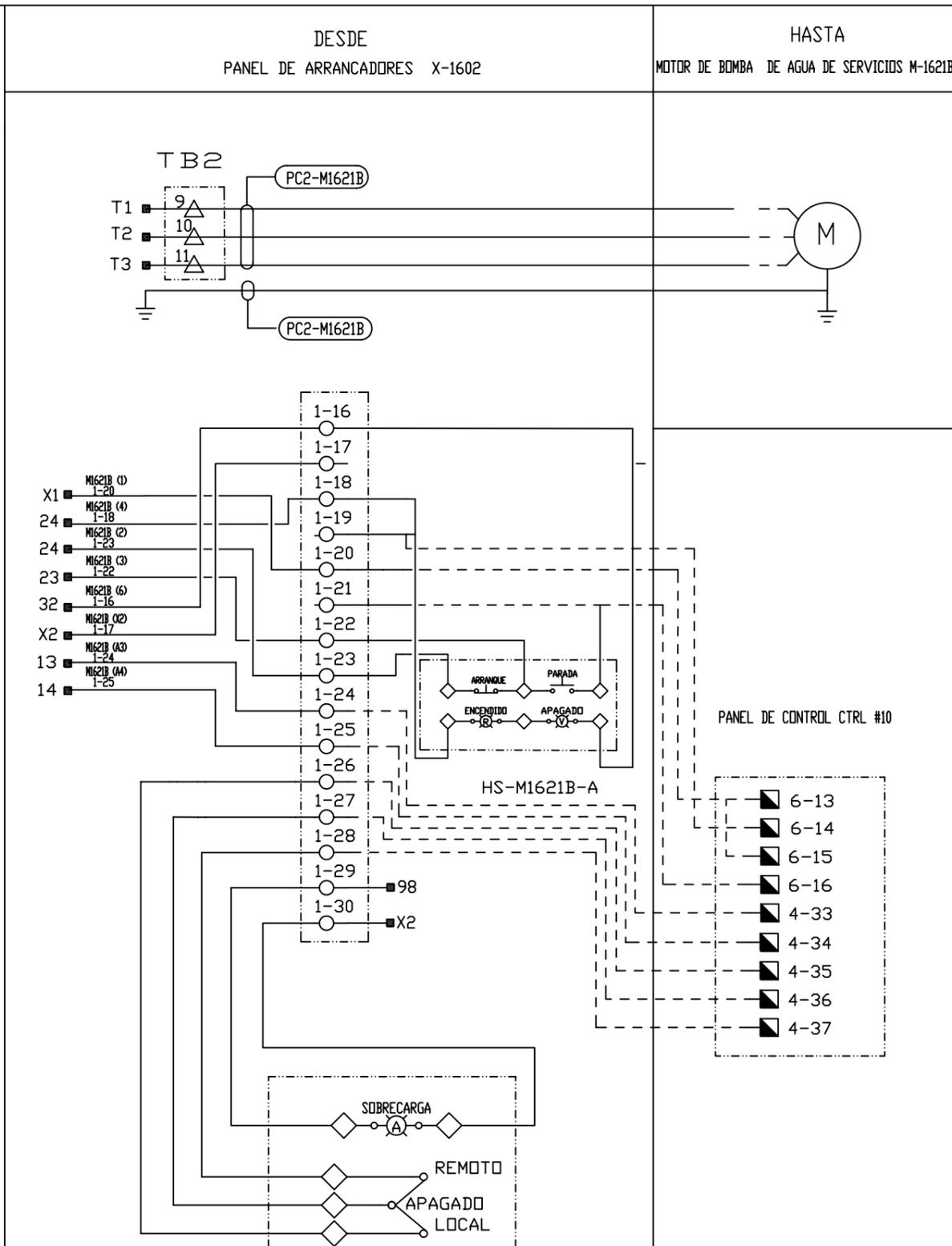
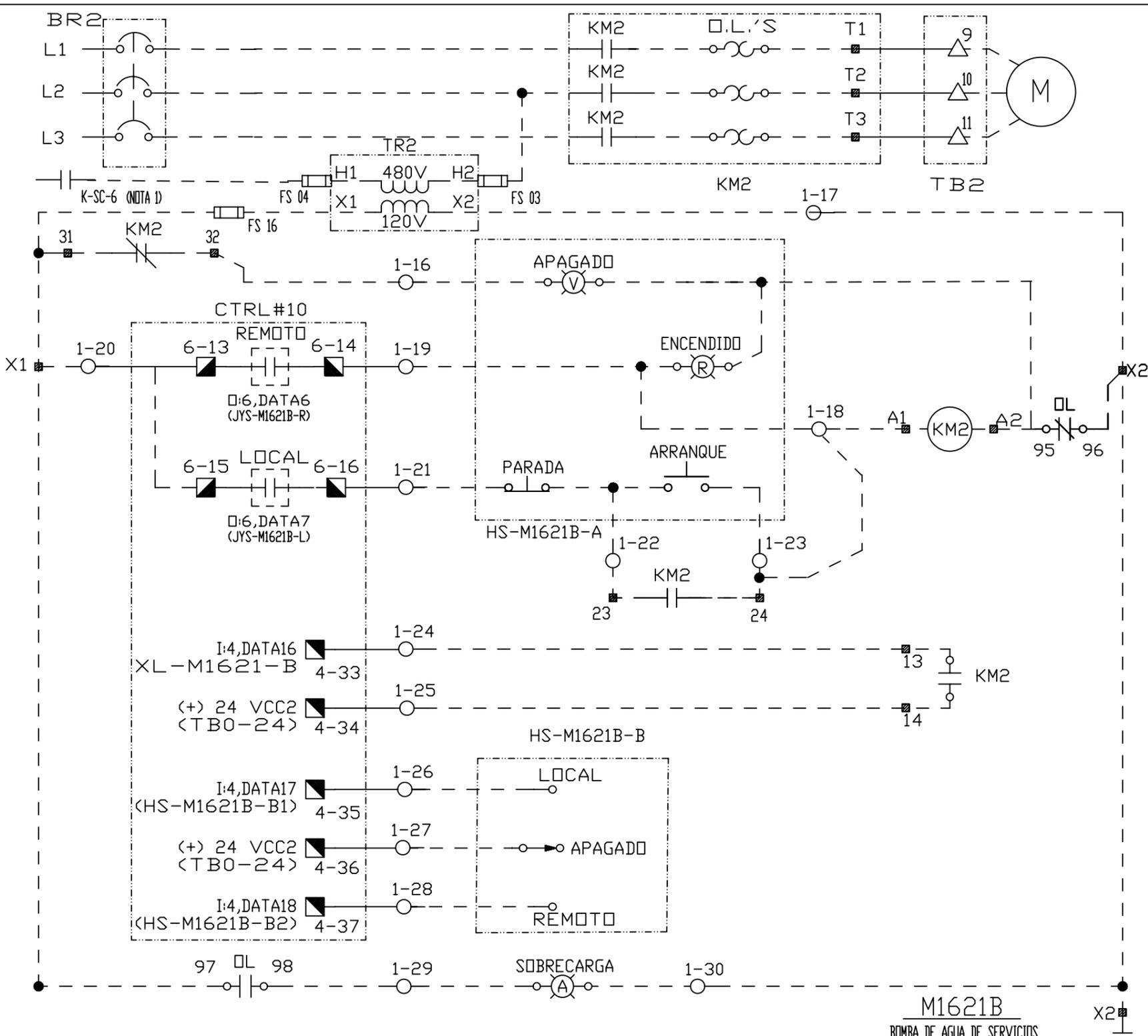
**TB 6
SD**



<F> VCA3 COM
TBO-10

ANEXO 13

DIAGRAMAS ESQUEMATICOS DE MOTORES



CONTROL DEL DISPOSITIVO LOCAL

- △ PUNTO TERMINAL EN TB2
- UNIDAD TERMINAL DEL ARRANCADOR
- SWITCH DE CONTROL TERM. OR STARTER WIRE JUNCTION
- ◇ PANEL LOCAL
- ▣ PLC TERMINAL

DATOS DEL MOTOR

H.P. 20

SIZE _____

DATOS DE UNIDAD DEL ARRANCADOR

LOC. X-1602

UNIT NO. _____

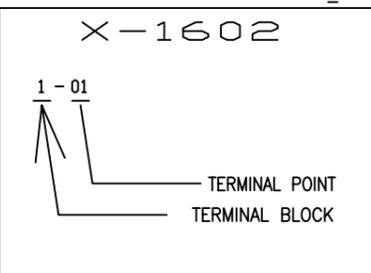
NOTAS

— = FIELD WIRING

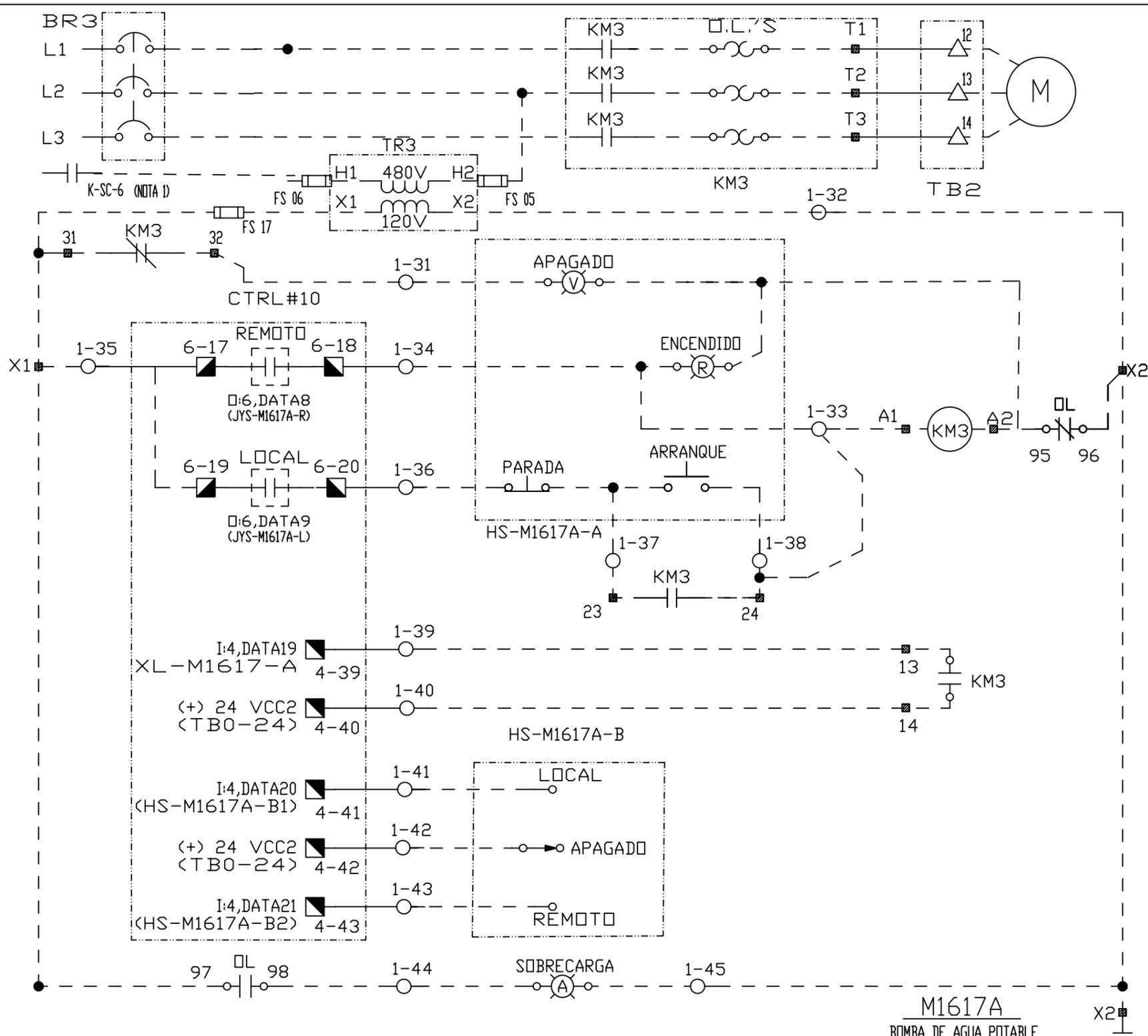
- - - = INTERNAL WIRING

▣ = PLC COMMAND OUTPUT

○ = PLC LOGIC INPUT



(VER DWG 1111101-20-012-PC-1-AZ059-HT01)



M1617A
BOMBA DE AGUA POTABLE

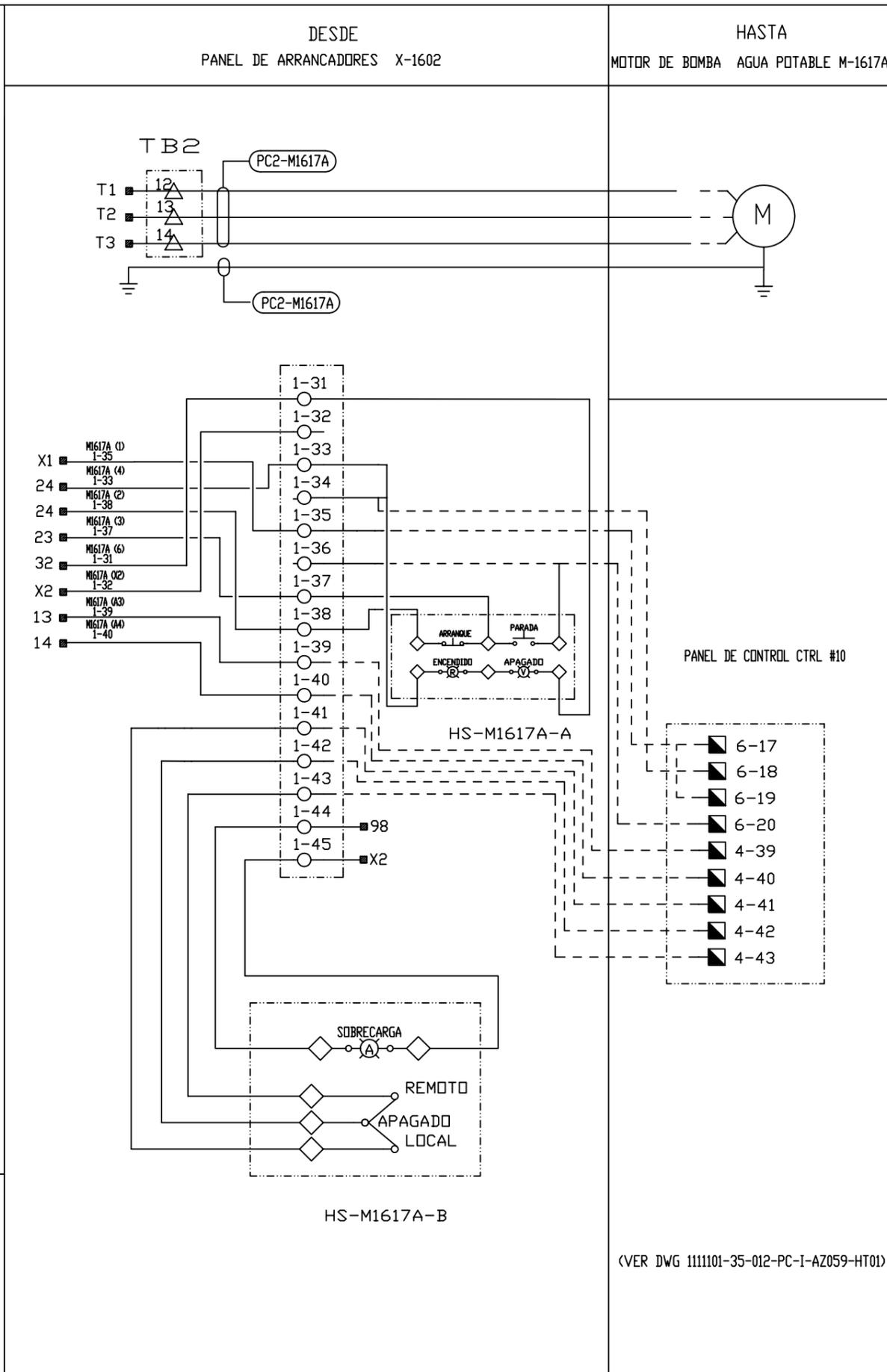
CONTROL DEL DISPOSITIVO LOCAL
 △ PUNTO TERMINAL EN TB2
 ■ UNIDAD TERMINAL DEL ARRANCADOR
 ● SWITCH DE CONTROL TERM. OR STARTER WIRE JUNCTION
 ◇ PANEL LOCAL
 ▣ PLC TERMINAL

DATOS DEL MOTOR
 H.P. 20
 SIZE

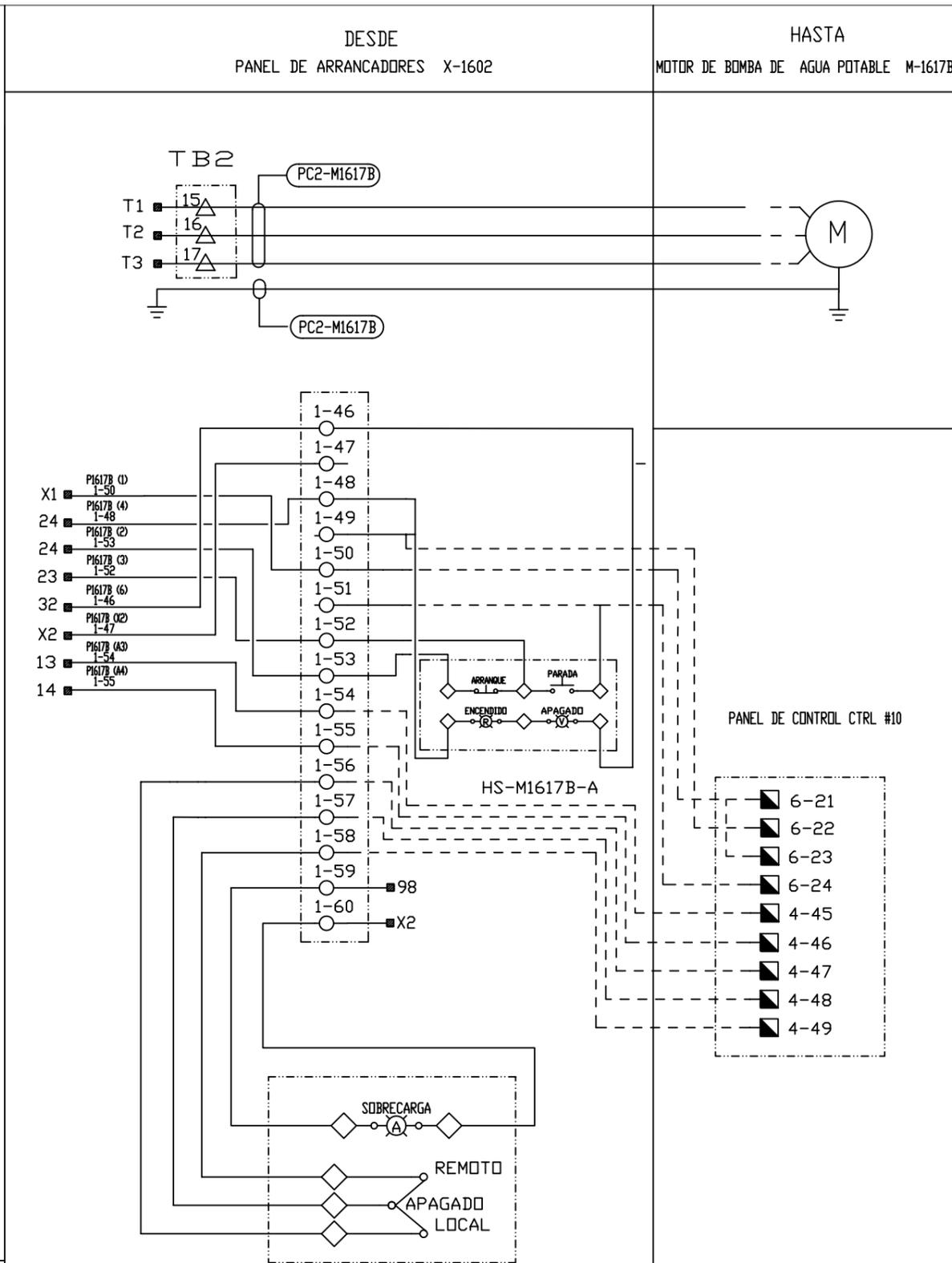
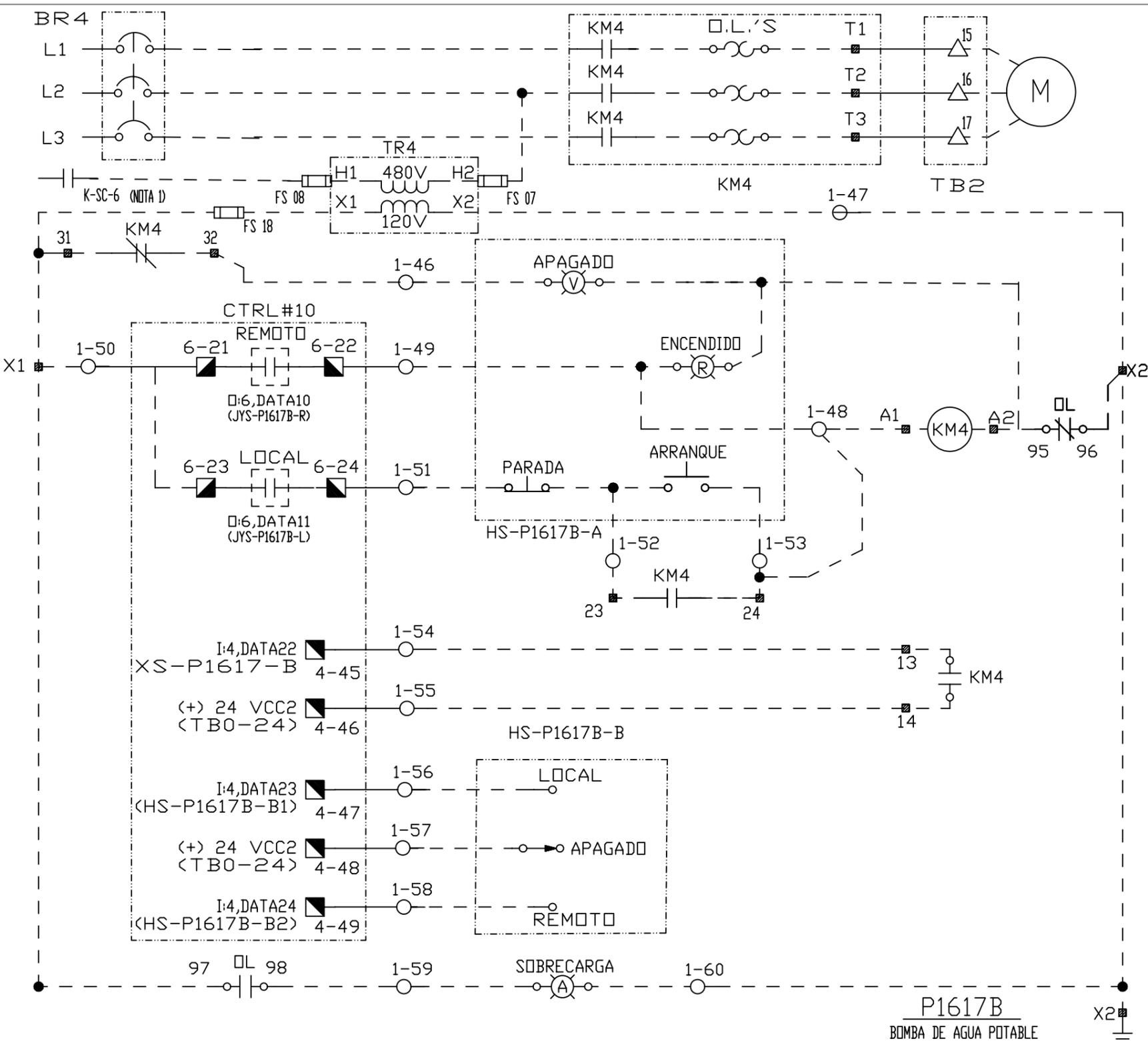
DATOS DE UNIDAD DEL ARRANCADOR
 LOC. X-1602
 UNIT NO.

NOTAS
 — = FIELD WIRING
 - - = INTERNAL WIRING
 □ = PLC COMMAND OUTPUT
 ○ = PLC LOGIC INPUT

X-1602 INSIDE
 1-01
 ——— TERMINAL POINT
 ——— TERMINAL BLOCK

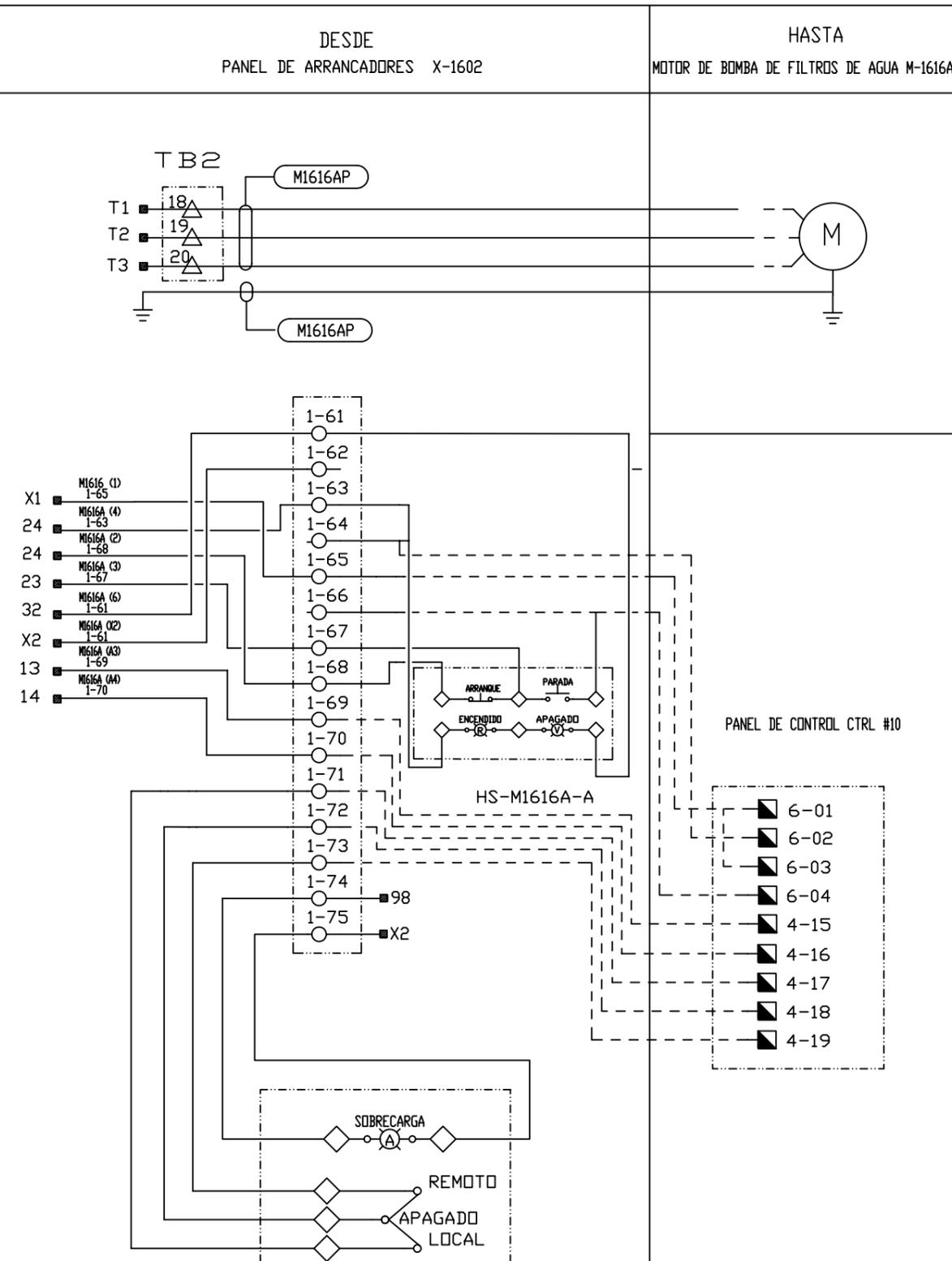
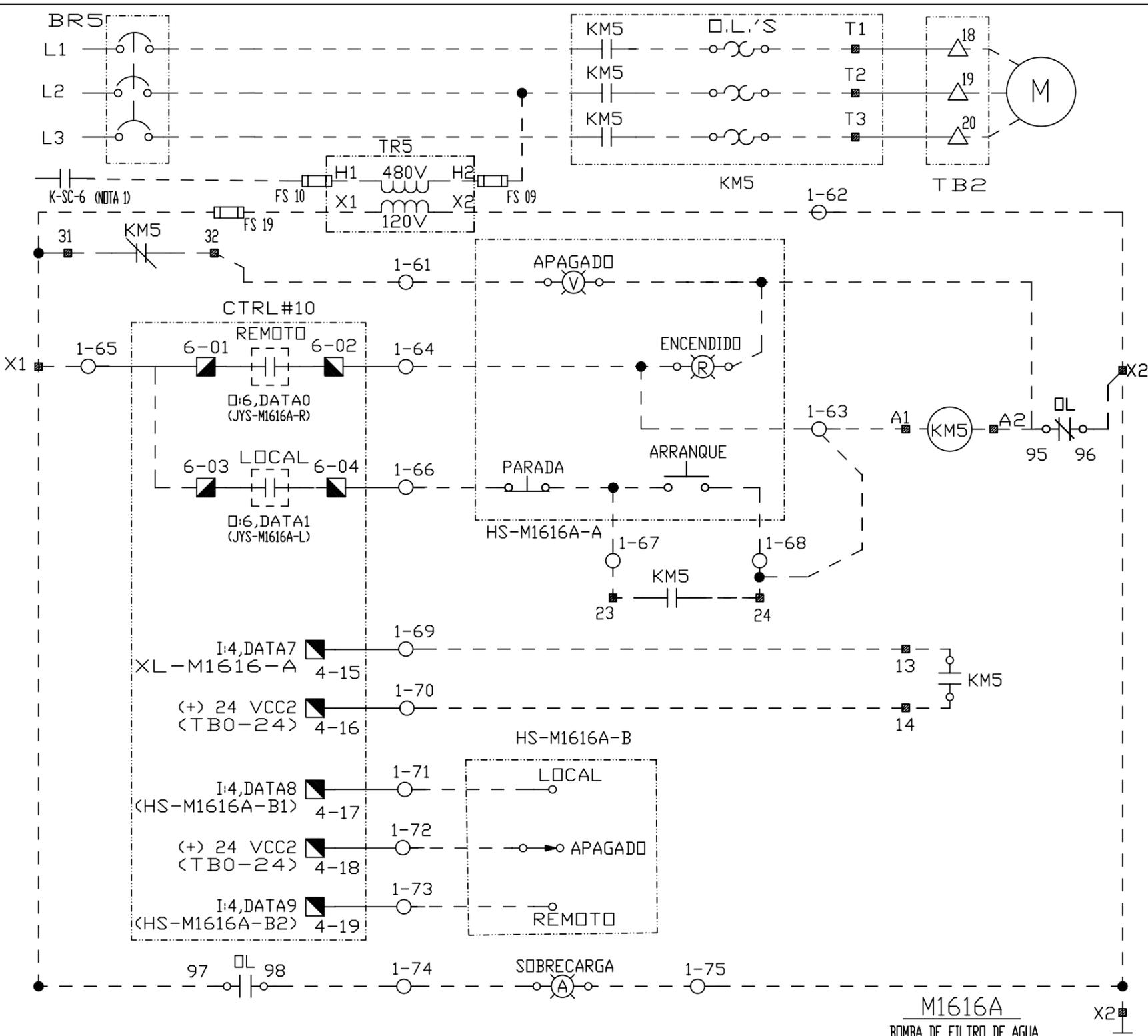


(VER DWG 1111101-35-012-PC-I-AZ059-HT01)



<p>CONTROL DEL DISPOSITIVO LOCAL</p> <ul style="list-style-type: none"> △ PUNTO TERMINAL EN TB2 ■ UNIDAD TERMINAL DEL ARRANCADOR ● SWITCH DE CONTROL TERM. OR STARTER WIRE JUNCTION ◇ PANEL LOCAL ▣ PLC TERMINAL 	<p>DATOS DEL MOTOR</p> <p>H.P. <u>20</u></p> <p>SIZE _____</p>	<p>DATOS DE UNIDAD DEL ARRANCADOR</p> <p>LOC. <u>X-1602</u></p> <p>UNIT NO. _____</p>	<p>NOTAS</p> <p>— = FIELD WIRING</p> <p>- - - = INTERNAL WIRING</p> <p>▣ = PLC COMMAND OUTPUT</p> <p>○ = PLC LOGIC INPUT</p>	<p>X-1602 INSIDE</p> <p>1-01</p> <p>— TERMINAL POINT</p> <p>— TERMINAL BLOCK</p>
--	---	--	---	---

(VER DWG 1111101-50-012-PC-1-AZ059-HT01)



CONTROL DEL DISPOSITIVO LOCAL
 △ PUNTO TERMINAL EN TB2
 ■ UNIDAD TERMINAL DEL ARRANCADOR
 ● SWITCH DE CONTROL TERM. OR STARTER WIRE JUNCTION
 ◇ PANEL LOCAL
 ▣ PLC TERMINAL

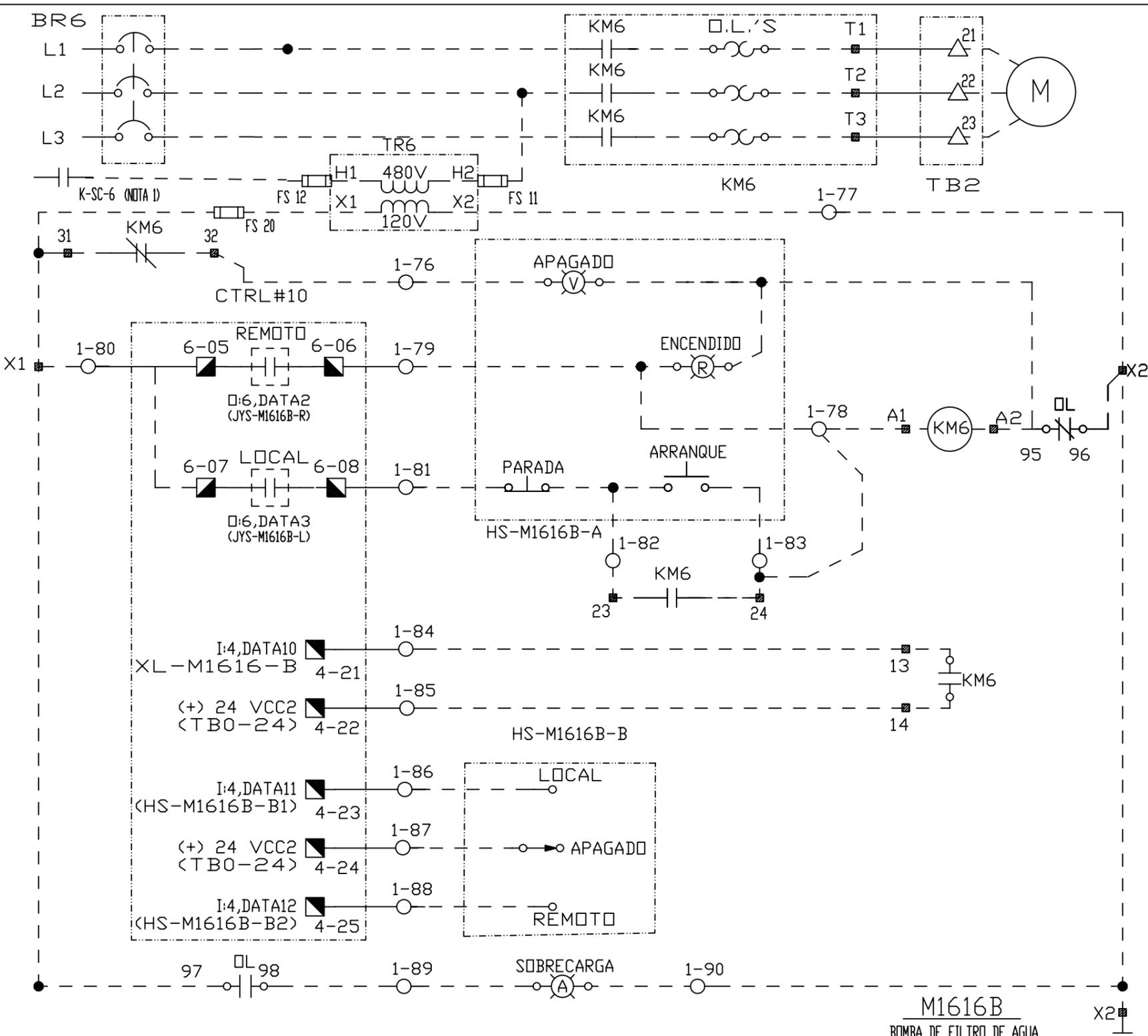
DATOS DEL MOTOR
 H.P. 10
 SIZE _____

DATOS DE UNIDAD DEL ARRANCADOR
 LOC. _____
 UNIT NO. _____

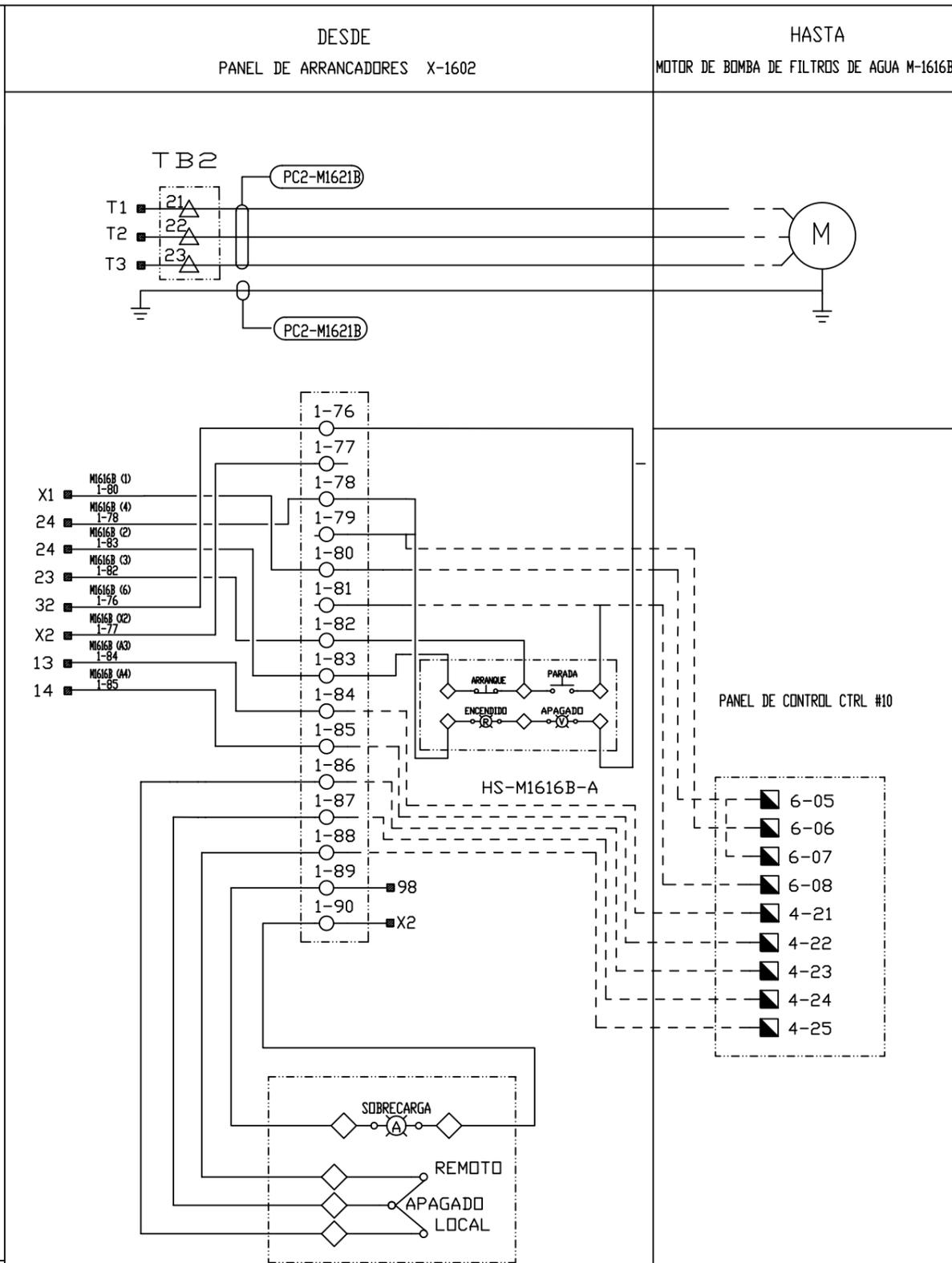
NOTAS
 — = FIELD WIRING
 - - = INTERNAL WIRING
 □ = PLC COMMAND OUTPUT
 ○ = PLC LOGIC INPUT

X-1602
 1-01
 ——— TERMINAL POINT
 ——— TERMINAL BLOCK

(VER DWG 1111101-65-012-PC-I-AZ059-HT01)



M1616B
BOMBA DE FILTRO DE AGUA



DESDE
PANEL DE ARRANCADORES X-1602

HASTA
MOTOR DE BOMBA DE FILTROS DE AGUA M-1616B

CONTROL DEL DISPOSITIVO LOCAL
 △ PUNTO TERMINAL EN TB2
 ■ UNIDAD TERMINAL DEL ARRANCADOR
 ● SWITCH DE CONTROL TERM. OR STARTER WIRE JUNCTION
 ◇ PANEL LOCAL
 ▣ PLC TERMINAL

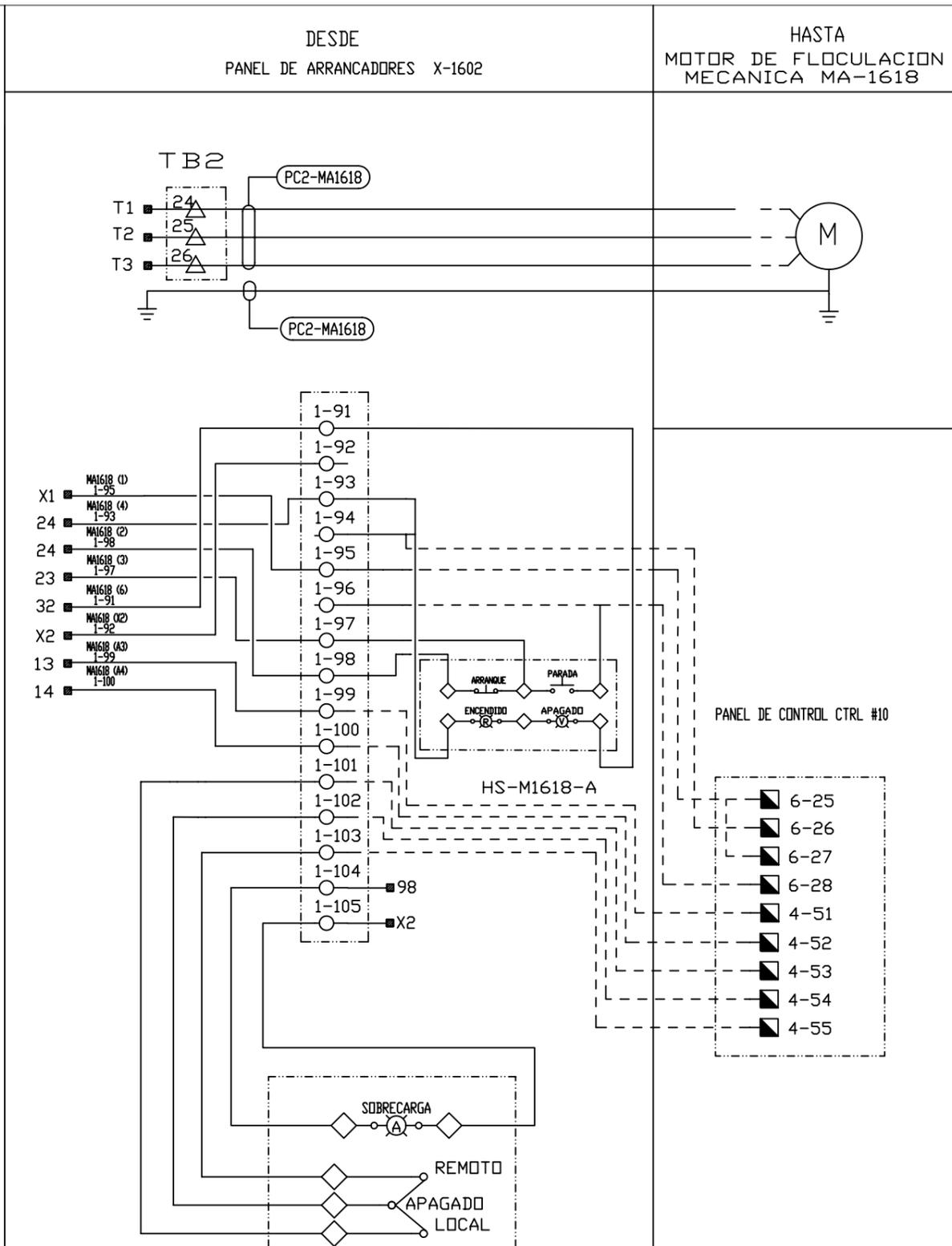
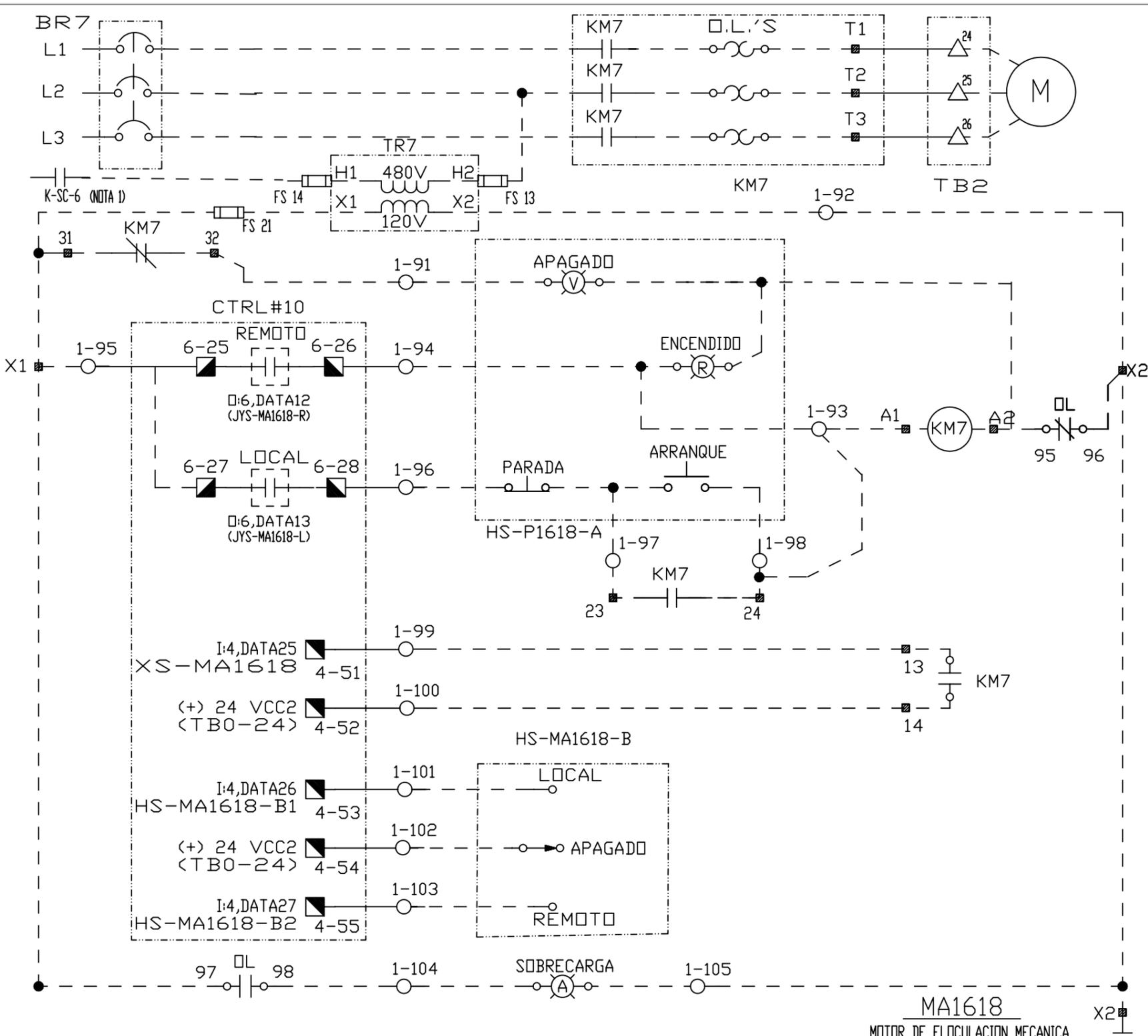
DATOS DEL MOTOR
 H.P. 10
 SIZE

DATOS DE UNIDAD DEL ARRANCADOR
 LOC. X-1602
 UNIT NO.

NOTAS
 — = FIELD WIRING
 - - = INTERNAL WIRING
 □ = PLC COMMAND OUTPUT
 ○ = PLC LOGIC INPUT

X-1602 INSIDE
 1-01
 ——— TERMINAL POINT
 ——— TERMINAL BLOCK

(VER DWG 1111101-80-012-PC-1-AZ059-HT01)



<p>CONTROL DEL DISPOSITIVO LOCAL</p> <ul style="list-style-type: none"> △ PUNTO TERMINAL EN TB2 ■ UNIDAD TERMINAL DEL ARRANCADOR ● SWITCH DE CONTROL TERM. OR STARTER WIRE JUNCTION ◇ PANEL LOCAL ▣ RTP TERMINAL 	<p>DATOS DEL MOTOR</p> <p>H.P. <u>3/4</u></p> <p>SIZE _____</p>	<p>DATOS DE UNIDAD DEL ARRANCADOR</p> <p>LOC. <u>1/R</u></p> <p>UNIT NO. _____</p>	<p>NOTAS</p> <p>— = FIELD WIRING</p> <p>- - - = INTERNAL WIRING</p> <p>□ = PLC COMMAND OUTPUT</p> <p>○ = PLC LOGIC INPUT</p>	<p>LP-X 1602 INSIDE</p> <p>1-01</p> <p>— TERMINAL POINT</p> <p>— TERMINAL BLOCK</p>
--	--	---	---	--

(VER DWG 1111101-95-012-PC-I-AZ059-HT01)

ANEXO 14

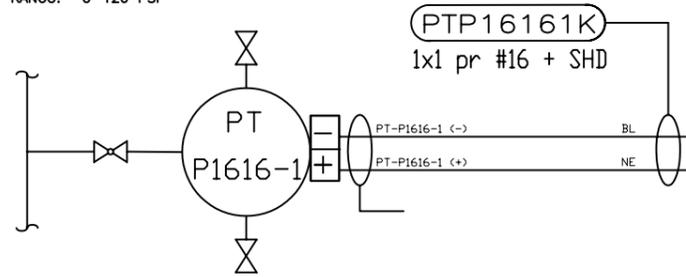
DIAGRAMAS DE LAZO PARA INSTRUMENTOS ANALOGOS

INSTRUMENTO DE CAMPO

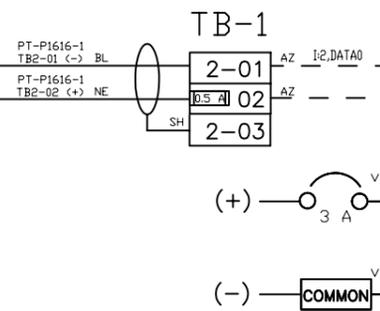
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

TRANSMISOR DE PRESION
 MARCA: ABB
 MODELO: 264HSPSBA1L112N2C1
 RANGO: 0-120 PSI

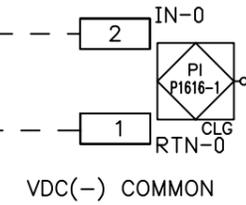


24 VDC



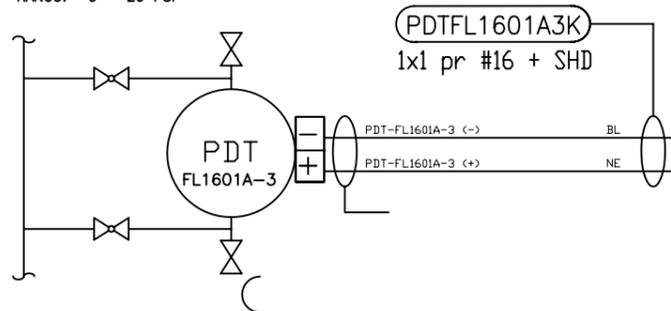
TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16

PT-P1616-1

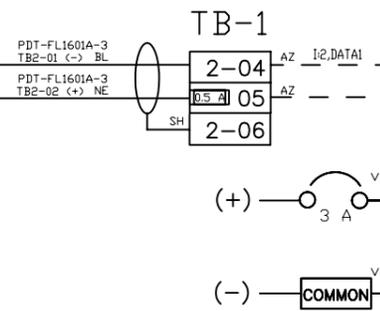


PAH SET @ 100 PSI
 PAL SET @ 40 PSI
 BPCS

TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSMSSB1A1V1L1B112N2C1
 RANGO: 0 - 20 PSI

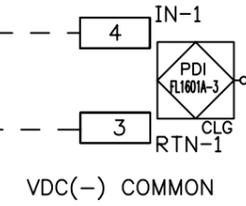


BORNERAS



TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16

PDT-FL1601A-3



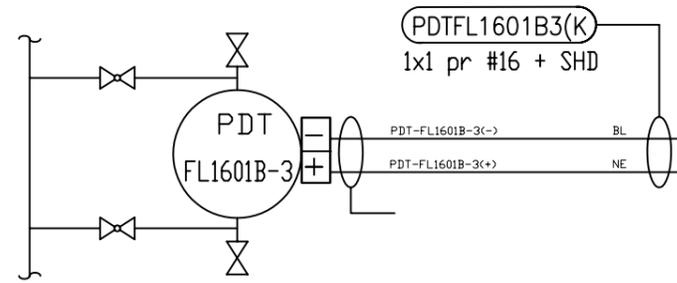
PDAH SET @ 12 PSI
 BPCS

INSTRUMENTO DE CAMPO

PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

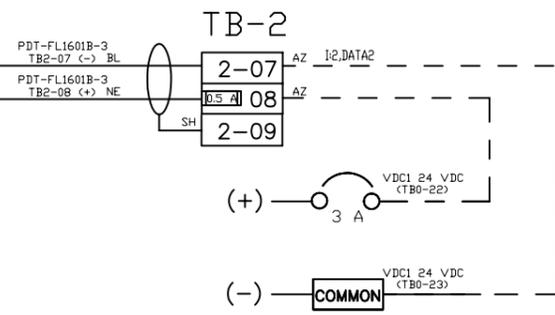
CONSOLA (ESTACION DELTA V)

TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSMSSB1A1V1L1B1I2N2C1
 RANGO: 0 - 20 PSI

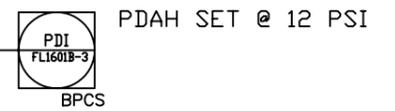
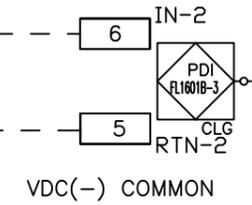


BORNERAS

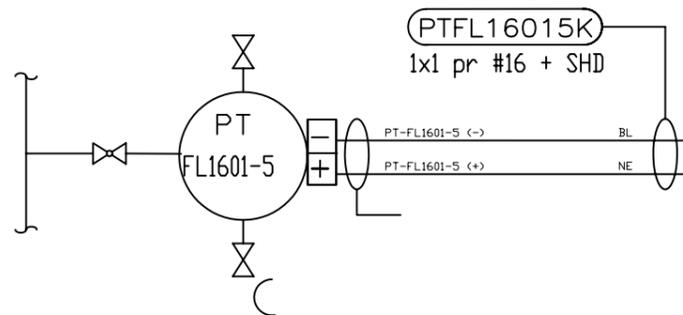
TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16



PDT-FL1601B-3

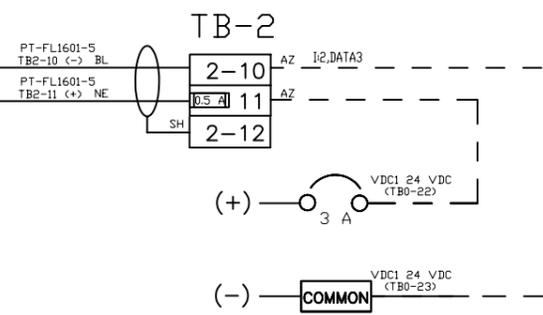


TRANSMISOR DE PRESION
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSMSSB1A1V1L1B1I2N2C1
 RANGO: 0-120 PSI

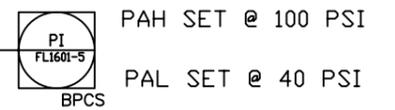
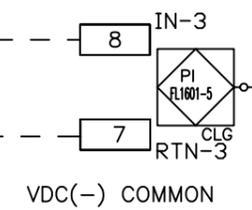


BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16



PT-FL1601-5

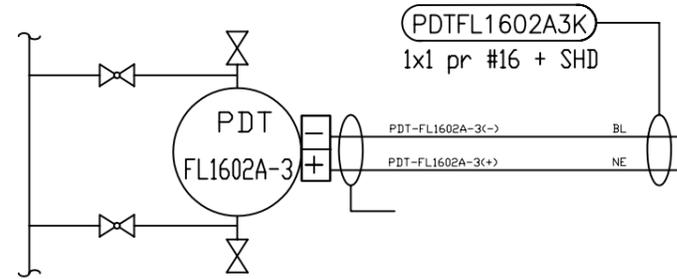


INSTRUMENTO DE CAMPO

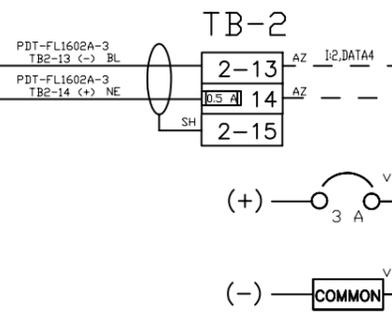
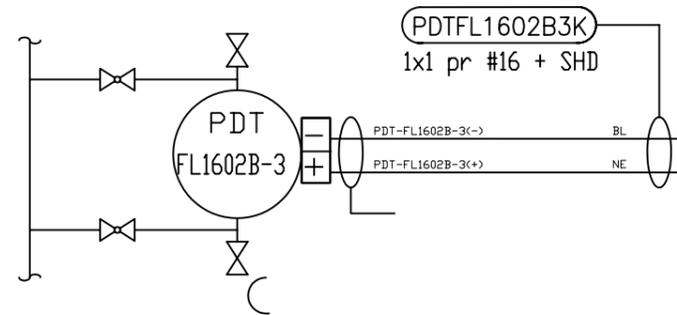
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSMSSB1A1V1L1B1I2N2C1
 RANGO: 0 - 20 PSI

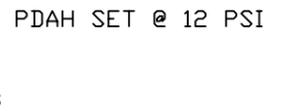
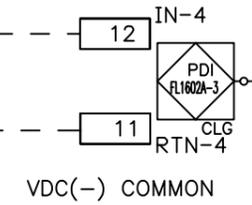


TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSMSSB1A1V1L1B1I2N2C1
 RANGO: 0 - 20 PSI



TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16

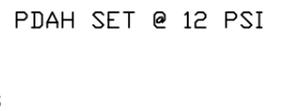
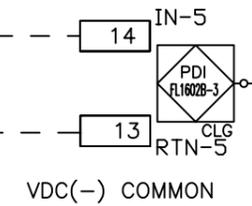
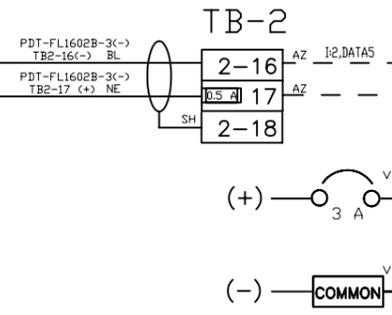
PDT-FL1602A-3



BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16

PDT-FL1602B-3

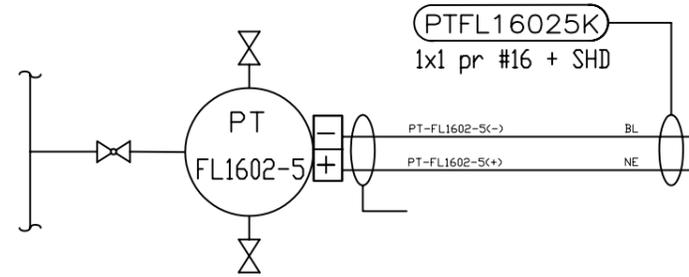


INSTRUMENTO DE CAMPO

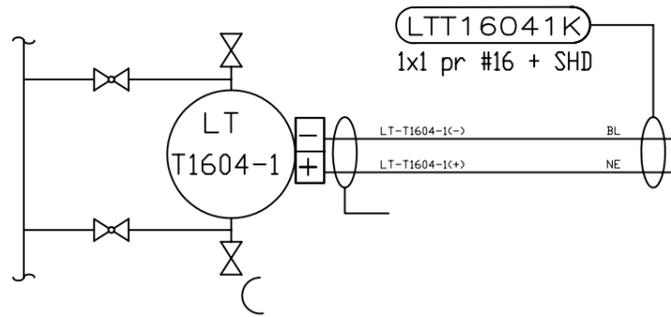
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

TRANSMISOR DE PRESION
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSMSSB1A1V1L1B1I2N2C1
 RANGO: 0 - 120 PSI

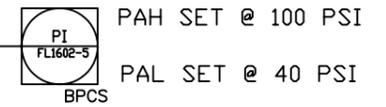
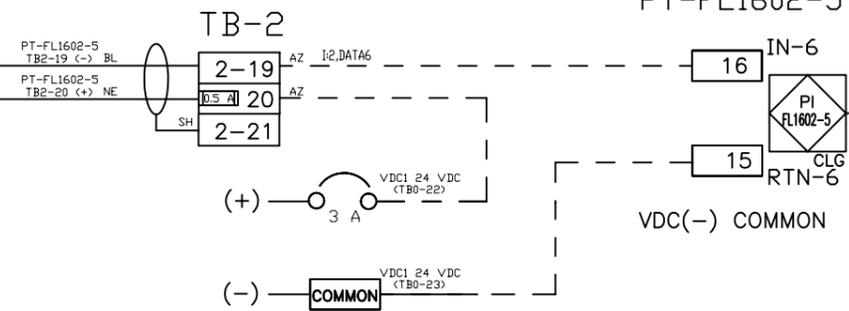


TRANSMISOR DE NIVEL
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSGSSB1A1V1L1B1I2N2C1
 RANGO: 0 - 220 IN



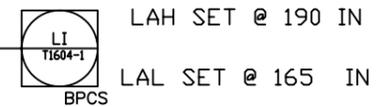
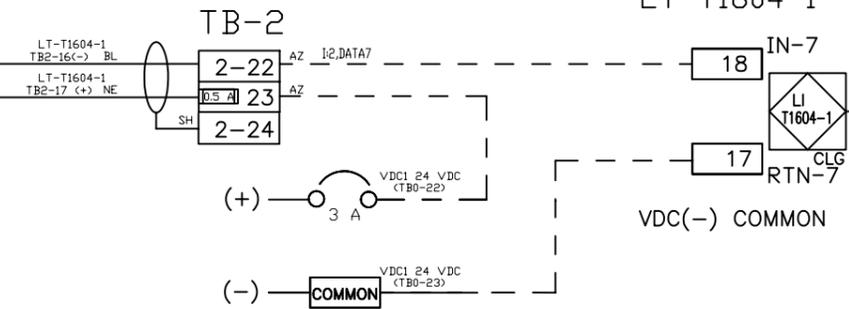
BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16



BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16

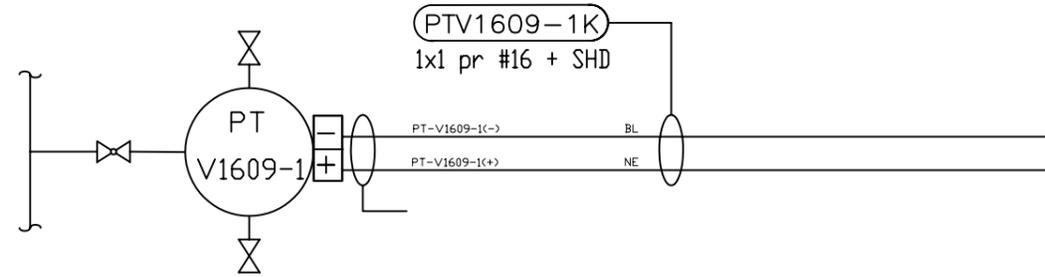


INSTRUMENTO DE CAMPO

PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

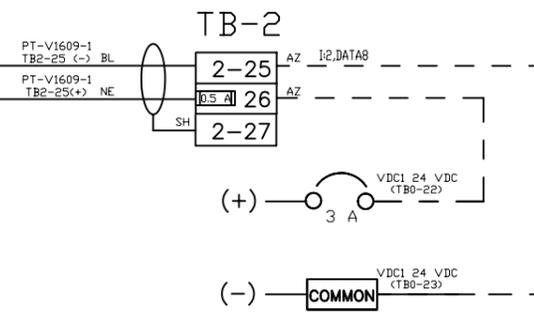
CONSOLA (ESTACION DELTA V)

TRANSMISOR DE PRESION
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSMSSB1A1V1L1B112N2C1
 RANGO: 0 - 150 PSI

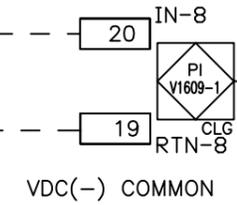


TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16

BORNERAS

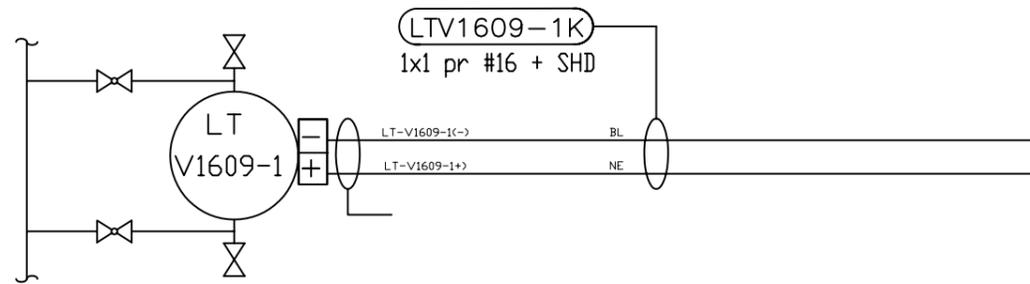


PT-V1609-1



PAH SET @ 100 PSI
 PAL SET @ 85 PSI

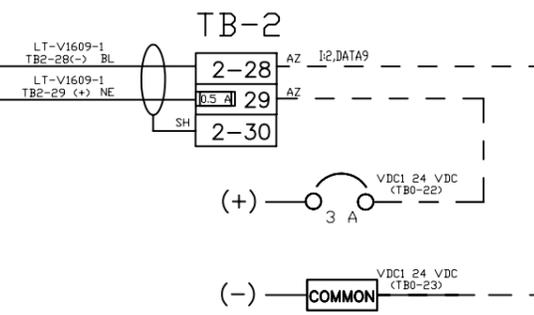
TRANSMISOR DE NIVEL
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSGSSB1A1V1L1B112N2C1
 RANGO: 0 - 160 IN



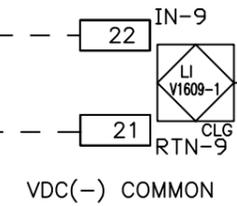
TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16

BORNERAS

24 VDC



LT-V1609-1



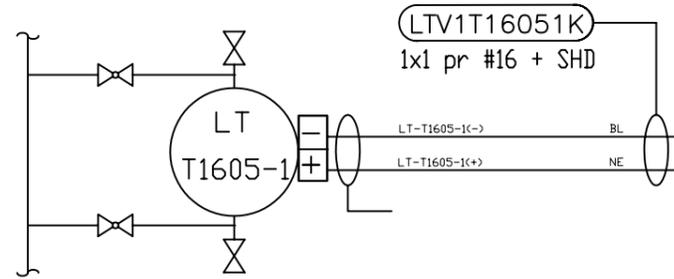
LAH SET @ 120 IN
 LAL SET @ 110 IN

INSTRUMENTO DE CAMPO

PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

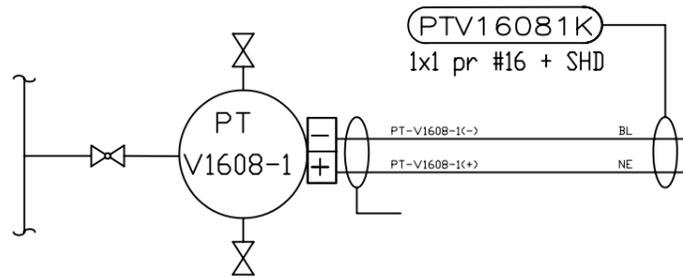
CONSOLA (ESTACION DELTA V)

TRANSMISOR DE NIVEL
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSGSSB1A1V1L1B1I2N2C1
 RANGO: 0- 200 IN



LTV1T16051K
 1x1 pr #16 + SHD

TRANSMISOR DE PRESION
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSMSSB1A1V1L1B1I2N2C1
 RANGO: 0 - 150 PSI



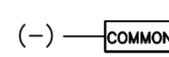
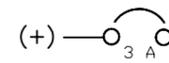
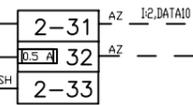
PTV16081K
 1x1 pr #16 + SHD

BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16

LT-T1605-1
 TB2-31 (-) BL
 LT-T1605-1
 TB2-32 (+) NE

TB-2

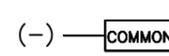
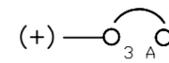
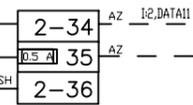


BORNERAS

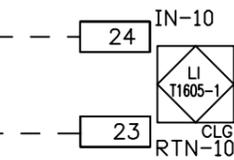
TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16

PT-V1608-1
 TB2-34 (-) BL
 PT-V1608-1
 TB2-35 (+) NE

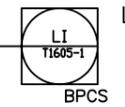
TB-2



LT-T1605-1



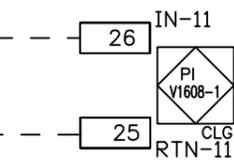
VDC(-) COMMON



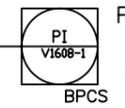
LAH SET @ 177 IN

PAL SET @ 152 IN

PT-V1608-1



VDC(-) COMMON



PAH SET @ 100 PSI

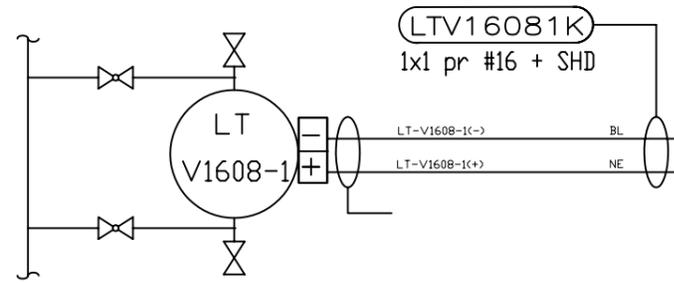
PAL SET @ 85 PSI

INSTRUMENTO DE CAMPO

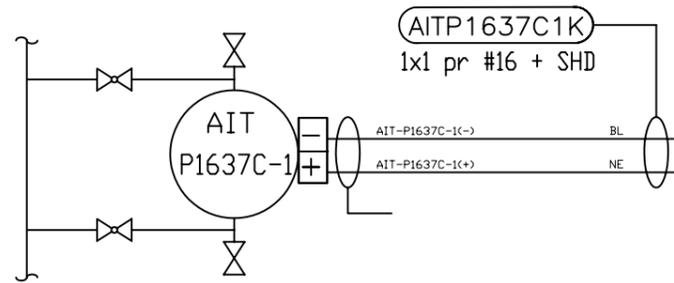
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

TRANSMISOR DE NIVEL
 MARCA: ABB
 MODELO: 264DSFSSB1A1V1L1B1I2N2C1
 RANGO: 0 - 160 IN

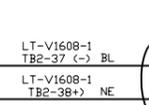


ANALIZADOR DE CLORO
 MARCA:
 MODELO:
 RANGO:

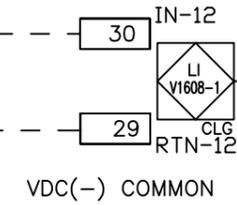


BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16



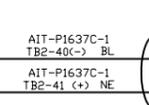
LT-V1608-1



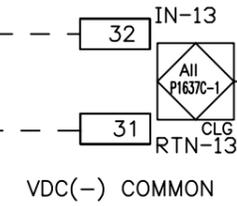
LAH SET @ 120 IN
 PAL SET @ 110 IN
 BPCS

BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 02
 1756-IF16



AIT-P1637C-1



AI1
 P1637C-1
 BPCS

ANEXO 15

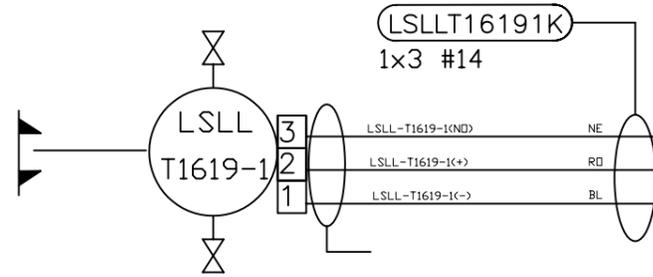
DIAGRAMAS DE LAZO PARA ENTRADAS DIGITALES

INSTRUMENTO DE CAMPO

PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

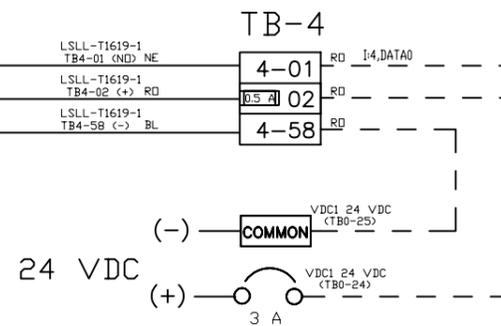
CONSOLA (ESTACION DELTA V)

SWITCH DE NIVEL
 MARCA: Endress Hauser
 MODELO: FTL20
 RANGO: > 0.7 g/cm3

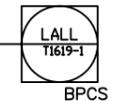
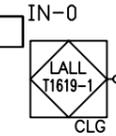


BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 04
 1756-IB32

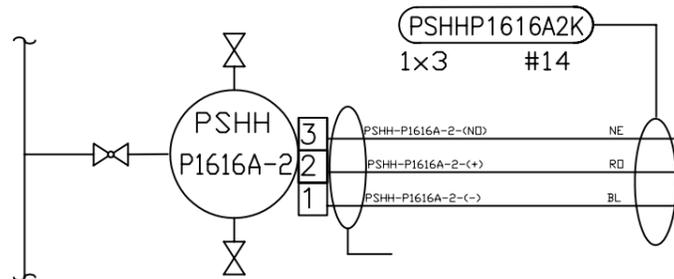


LSLL-T1619-1



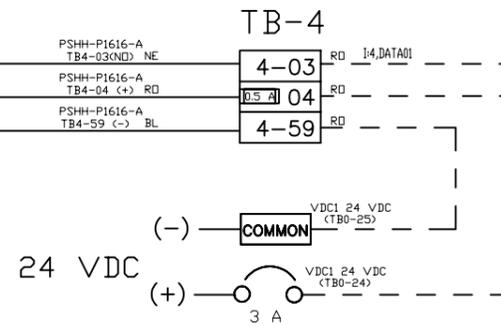
LALL SET @ 12 IN

SWITCH DE PRESION
 MARCA: Endress Hauser
 MODELO: PMP131
 RANGO: 0-150

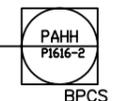
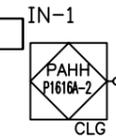


BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 04
 1756-IB32



PSHH-P1616A-2



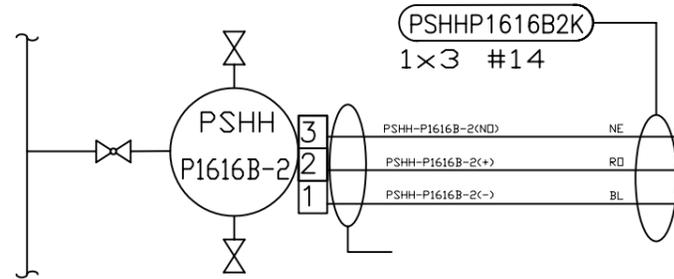
PAHH SET @ 75 PSI

INSTRUMENTO DE CAMPO

PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

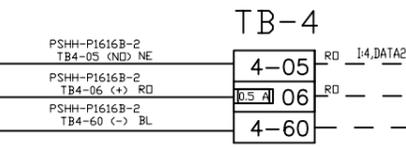
CONSOLA (ESTACION DELTA V)

SWITCH DE PRESION
 MARCA: Endress Hauser
 MODELO: PMP131
 RANGO: 0-150



BORNERAS

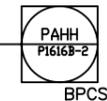
TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 04
 1756-IB32



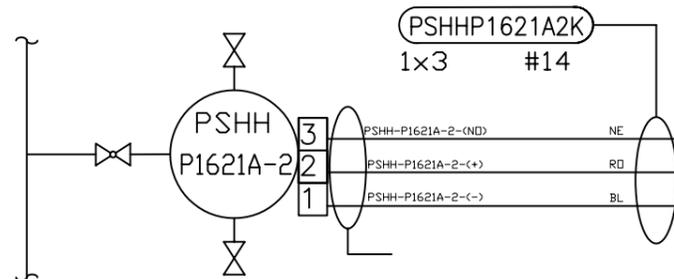
PSHH-P1616B-2



PAHH SET @ 75 PSI

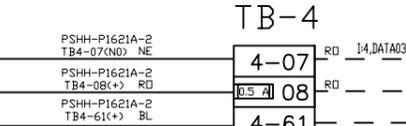


SWITCH DE PRESION
 MARCA: Endress Hauser
 MODELO: PMP131
 RANGO: 0-150



BORNERAS

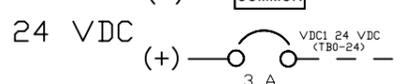
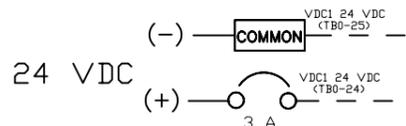
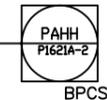
TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 04
 1756-IB32



PSHH-P1621A-2



PAHH SET @ 110 PSI

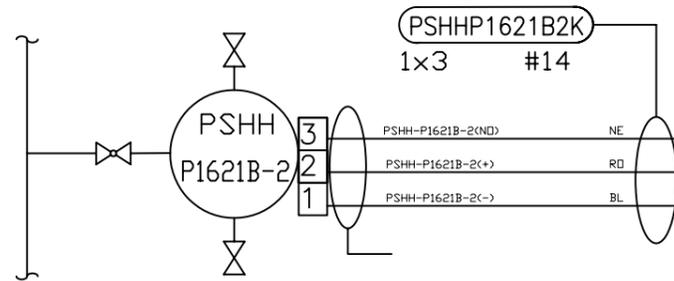


INSTRUMENTO DE CAMPO

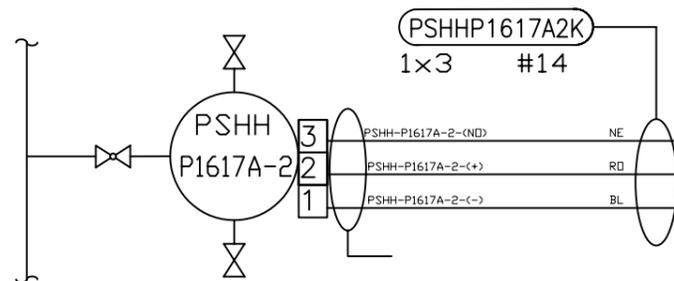
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

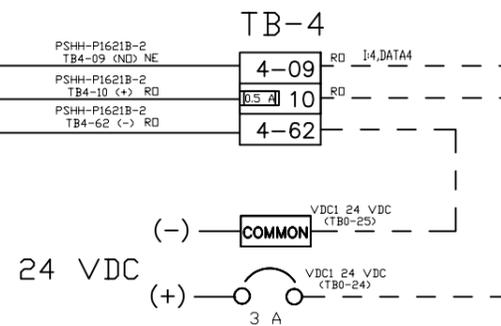
SWITCH DE PRESION
 MARCA: Endress Hauser
 MODELO: PMP131
 RANGO: 0-150



SWITCH DE PRESION
 MARCA: Endress Hauser
 MODELO: PMP131
 RANGO: 0-150



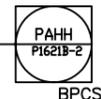
TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 04
 1756-IB32



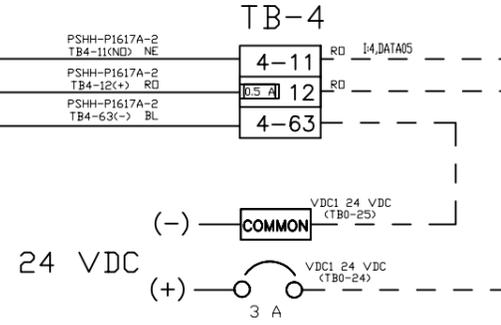
PSHH-P1621B-2



PAHH SET @ 110 PSI



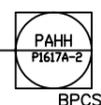
TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 04
 1756-IB32



PSHH-P1617A-2



PAHH SET @ 105 PSI

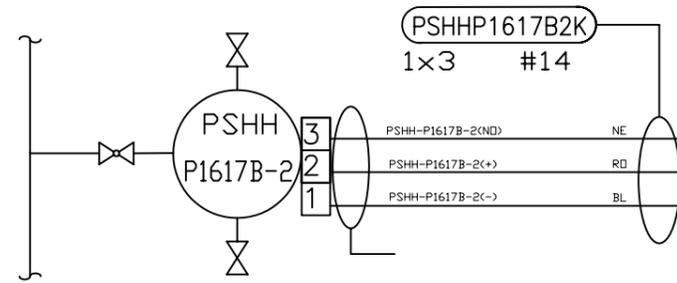


INSTRUMENTO DE CAMPO

PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

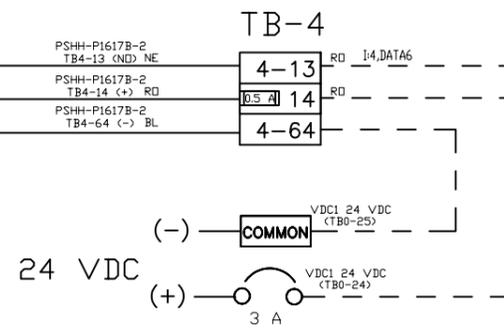
CONSOLA (ESTACION DELTA V)

SWITCH DE PRESION
MARCA: Endress Hauser
MODELO: PMP131
RANGO: 0-150

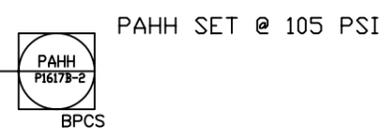
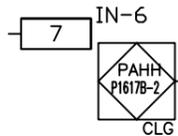


BORNERAS

TARJETAS DE I/O
CONTROL LOGIX
SLOT 04
1756-IB32



PSHH-P1617B-2



ANEXO 16

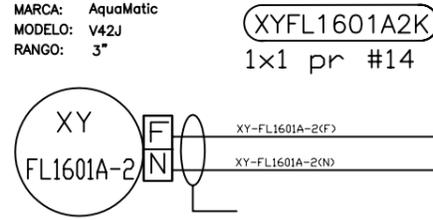
DIAGRAMAS DE LAZO PARA SALIDAS DIGITALES

INSTRUMENTO DE CAMPO

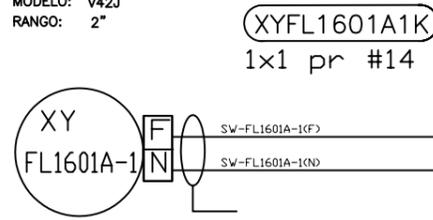
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 3"

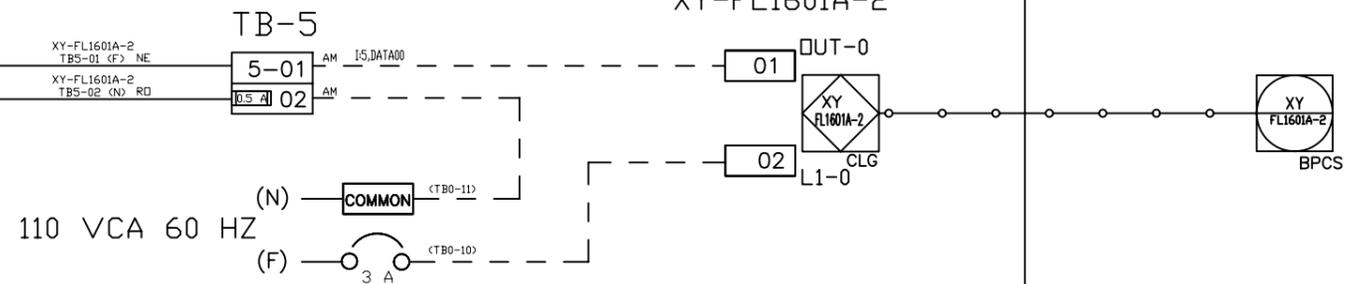


VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 2"



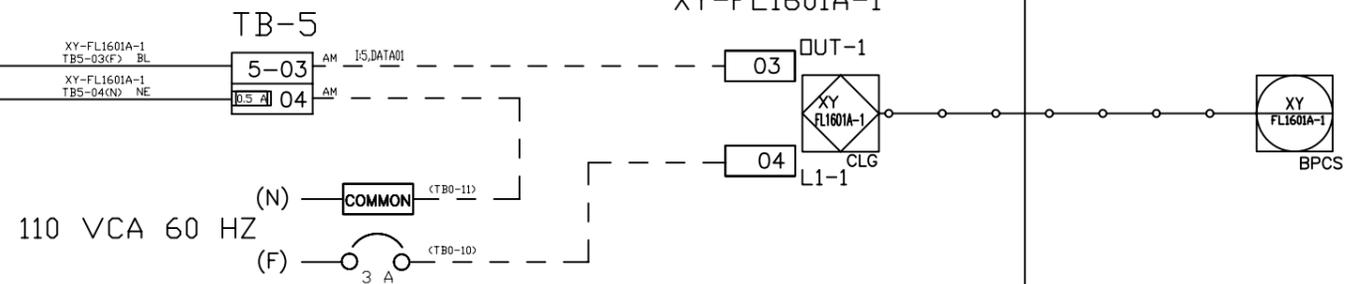
BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-QW16I



BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-QW16I

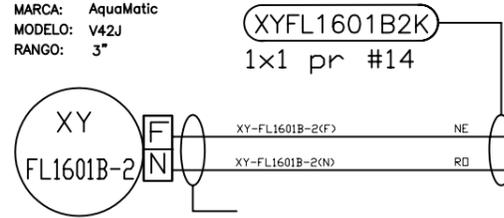


INSTRUMENTO DE CAMPO

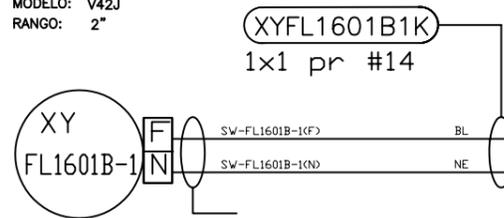
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 3"

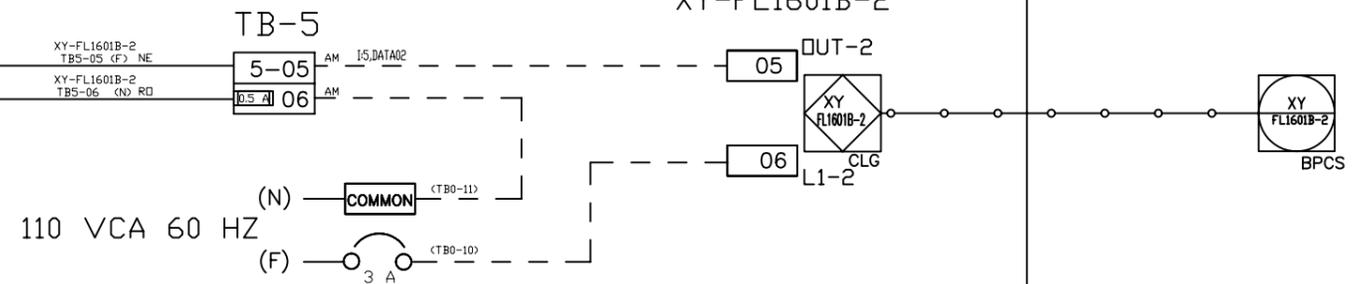


VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 2"



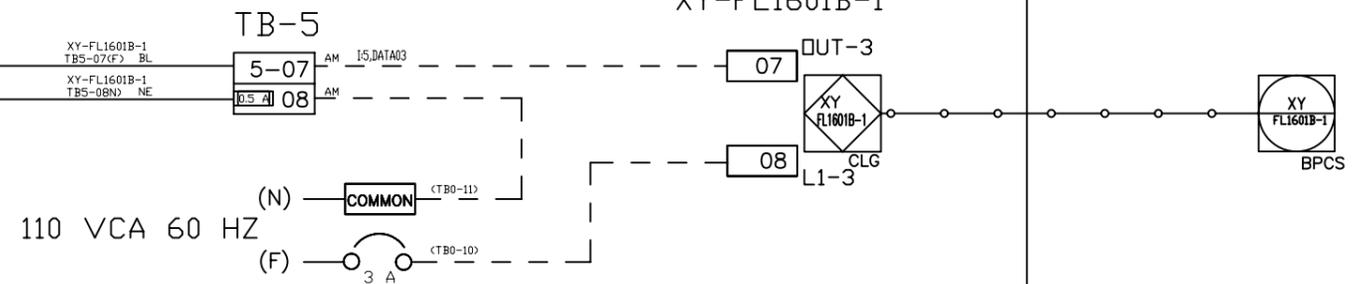
BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-DW16I



BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-DW16I

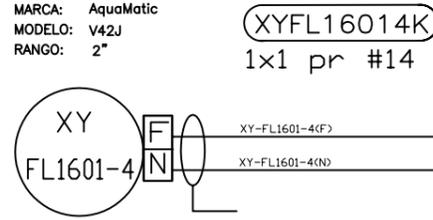


INSTRUMENTO DE CAMPO

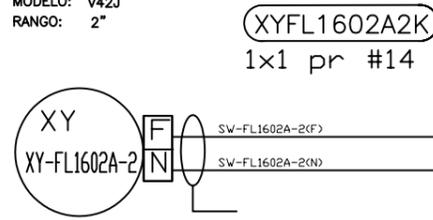
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 2"

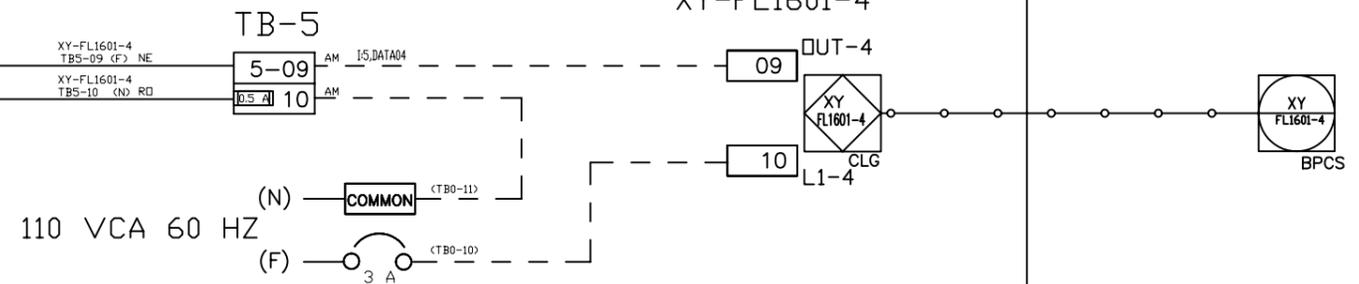


VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 2"

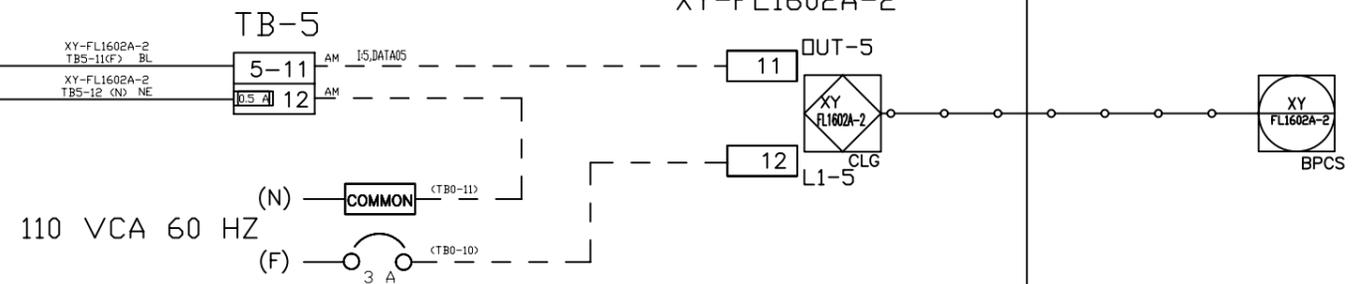


BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-0W16I



TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-0W16I

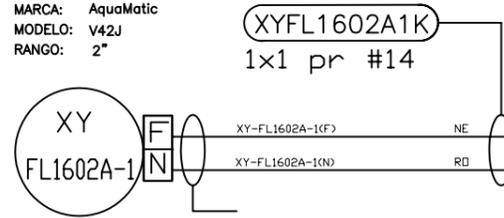


INSTRUMENTO DE CAMPO

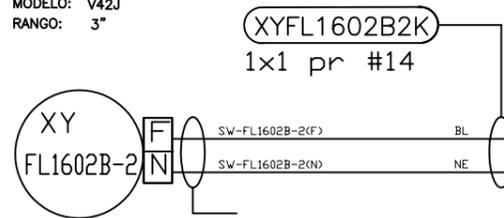
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 2"

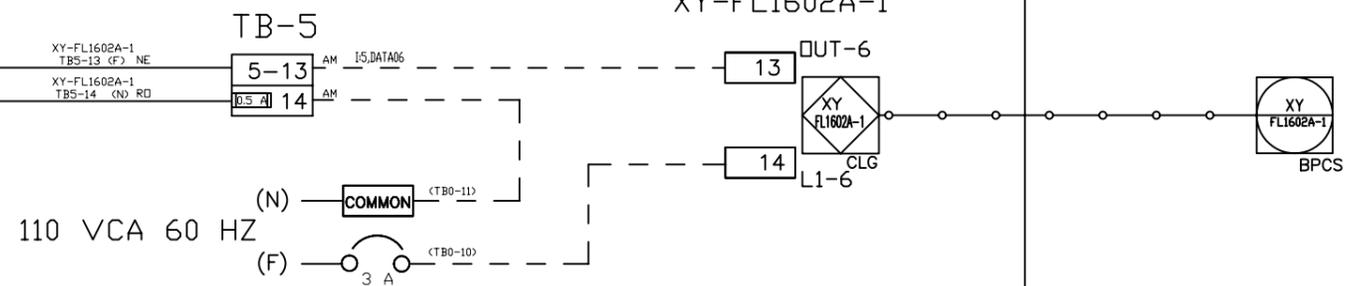


VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 3"



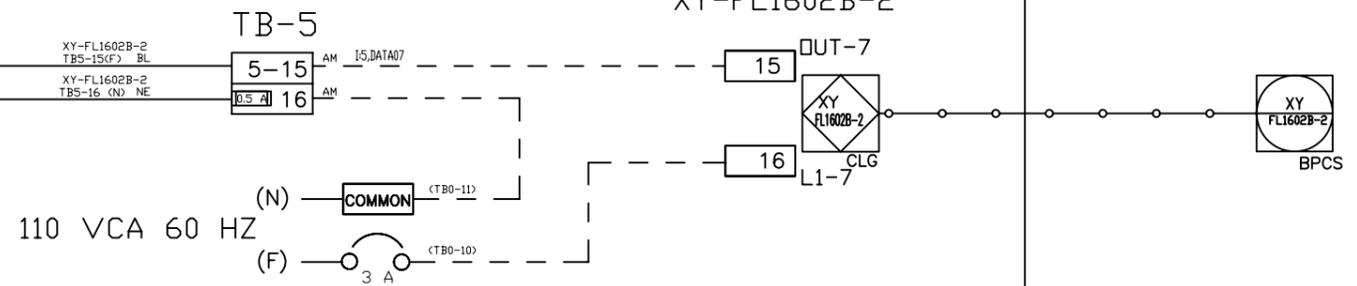
BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-QW16I



BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-QW16I

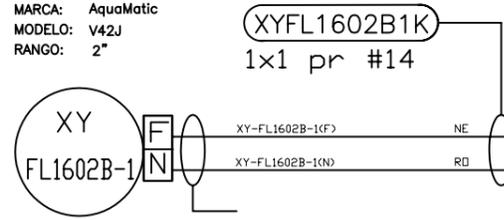


INSTRUMENTO DE CAMPO

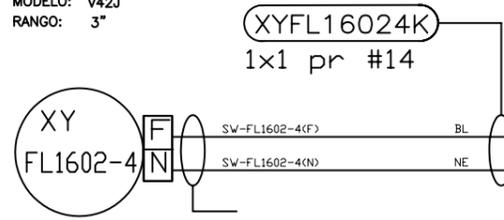
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 2"

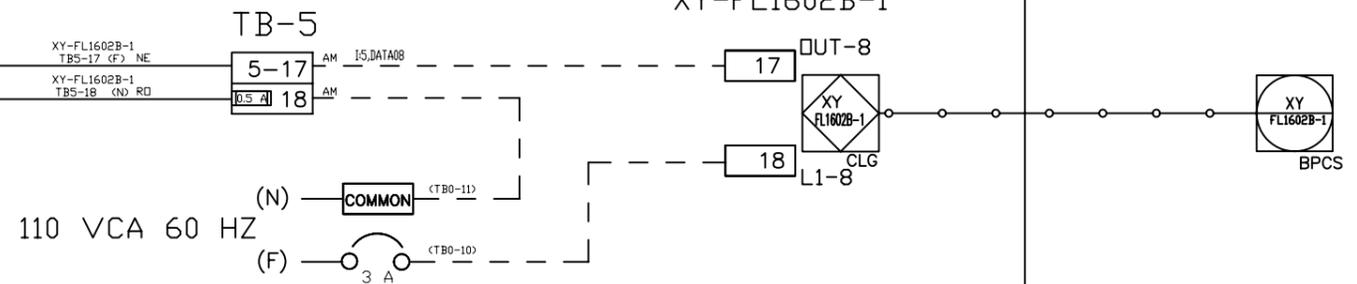


VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 3"



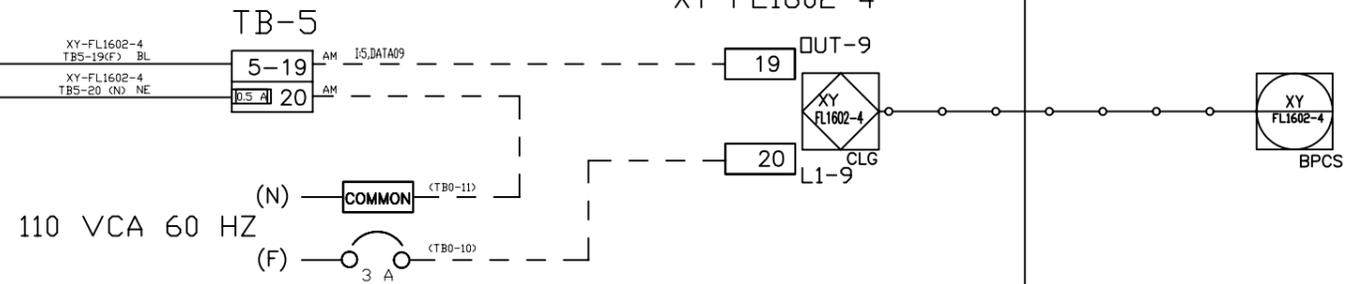
BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-QW16I



BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-QW16I

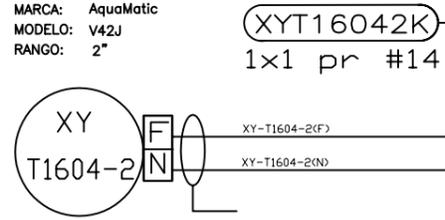


INSTRUMENTO DE CAMPO

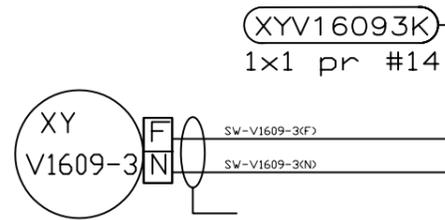
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 2"

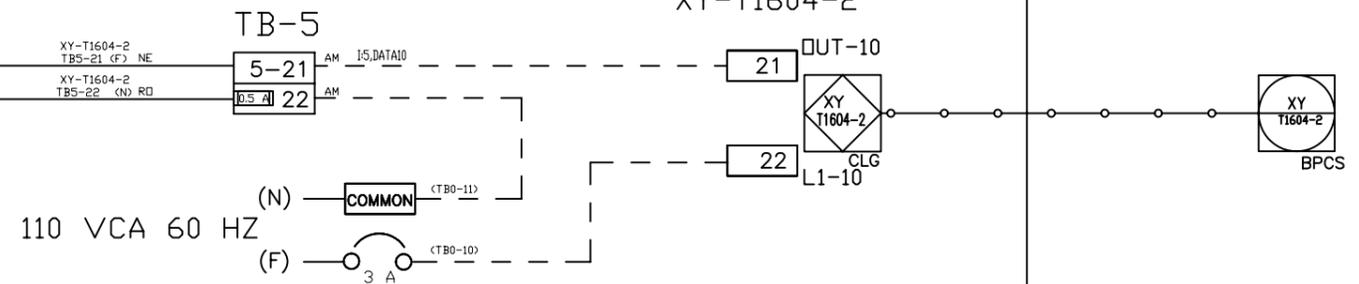


VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: ASCO
 MODELO: SC 8210G034 120/60, 110
 RANGO: 1/2"



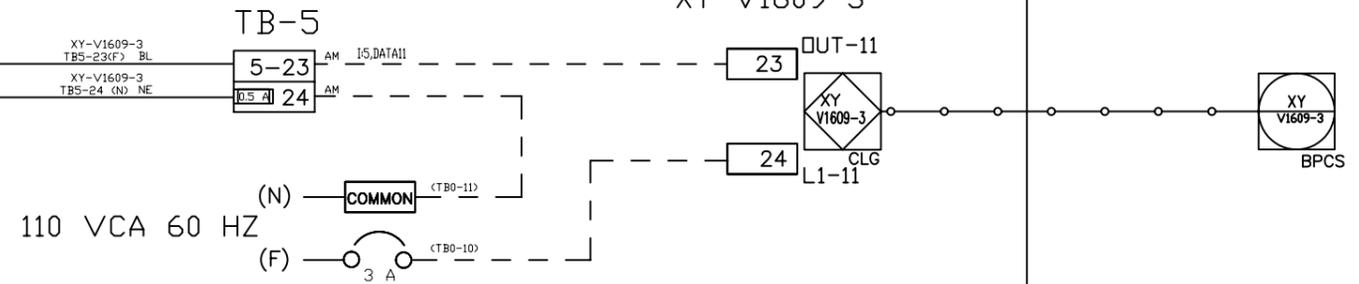
BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-0W16I



BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-0W16I

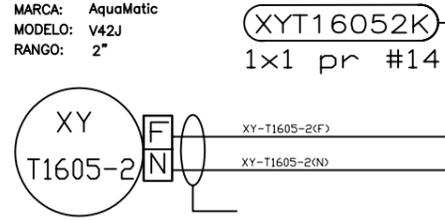


INSTRUMENTO DE CAMPO

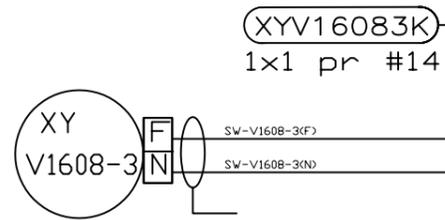
PANEL DE CONTROL LCP-01 CONTROLADOR 10 BPCS

CONSOLA (ESTACION DELTA V)

VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: AquaMatic
 MODELO: V42J
 RANGO: 2"

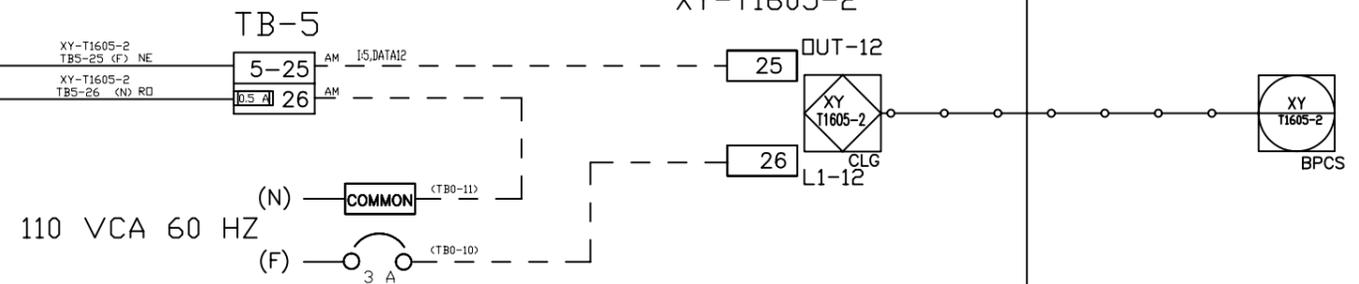


VALVULA SOLENOIDE
 MARCA: ASCO
 MODELO: SC 8210G034 120/60, 110
 RANGO: 1/2"



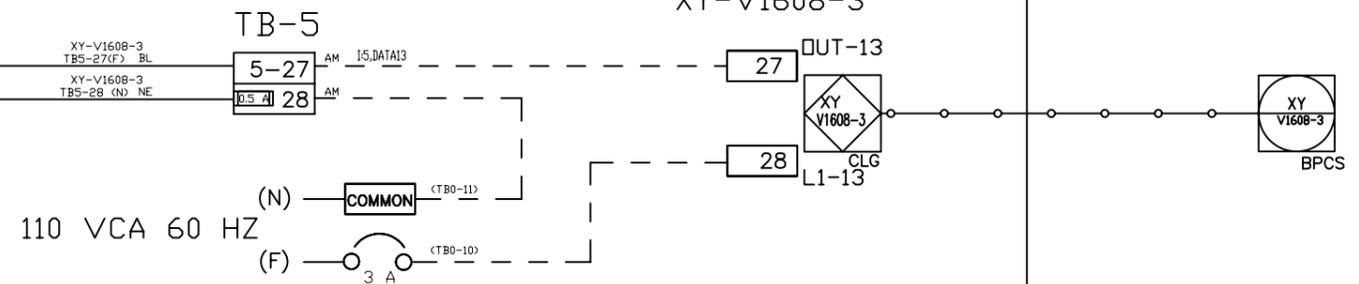
BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-QW16I



BORNERAS

TARJETAS DE I/O
 CONTROL LOGIX
 SLOT 05
 1756-QW16I

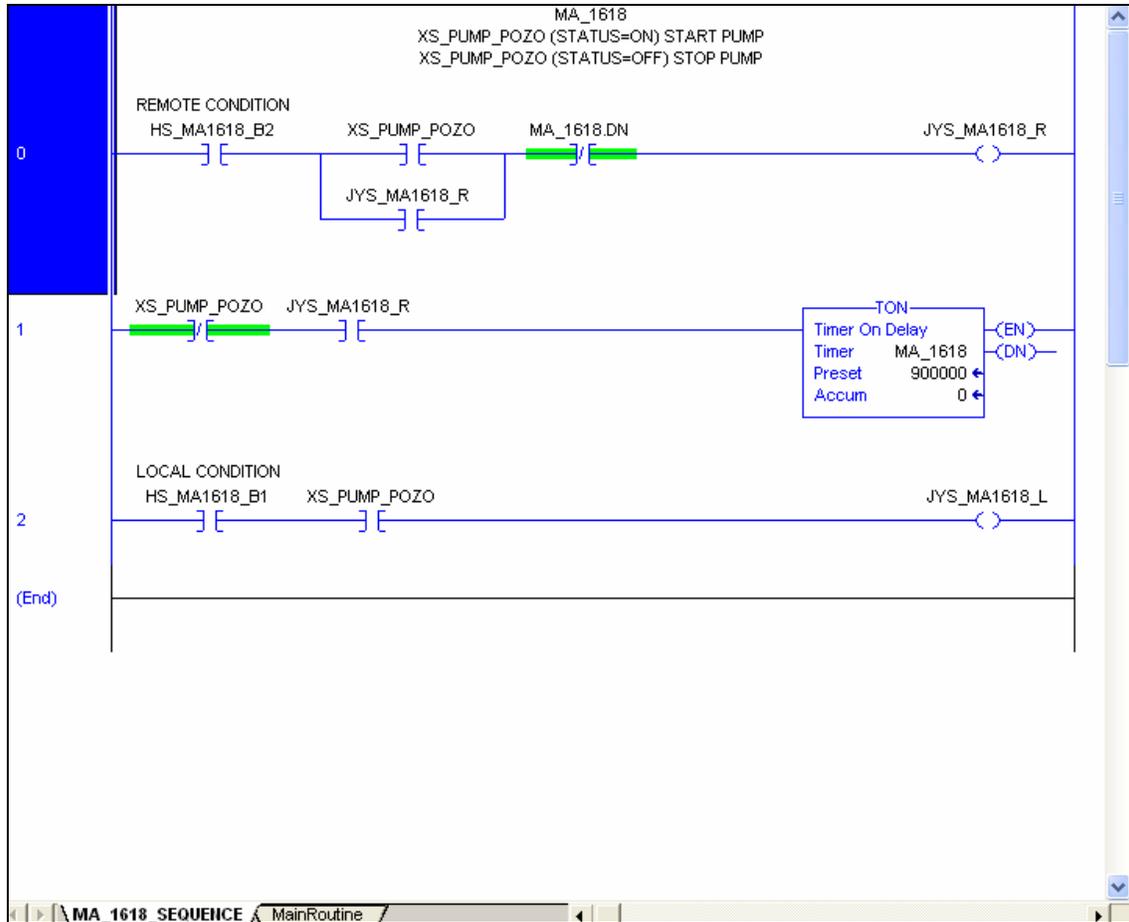


ANEXO 17

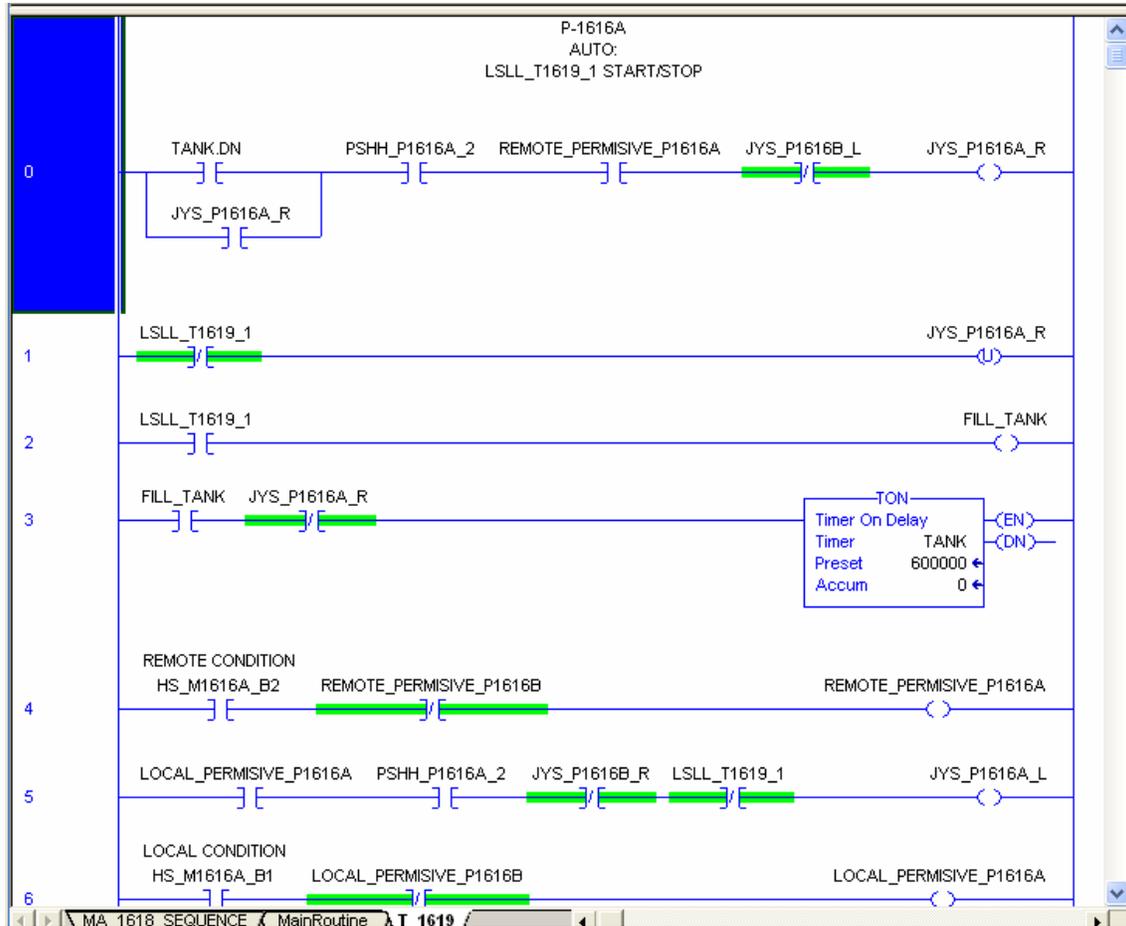
CARTA CAUSA-EFECTO

ANEXO 18

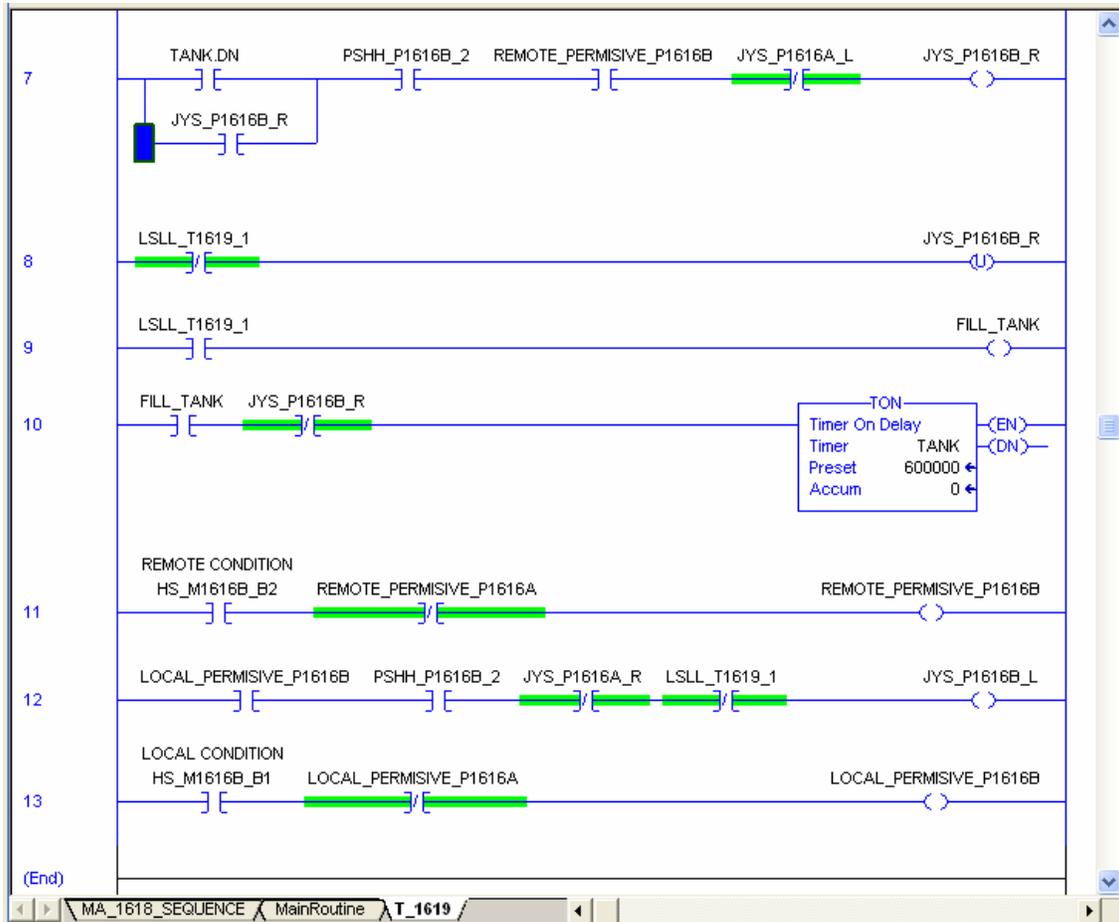
SECUENCIAS DE PROGRAMACION EN CONTROLLOGIX



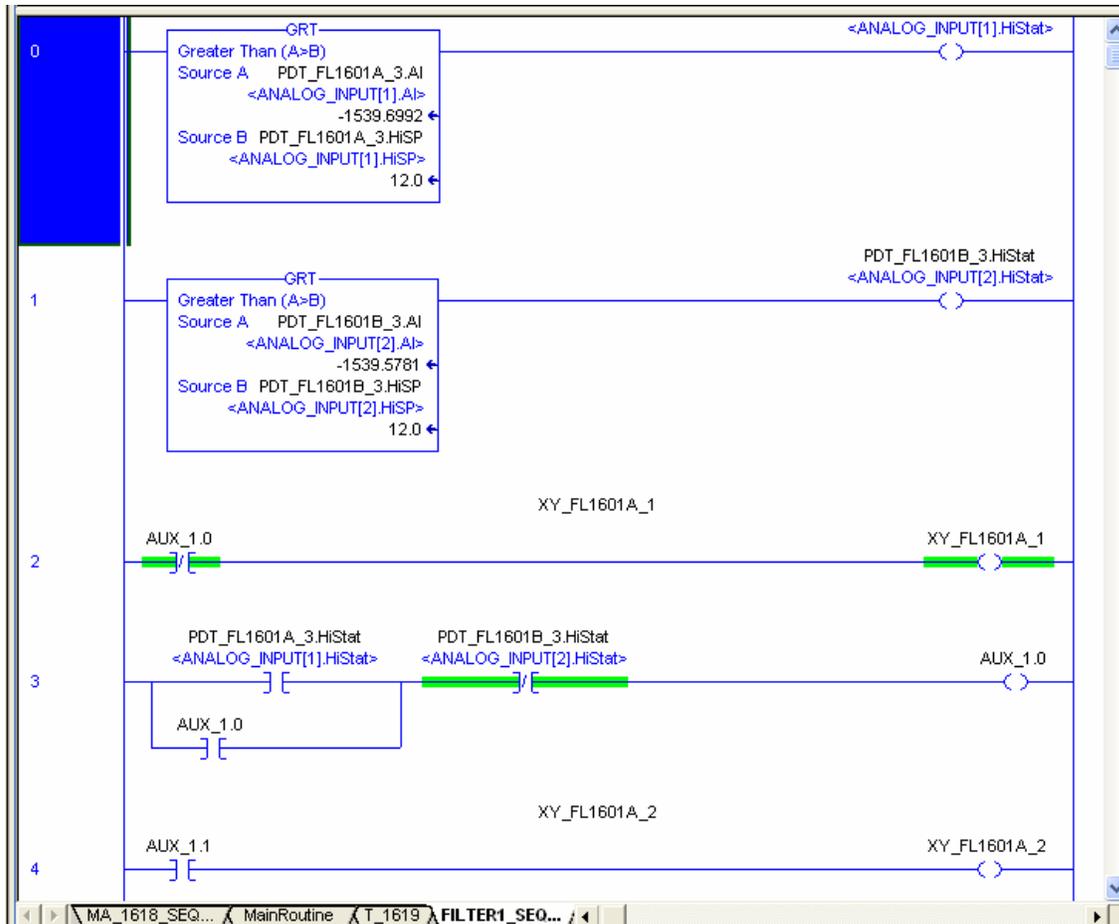
Secuencia de programación para moto-agitador MA-1618



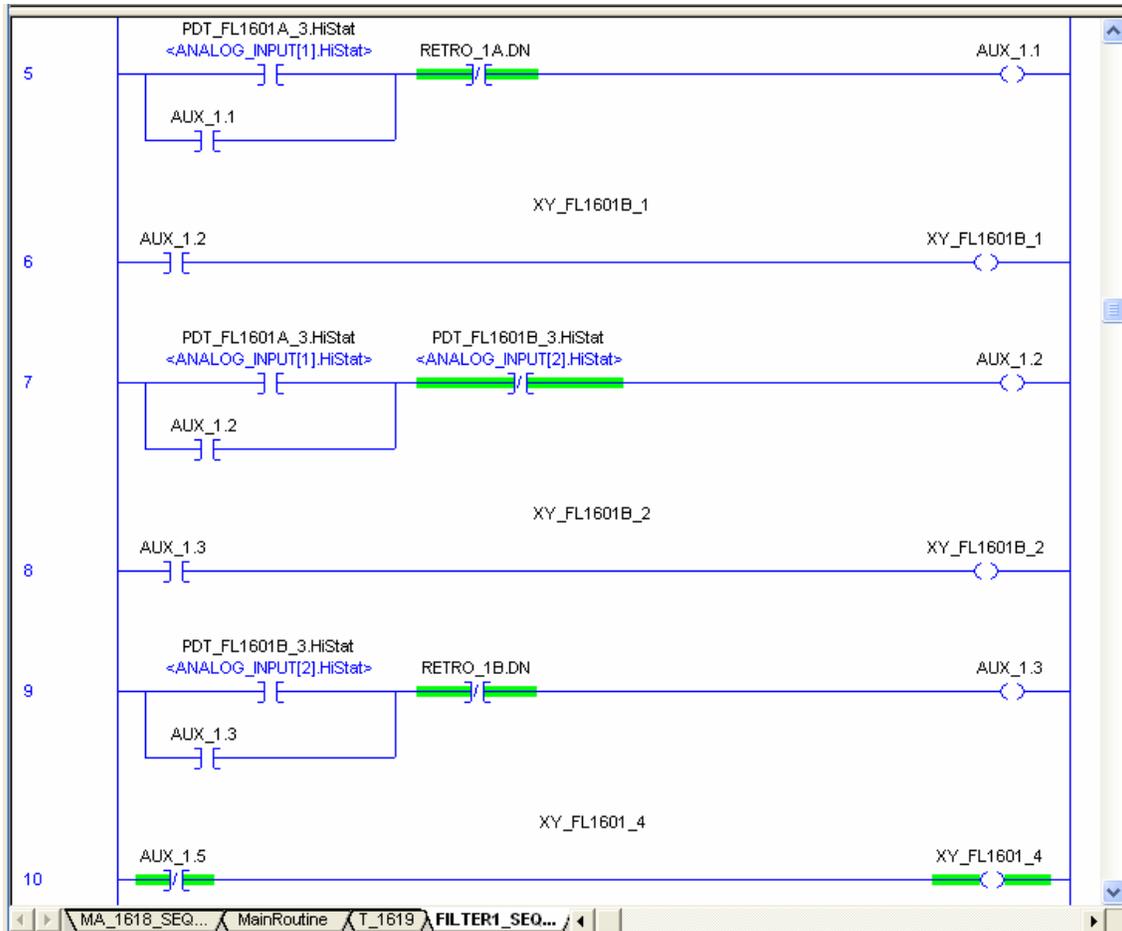
Secuencia de programación para bombas P-1616-A/B parte I



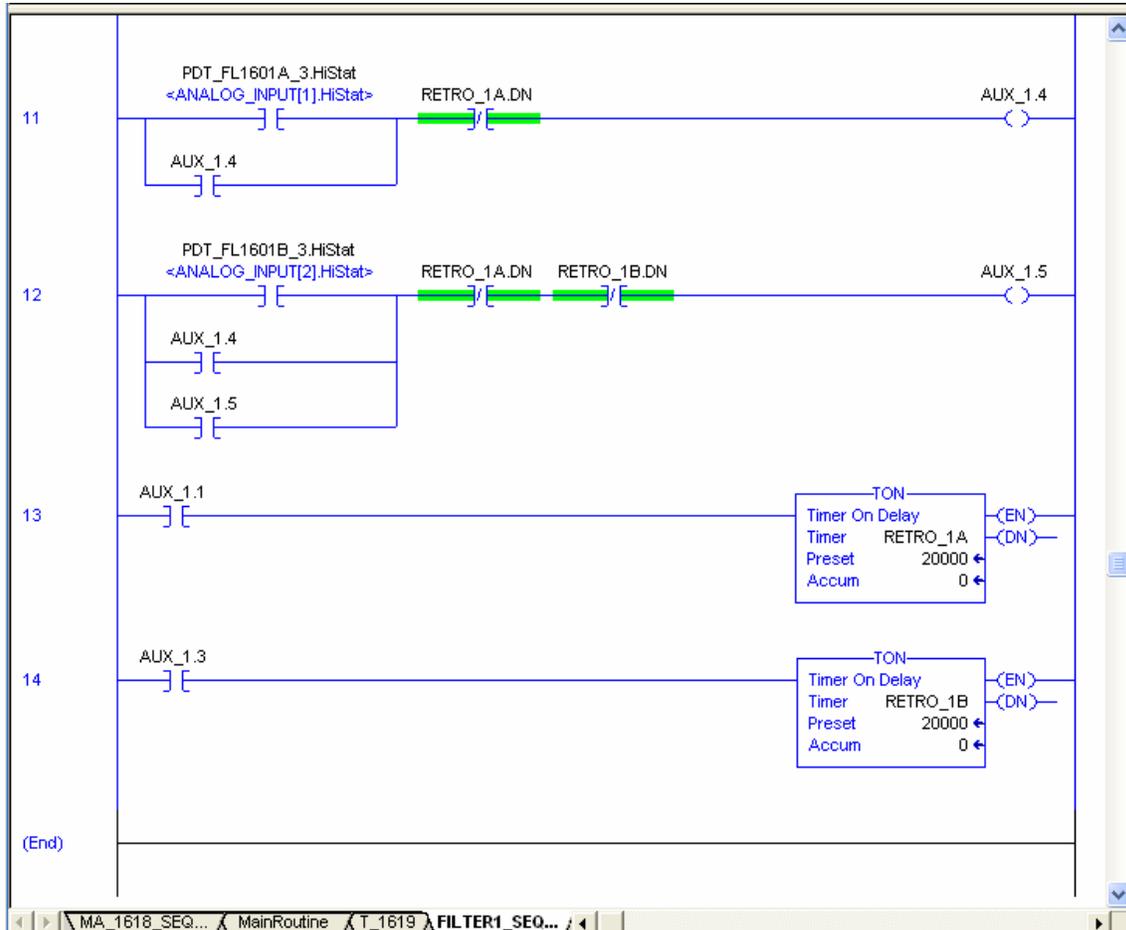
Secuencia de programación para bombas P-1616-A/B parte II



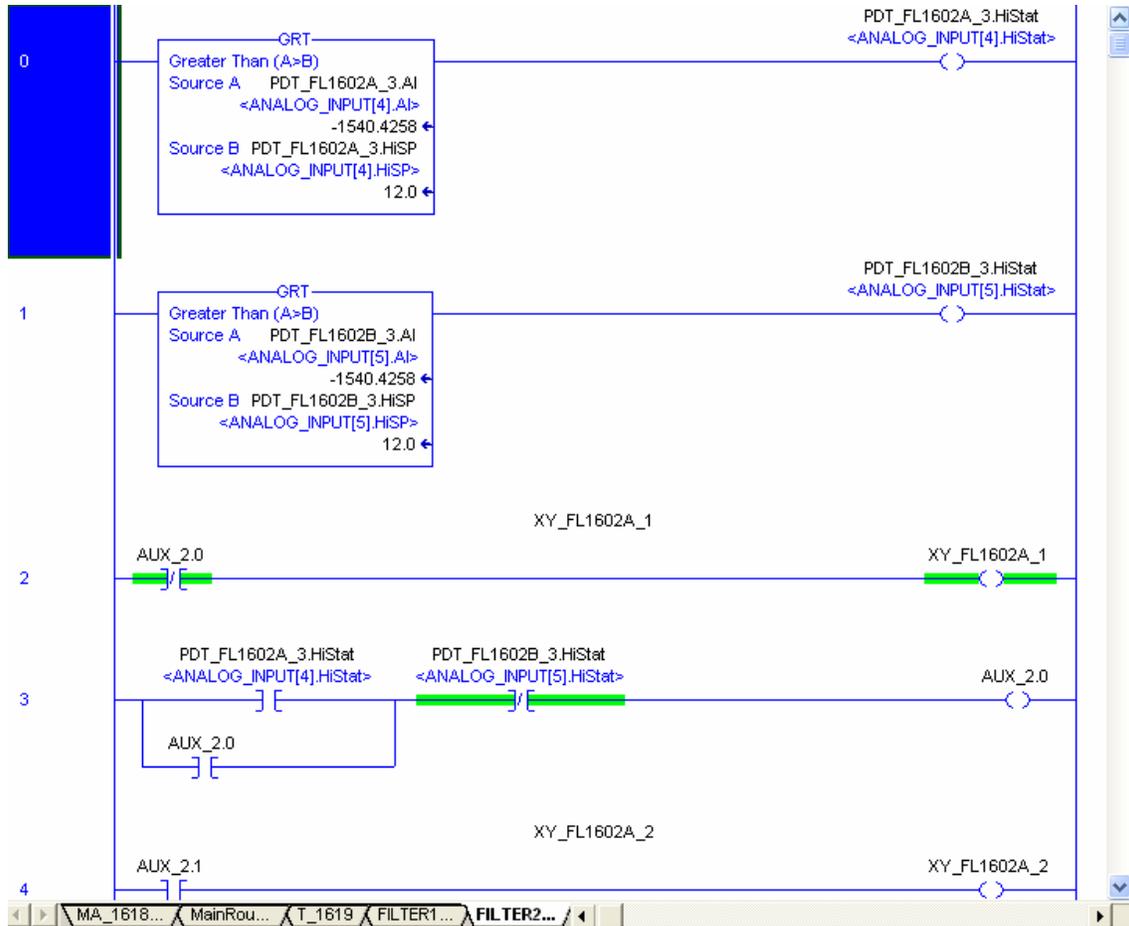
Secuencia de programación para filtros de arena FL-1601 parte I



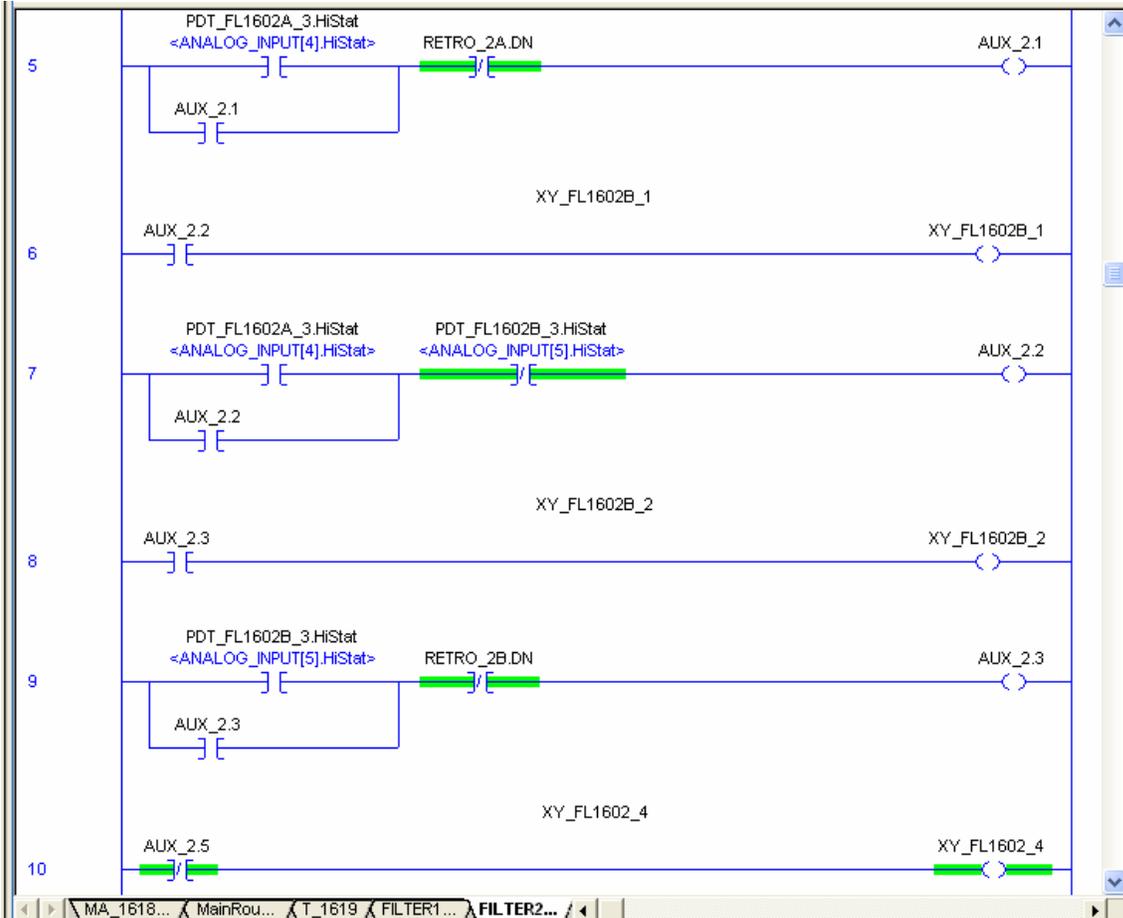
Secuencia de programación para filtros de arena FL-1601 parte II



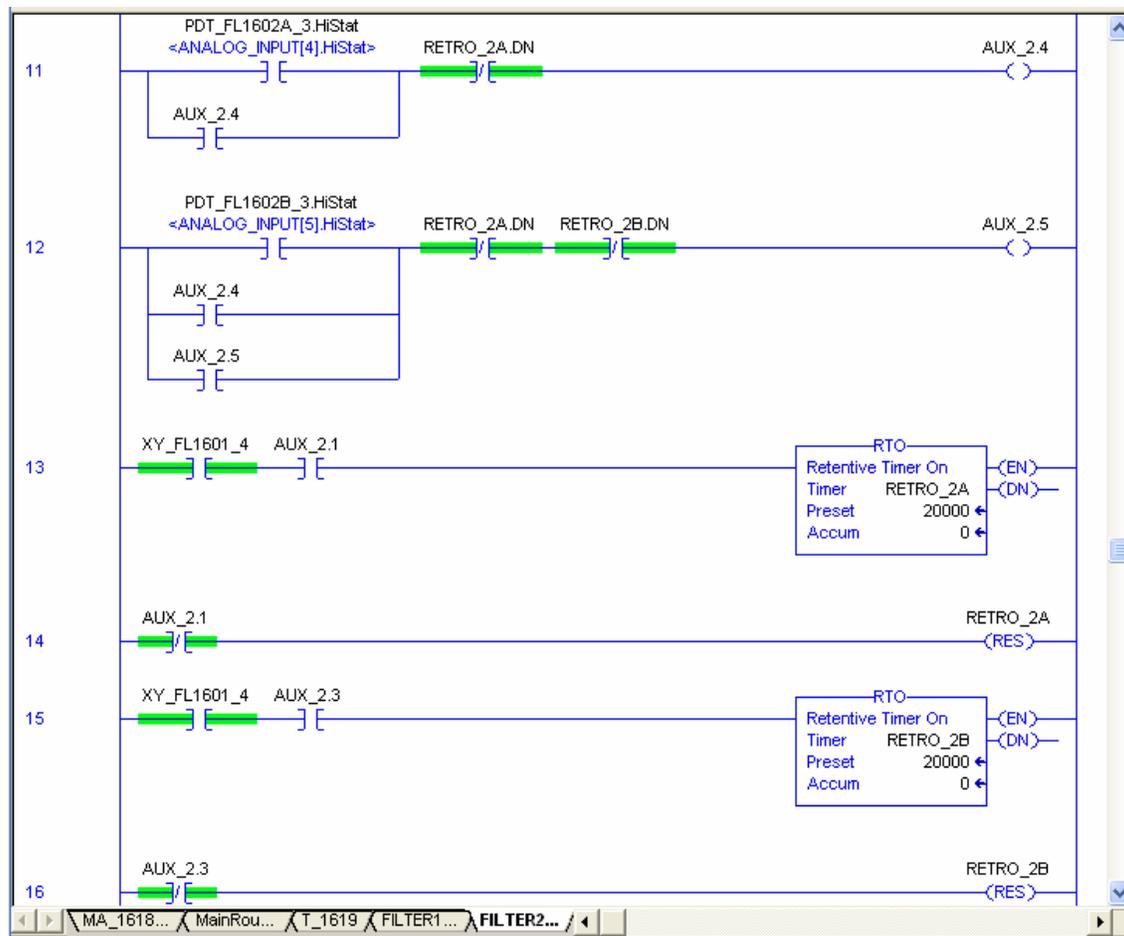
Secuencia de programación para filtros de arena FL-1601 parte III



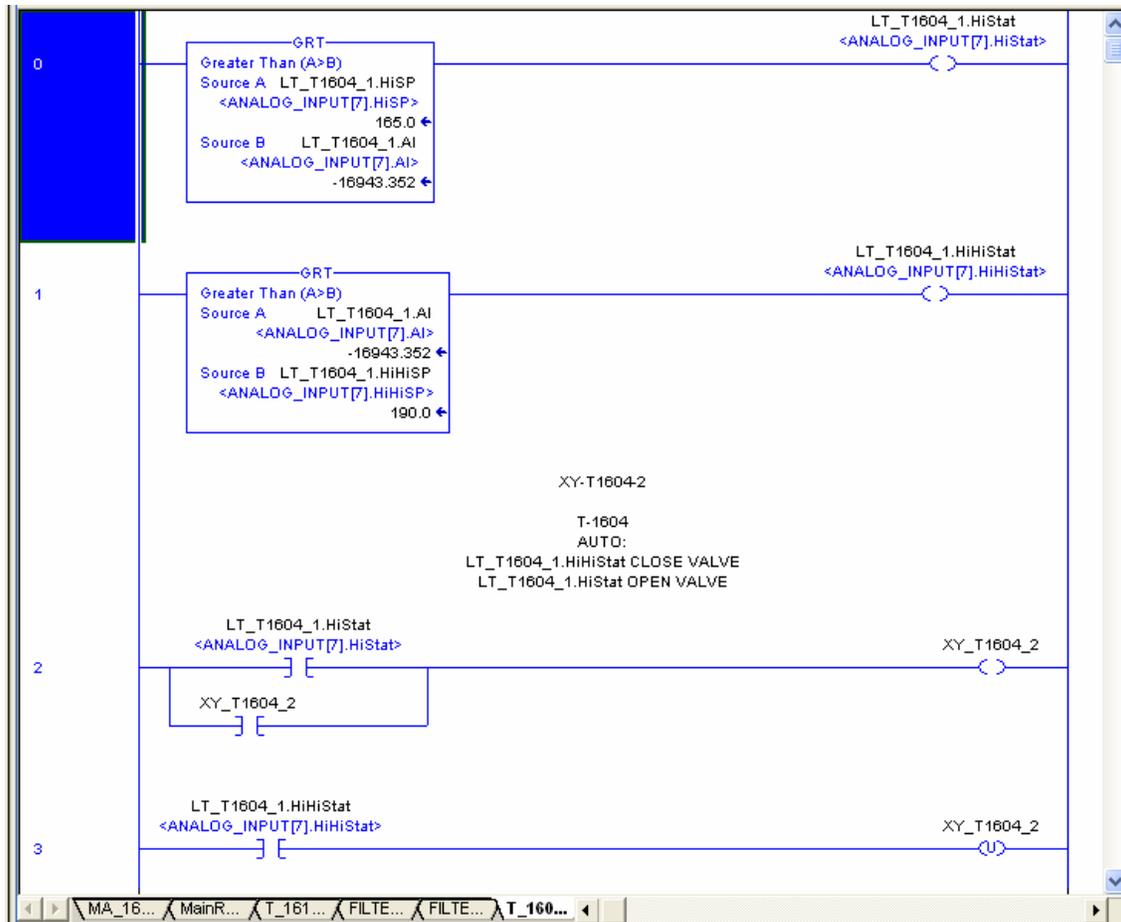
Secuencia de programación para filtros de carbón FL-1602 parte I



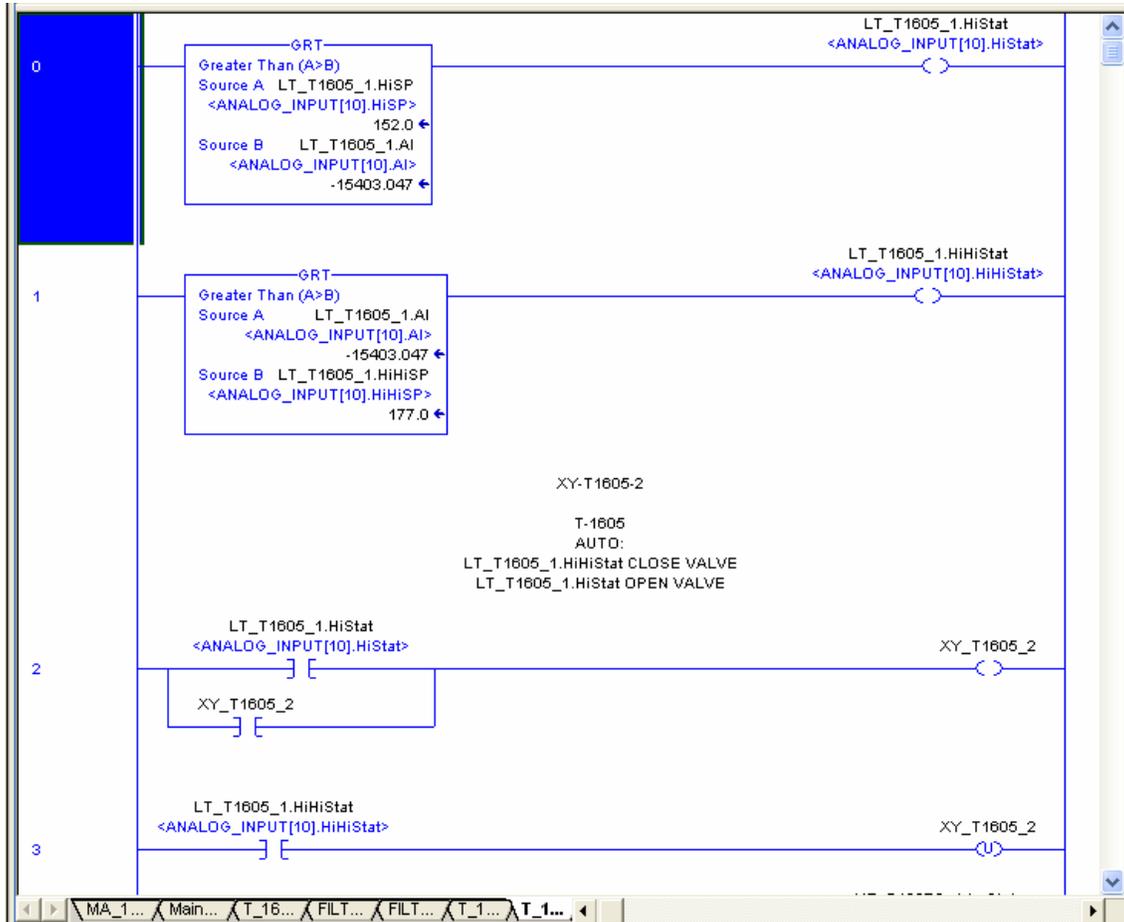
Secuencia de programación para filtros de carbón FL-1602 parte II



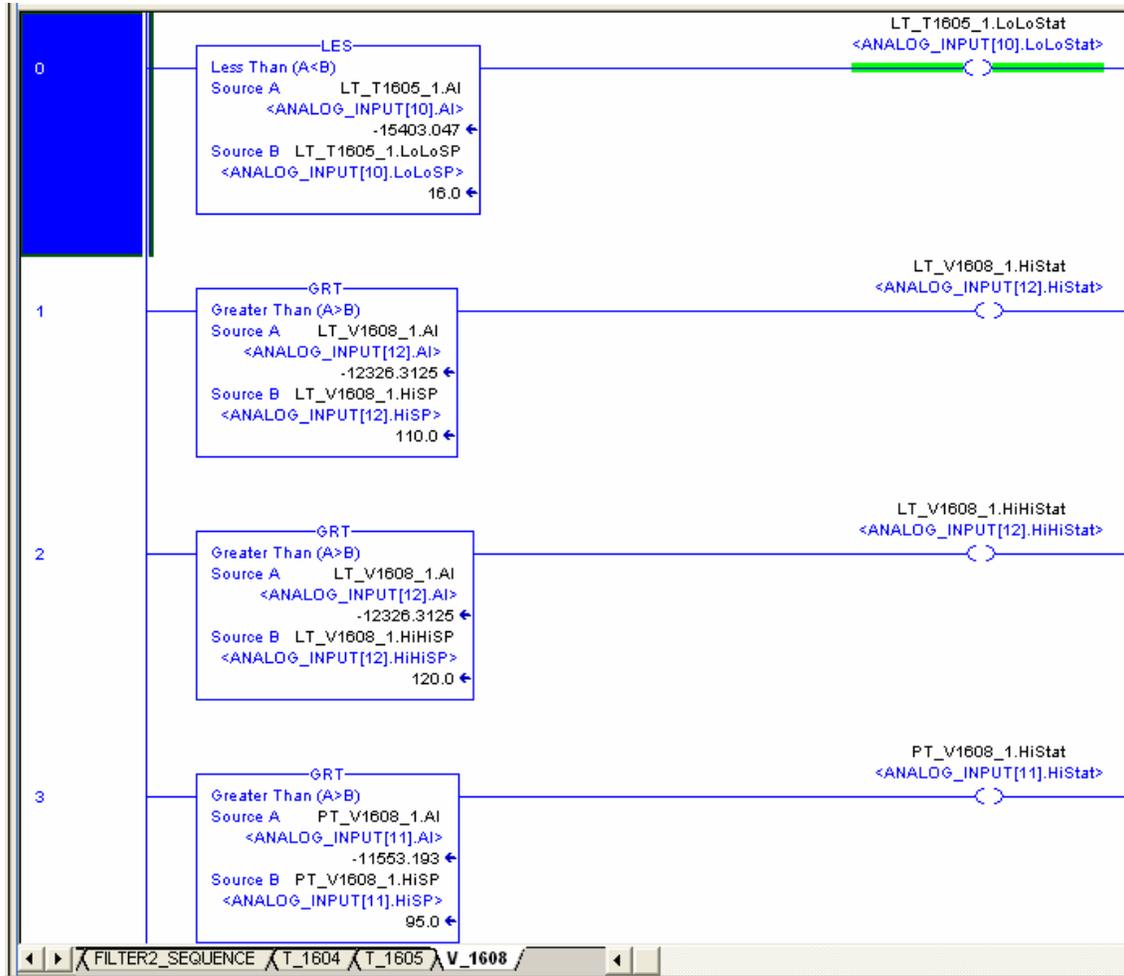
Secuencia de programación para filtros de carbón FL-1602 parte III



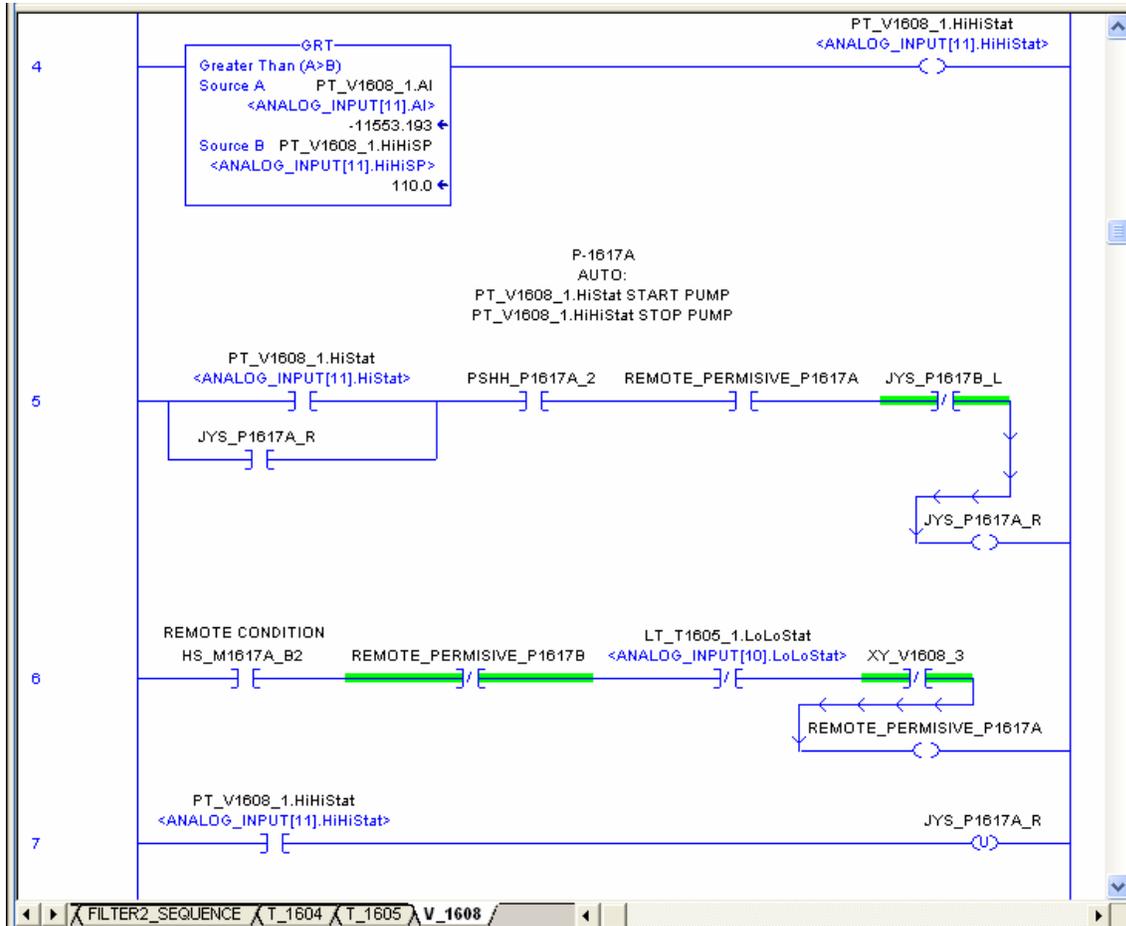
Secuencia de programación para almacenamiento de agua en tanque T-1604



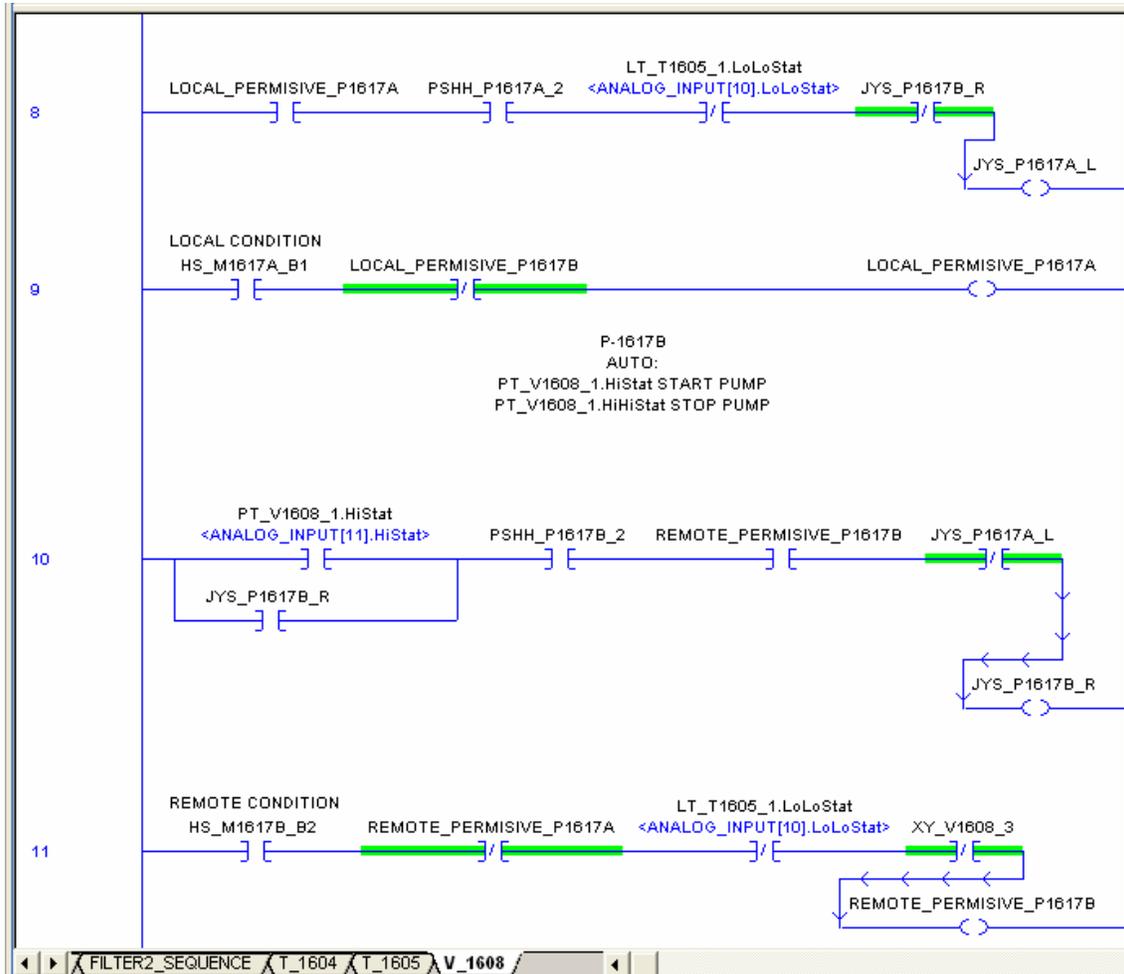
Secuencia de programación para almacenamiento de agua en tanque T-1605



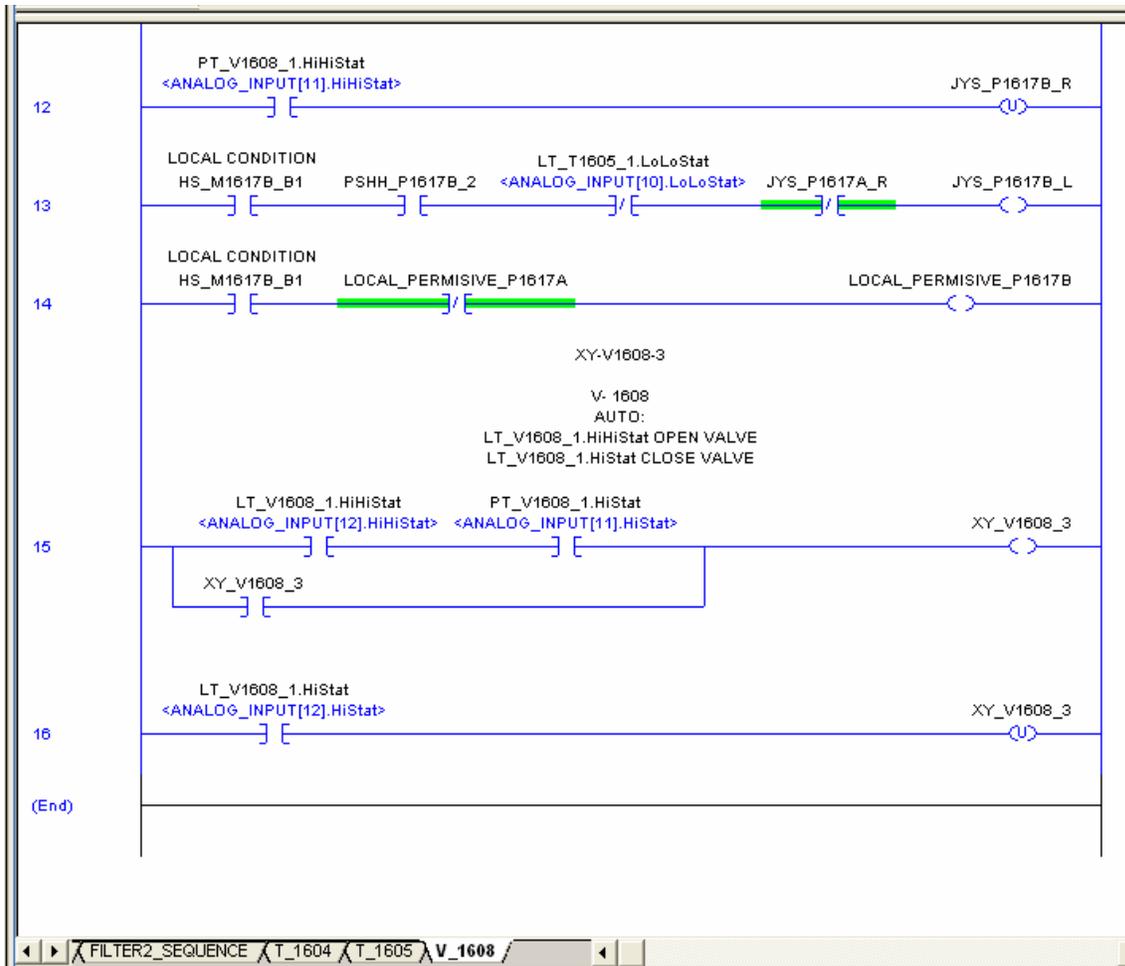
Secuencia de programación para unidad hidroneumática de Agua Potable parte I



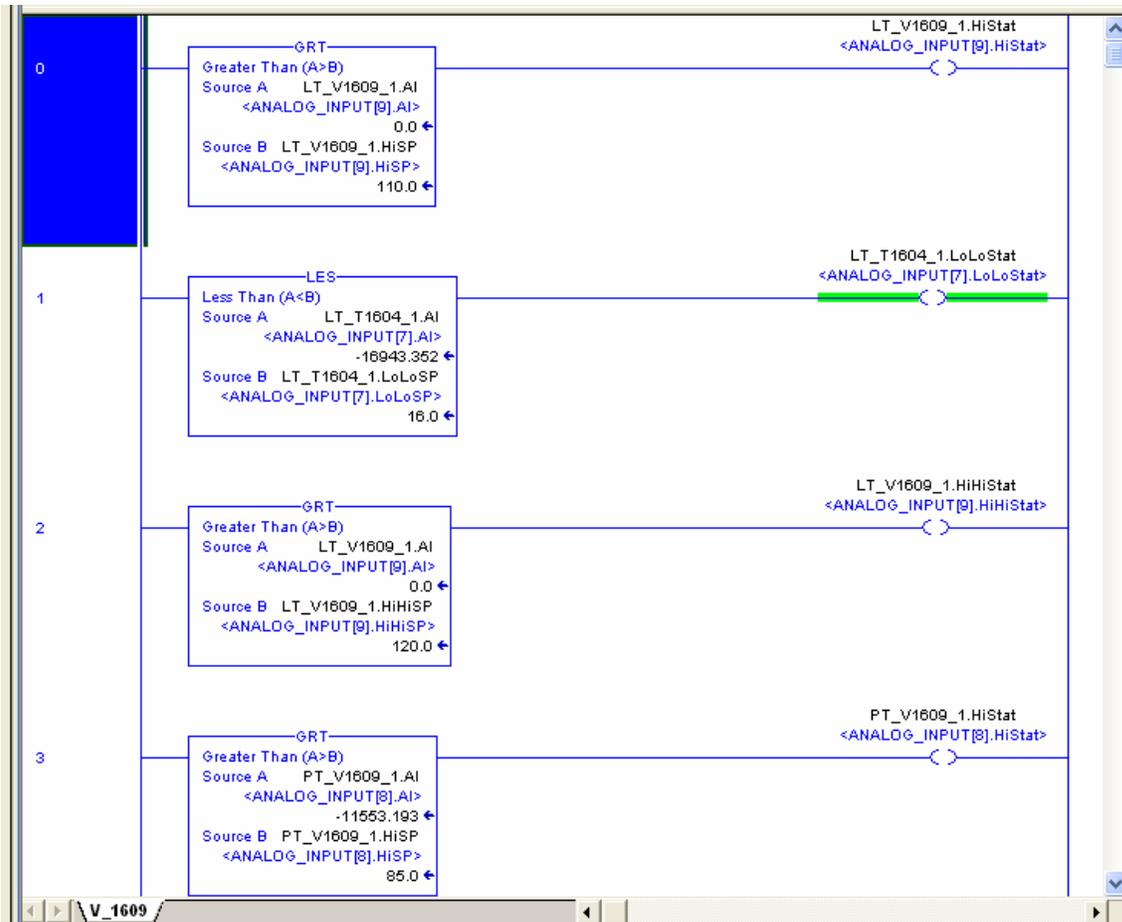
Secuencia de programación para unidad hidroneumática de Agua Potable parte II



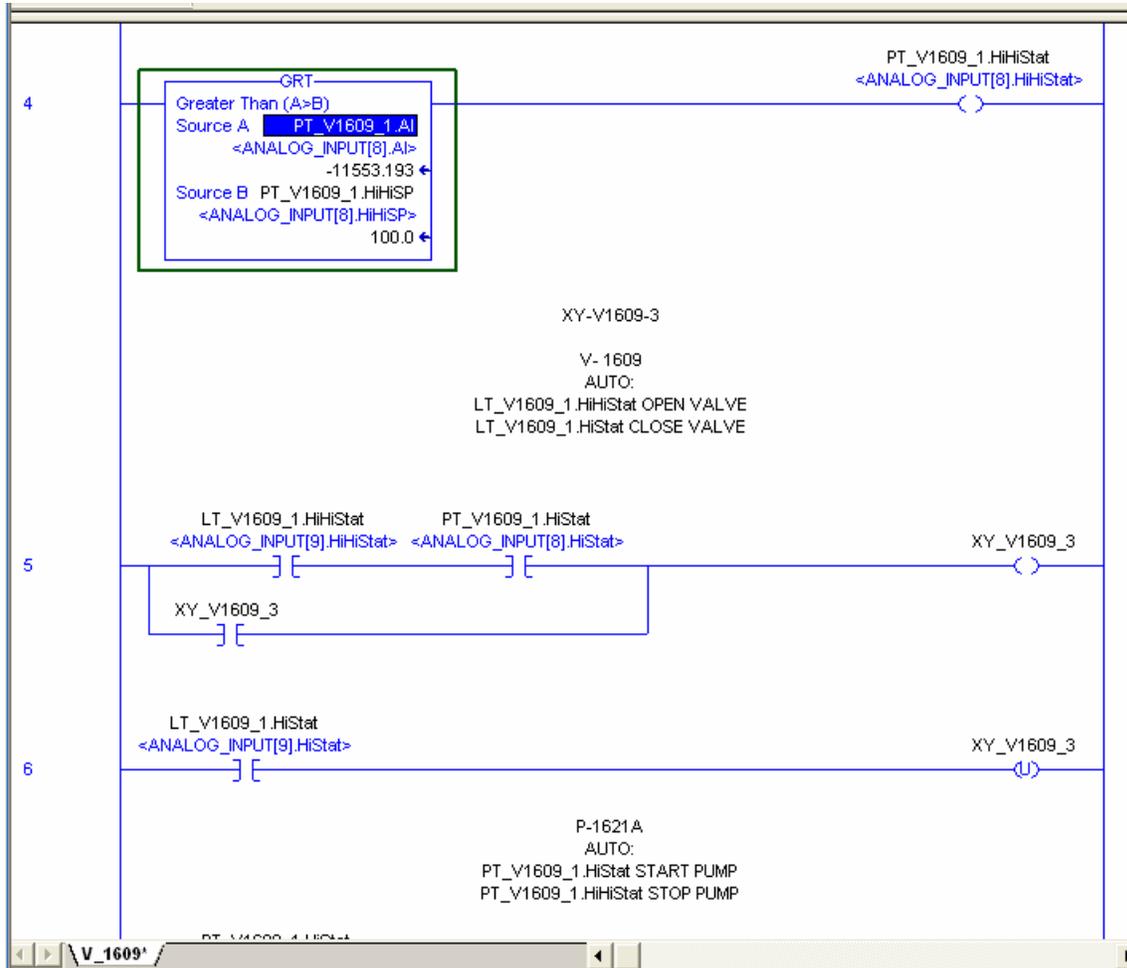
Secuencia de programación para unidad hidroneumática de Agua Potable parte III



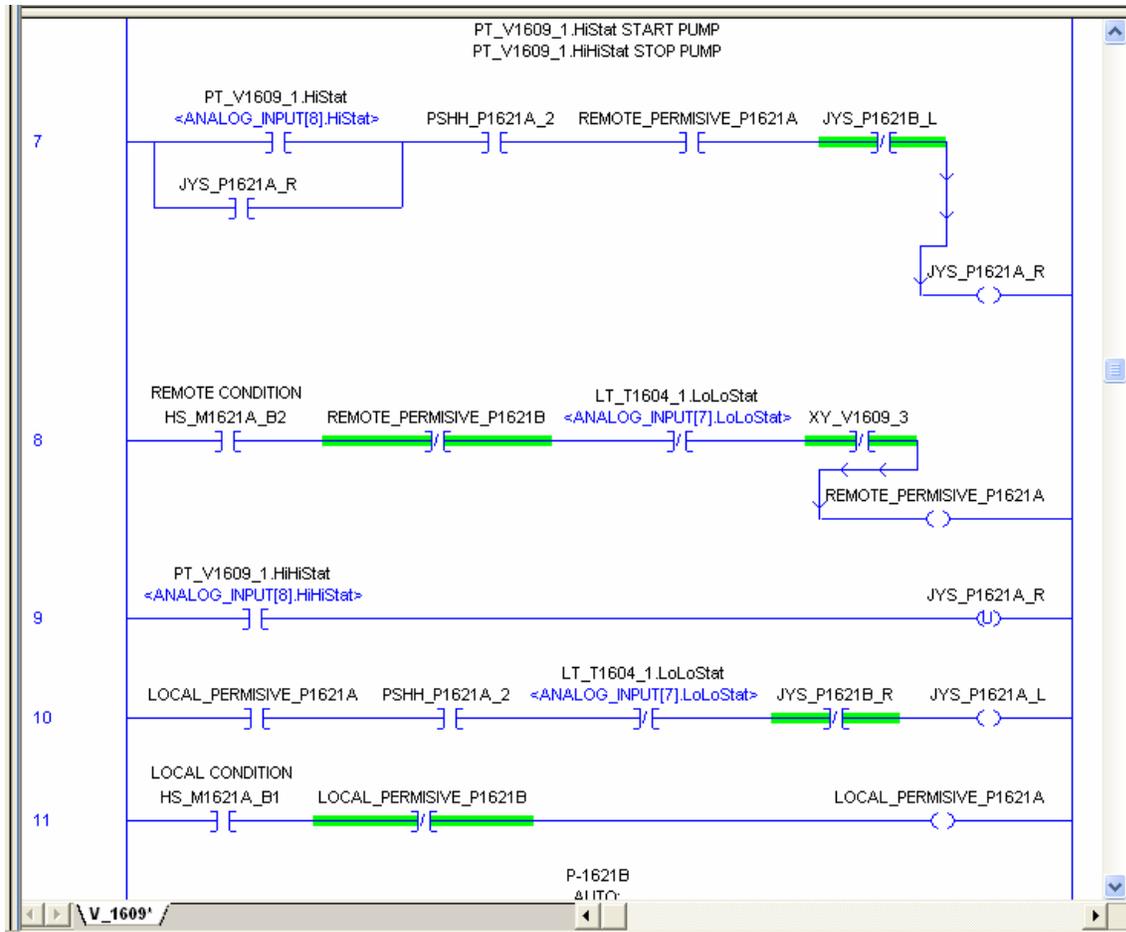
Secuencia de programación para unidad hidroneumática de Agua Potable parte IV



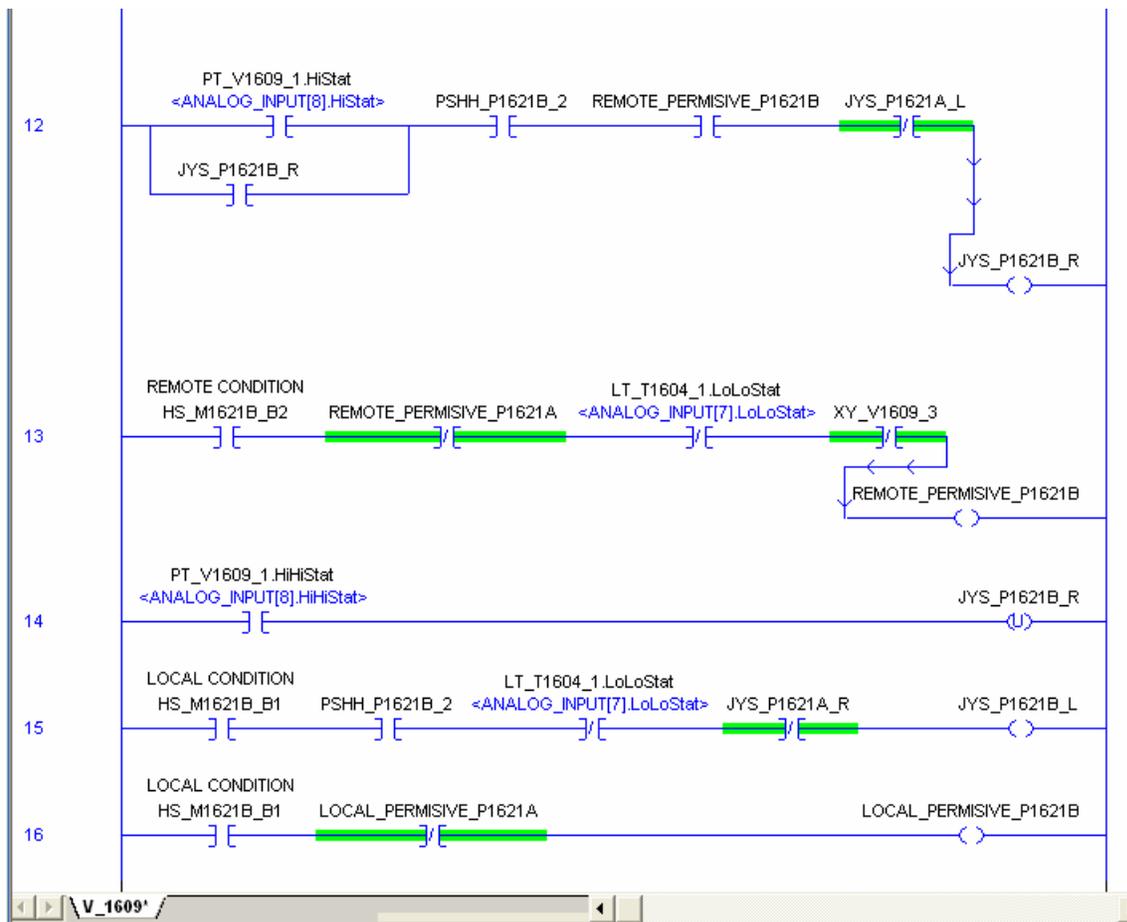
Secuencia de programación para unidad hidroneumática de Agua Potable parte I



Secuencia de programación para unidad hidroneumática de Agua Potable parte II



Secuencia de programación para unidad hidroneumática de Agua Potable parte III



Secuencia de programación para unidad hidroneumática de Agua Potable parte IV

ANEXO 19

CERTIFICADOS DE CALIBRACION PARA INDICADORES DE PRESION



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Location: X-1602 CPF B 18

Date: 23/08/2006

Identification No: PI-V1611-1

Job No: 606

Element: Indicador de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-001

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Hoja 1 de 2

AS FOUND

TAG No.	INPUT		OUTPUT			
	%	PSI	%	REFERENCE PSI	ACTUAL PSI	ERROR %
PI-V1611-1						
Model No.	45 1279 SS 04L 0/200 PSI XGL	0	0	0	0,0	0,0
Serial No.		25	50	25	50	49,0
Manufact.	ASHCROFT	50	100	50	100	98,0
Signal		75	150	75	150	148,0
Range	0 - 200 PSI	100	200	100	200	198,0
Precision	0,50%	75	150	75	150	148,0
		50	100	50	100	98,0
		0	0	0	0,0	0,0

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	ACTUAL PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %
0	0	0	0,0	-1,0	0,0	1,0	0,00
25	50	25	50,0	49,0	50,0	51,0	0,00
50	100	50	100,0	99,0	99,9	101,0	-0,10
75	150	75	150,0	149,0	149,9	151,0	-0,07
100	200	100	200,0	199,0	200,0	201,0	0,00
75	150	75	150,0	149,0	149,9	151,0	-0,07
50	100	50	100,0	99,0	99,9	101,0	-0,10
0	0	0	0,0	-1,0	0,0	1,0	0,00

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B 18

Date: 23/08/2006

Identification No: PI-V1611-1

Job No: 606

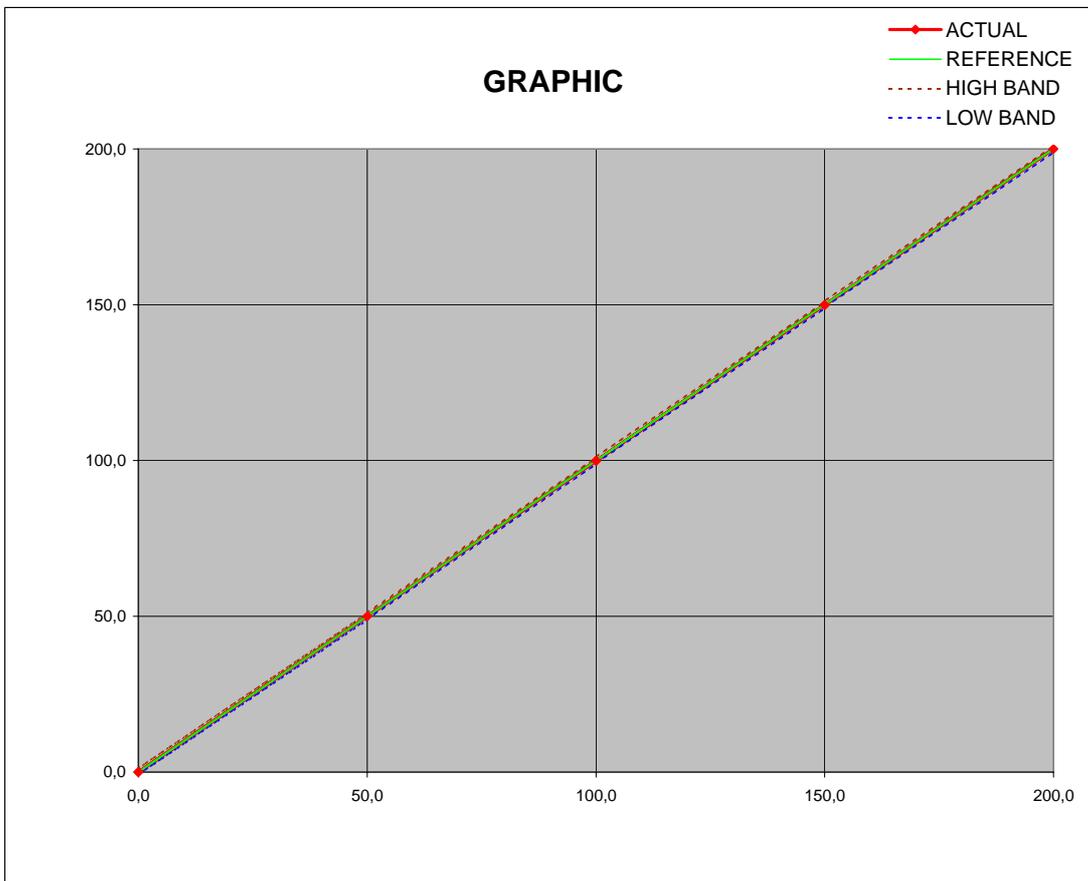
Element: Indicador de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-001

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Hoja 2 de 2

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,50\%$



Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Location: X-1602 CPF B-18
Identification No: PI-P1616-2
Element: Indicador de Presión
Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Date: 23/08/2006
Job No: 606
Cert No.- ICP-606-CC-002
Hoja 1 de 2

AS FOUND

TAG No.	INPUT		OUTPUT			
	%	PSI	%	REFERENCE PSI	ACTUAL PSI	ERROR %
PI-P1616-2						
Model No.	45 1279 SS 04L 0/200 PSI XGL	0	0	0	0,0	0,0
Serial No.		25	50	25	50	49,0 -2,0
Manufact.	ASHCROFT	50	100	50	100	98,0 -2,0
Signal		75	150	75	150	148,0 -1,3
Range	0 - 200 PSI	100	200	100	200	200,0 0,0
Precision	0,50%	75	150	75	150	148,0 -1,3
		50	100	50	100	98,0 -2,0
		0	0	0	0	0,0 0,0

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	ACTUAL PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %
0	0	0	0,0	-1,0	0,0	1,0	0,00
25	50	25	50,0	49,0	50,0	51,0	0,00
50	100	50	100,0	99,0	99,9	101,0	-0,10
75	150	75	150,0	149,0	150,0	151,0	0,00
100	200	100	200,0	199,0	200,0	201,0	0,00
75	150	75	150,0	149,0	150,0	151,0	0,00
50	100	50	100,0	99,0	99,9	101,0	-0,10
0	0	0	0,0	-1,0	0,0	1,0	0,00

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 23/08/2006

Identification No: PI-P1616-2

Job No: 606

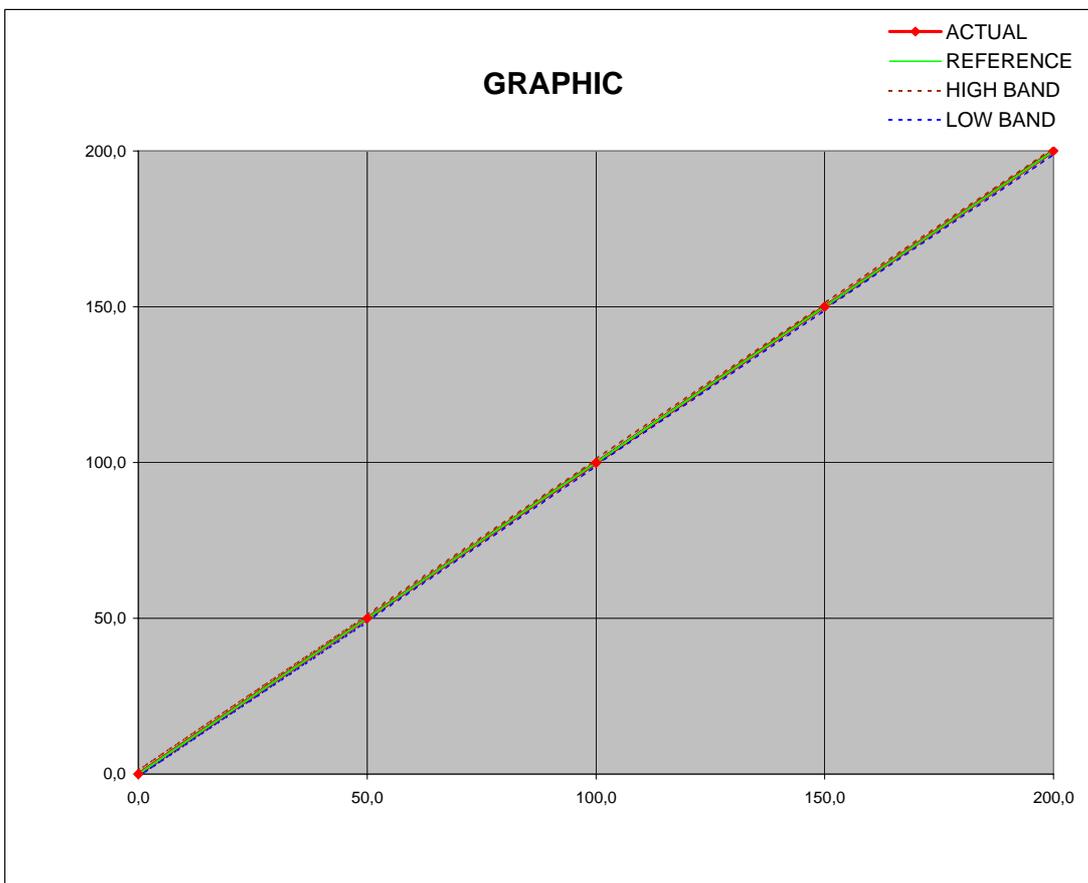
Element: Indicador de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-002

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Hoja 2 de 2

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,50\%$



Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Location: X-1602 CPF B-18
Identification No: PI-P1621-3
Element: Indicador de Presión
Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Date: 23/08/2006
Job No: 606
Cert No.- ICP-606-CC-003
Hoja 1 de 2

AS FOUND

TAG No.	INPUT			OUTPUT		
	%	PSI	%	REFERENCE PSI	ACTUAL PSI	ERROR %
PI-P1621-3						
Model No.	45 1279 SS 04L 0/200 PSI XGL	0	0	0	0,0	0,0
Serial No.		25	50	25	50,0	0,0
Manufact.	ASHCROFT	50	100	50	100	-1,0
Signal		75	150	75	150	-1,3
Range	0 - 200 PSI	100	200	100	200,0	0,0
Precision	0,50%	75	150	75	150	-1,3
		50	100	50	100,0	0,0
		0	0	0	0,0	0,0

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	ACTUAL PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %
0	0	0	0,0	-1,0	0,0	1,0	0,00
25	50	25	50,0	49,0	50,0	51,0	0,00
50	100	50	100,0	99,0	99,9	101,0	-0,10
75	150	75	150,0	149,0	150,0	151,0	0,00
100	200	100	200,0	199,0	200,0	201,0	0,00
75	150	75	150,0	149,0	150,0	151,0	0,00
50	100	50	100,0	99,0	99,9	101,0	-0,10
0	0	0	0,0	-1,0	0,0	1,0	0,00

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 23/08/2006

Identification No: PI-P1621-3

Job No: 606

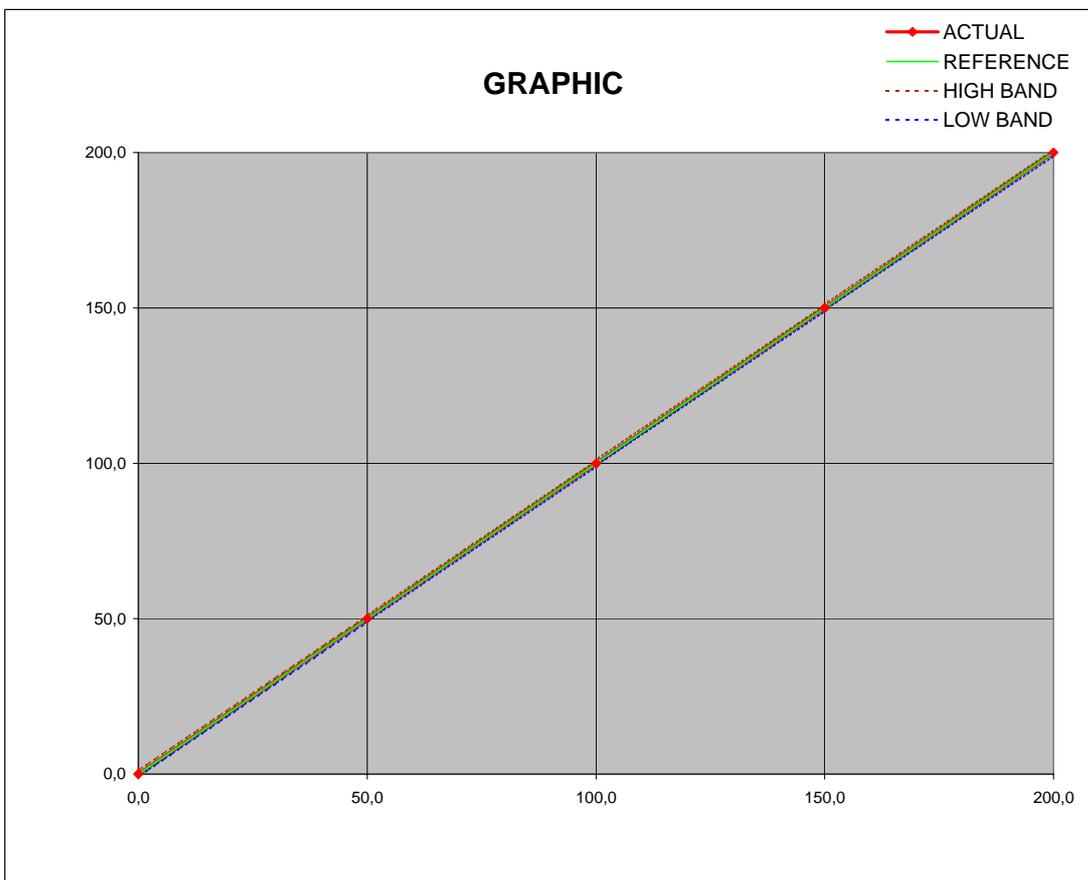
Element: Indicador de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-003

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Hoja 2 de 2

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,50\%$



Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Location: X-1602 CPF B-18
Identification No: PI-V1609-2
Element: Indicador de Presión
Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Date: 23/08/2006
Job No: 606
Cert No.- ICP-606-CC-004
Hoja 1 de 2

AS FOUND

TAG No.	INPUT		OUTPUT			
	%	PSI	%	REFERENCE PSI	ACTUAL PSI	ERROR %
PI-V1609-2						
Model No.	45 1279 SS 04L 0/200 PSI XGL	0	0	0	0,0	0,0
Serial No.		25	50	25	50	49,5
Manufact.	ASHCROFT	50	100	50	100	98,0
Signal		75	150	75	150	148,0
Range	0 - 200 PSI	100	200	100	200	200,0
Precision	0,50%	75	150	75	150	148,0
		50	100	50	100	100,0
		0	0	0	0	0,0

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	ACTUAL PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %
0	0	0	0,0	-1,0	0,0	1,0	0,00
25	50	25	50,0	49,0	50,0	51,0	0,00
50	100	50	100,0	99,0	99,9	101,0	-0,10
75	150	75	150,0	149,0	150,0	151,0	0,00
100	200	100	200,0	199,0	199,5	201,0	-0,25
75	150	75	150,0	149,0	150,0	151,0	0,00
50	100	50	100,0	99,0	99,9	101,0	-0,10
0	0	0	0,0	-1,0	0,0	1,0	0,00

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 23/08/2006

Identification No: PI-V1609-2

Job No: 606

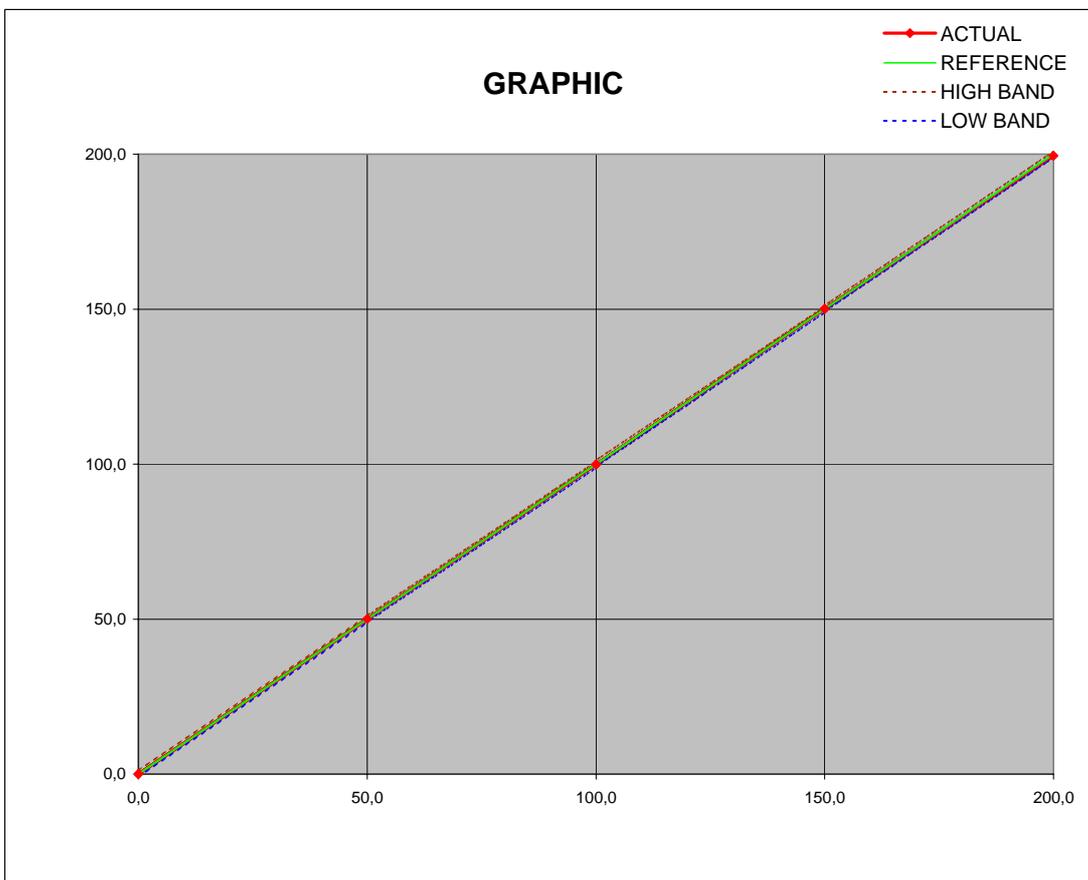
Element: Indicador de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-004

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Hoja 2 de 2

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,50\%$



Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 23/08/2006

Identification No: PI-P1617-3

Job No: 606

Element: Indicador de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-005

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Hoja 1 de 2

AS FOUND

TAG No.	INPUT		OUTPUT			
	%	PSI	%	REFERENCE PSI	ACTUAL PSI	ERROR %
PI-P1617-3						
Model No.	45 1279 SS 04L 0/200 PSI XGL	0	0	0	0,0	0,0
Serial No.		25	50	25	50	49,5
Manufact.	ASHCROFT	50	100	50	100	98,0
Signal		75	150	75	150	148,0
Range	0 - 200 PSI	100	200	100	200	200,0
Precision	0,50%	75	150	75	150	148,0
		50	100	50	100	100,0
		0	0	0	0,0	0,0

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	ACTUAL PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %
0	0	0	0,0	-1,0	0,5	1,0	0,00
25	50	25	50,0	49,0	50,5	51,0	1,00
50	100	50	100,0	99,0	100,0	101,0	0,00
75	150	75	150,0	149,0	150,0	151,0	0,00
100	200	100	200,0	199,0	200,0	201,0	0,00
75	150	75	150,0	149,0	150,0	151,0	0,00
50	100	50	100,0	99,0	100,0	101,0	0,00
0	0	0	0,0	-1,0	0,5	1,0	0,00

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 23/08/2006

Identification No: PI-P1617-3

Job No: 606

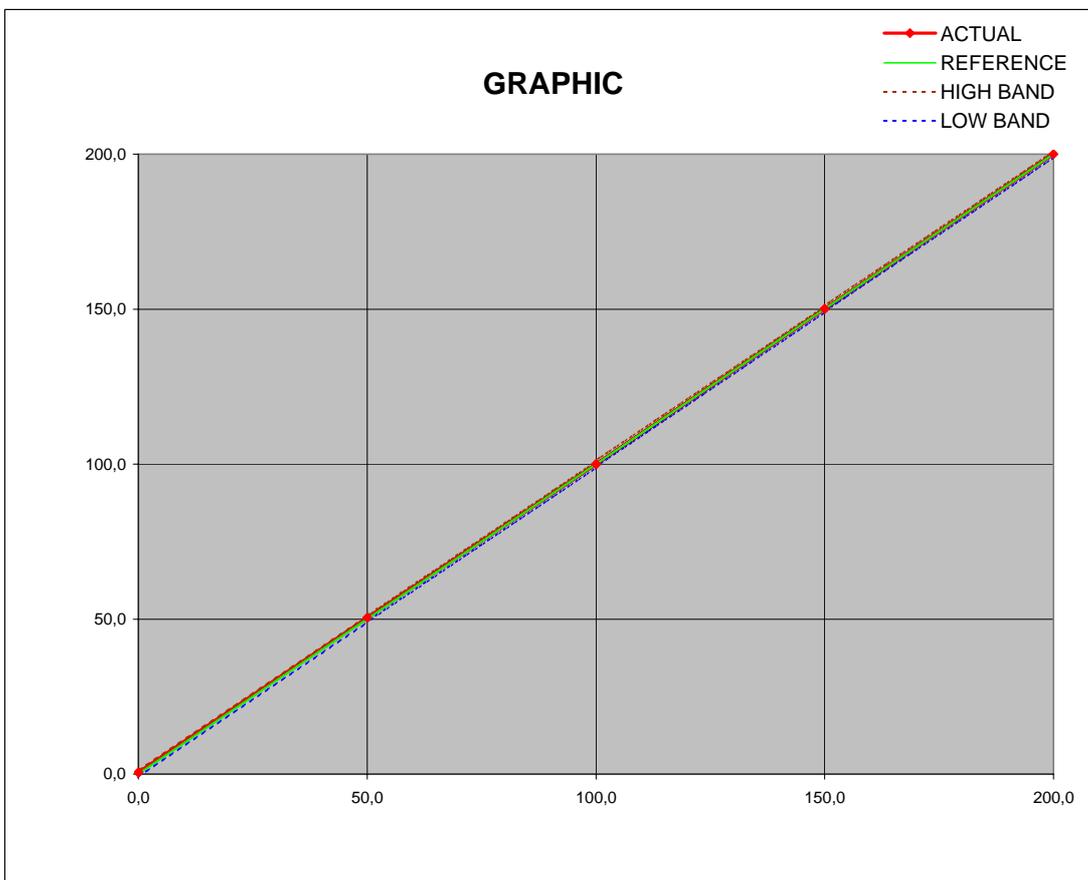
Element: Indicador de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-005

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Hoja 2 de 2

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,50\%$



Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Location: X-1602 CPF B-18
Identification No: PI-V1608-2
Element: Indicador de Presión
Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Date: 23/08/2006
Job No: 606
Cert No.- ICP-606-CC-006
Hoja 1 de 2

AS FOUND

TAG No.	INPUT		OUTPUT			
	%	PSI	%	REFERENCE PSI	ACTUAL PSI	ERROR %
PI-V1608-2						
Model No.	45 1279 SS 04L 0/200 PSI XGL	0	0	0	0,0	0,0
Serial No.		25	50	25	50	49,5
Manufact.	ASHCROFT	50	100	50	100	98,0
Signal		75	150	75	150	149,0
Range	0 - 200 PSI	100	200	100	200	200,0
Precision	0,50%	75	150	75	150	149,0
		50	100	50	100	100,0
		0	0	0	0	0,0

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	ACTUAL PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %
0	0	0	0,0	-1,0	0,5	0,0	0,00
25	50	25	50,0	49,0	50,5	51,0	1,00
50	100	50	100,0	99,0	100,5	101,0	0,50
75	150	75	150,0	149,0	150,0	151,0	0,00
100	200	100	200,0	199,0	200,0	201,0	0,00
75	150	75	150,0	149,0	150,0	151,0	0,00
50	100	50	100,0	99,0	100,5	101,0	0,50
0	0	0	0,0	-1,0	0,5	0,0	0,00

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 23/08/2006

Identification No: PI-V1608-2

Job No: 606

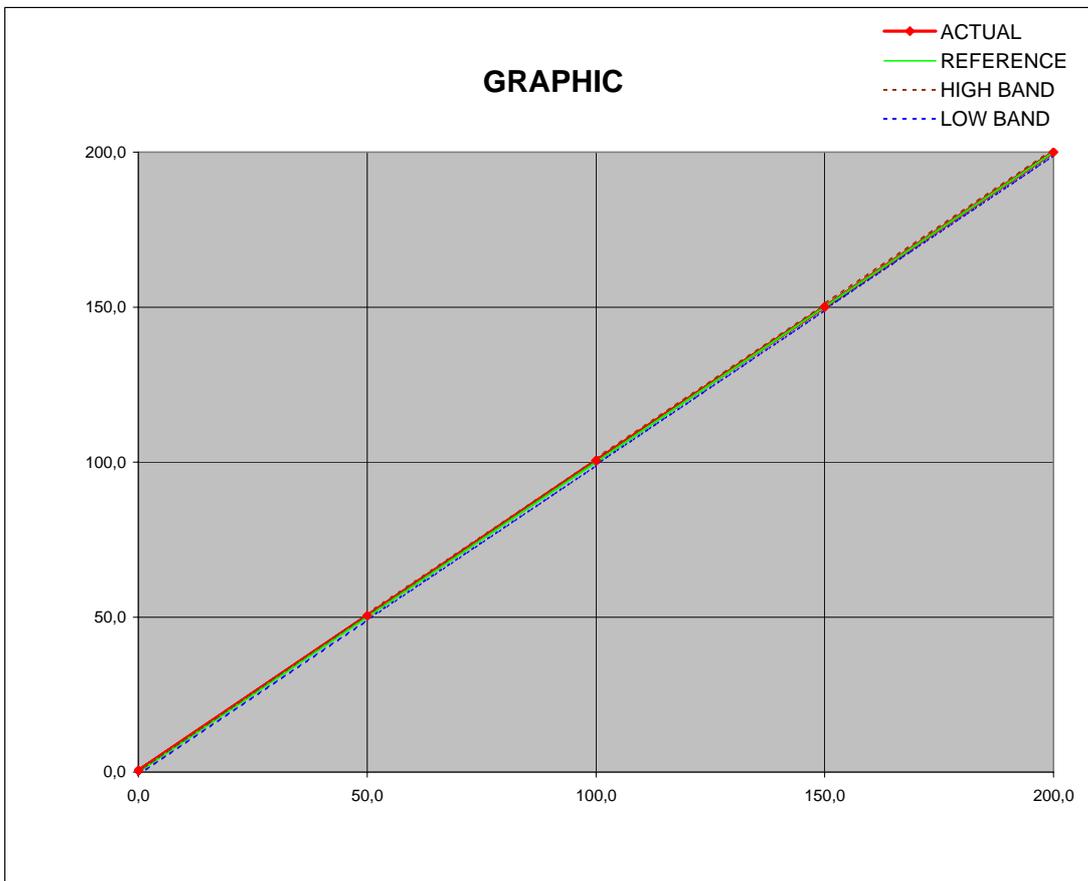
Element: Indicador de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-006

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Hoja 2 de 2

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,50\%$



Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación

ANEXO 20

CERTIFICADOS DE CALIBRACION PARA TRANSMISORES DE PRESION



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Incopro Technical Dep.

Location:	X-1602 CPF B-18	Date:	23/08/2006
Identification No:	PT-P1616-1	Job No:	606
Element:	Transmisor de Presión	Cert No.-	ICP-606-CC-007
Calibrated By:	Ma. Eugenia Aguilar		

AS FOUND

TAG No.	INPUT			OUTPUT			
	%	PSI	%	REFERENCE	ACTUAL	ERROR	
				m.A	m.A	%	
PT-P1616-1							
Model No.	264HSPSBA1L112N2C1	0	0	0	4,000	3,980	-0,502512563
Serial No.	6206001537	25	50	25	8,000	7,980	-0,250626566
Manufact.	ABB	50	100	50	12,000	11,988	-0,1001001
Signal	4 - 20 mA	75	150	75	16,000	15,980	-0,125156446
Range	0 - 348 PSI	100	200	100	20,000	19,980	-0,1001001
Precision	0,075%	75	150	75	16,000	15,981	-0,118891183
		50	50	50	12,000	11,982	-0,150225338
		0	0	0	4,000	3,998	-0,050025013

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE	LOW BAND	ACTUAL	HIGH BAND	ERROR
			mA	mA	mA	mA	%
0	0	0	4,000	3,985	4,000	4,015	0,000
25	30	25	8,000	7,985	7,999	8,015	-0,013
50	60	50	12,000	11,985	12,000	12,015	0,000
75	90	75	16,000	15,985	15,999	16,015	-0,006
100	120	100	20,000	19,985	20,000	20,015	0,000
75	90	75	16,000	15,985	15,999	16,015	-0,006
50	60	50	12,000	11,985	12,000	12,015	0,000
0	0	0	4,000	3,985	4,000	4,015	0,000

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 30 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 23/08/2006

Identification No: PT-P1616-1

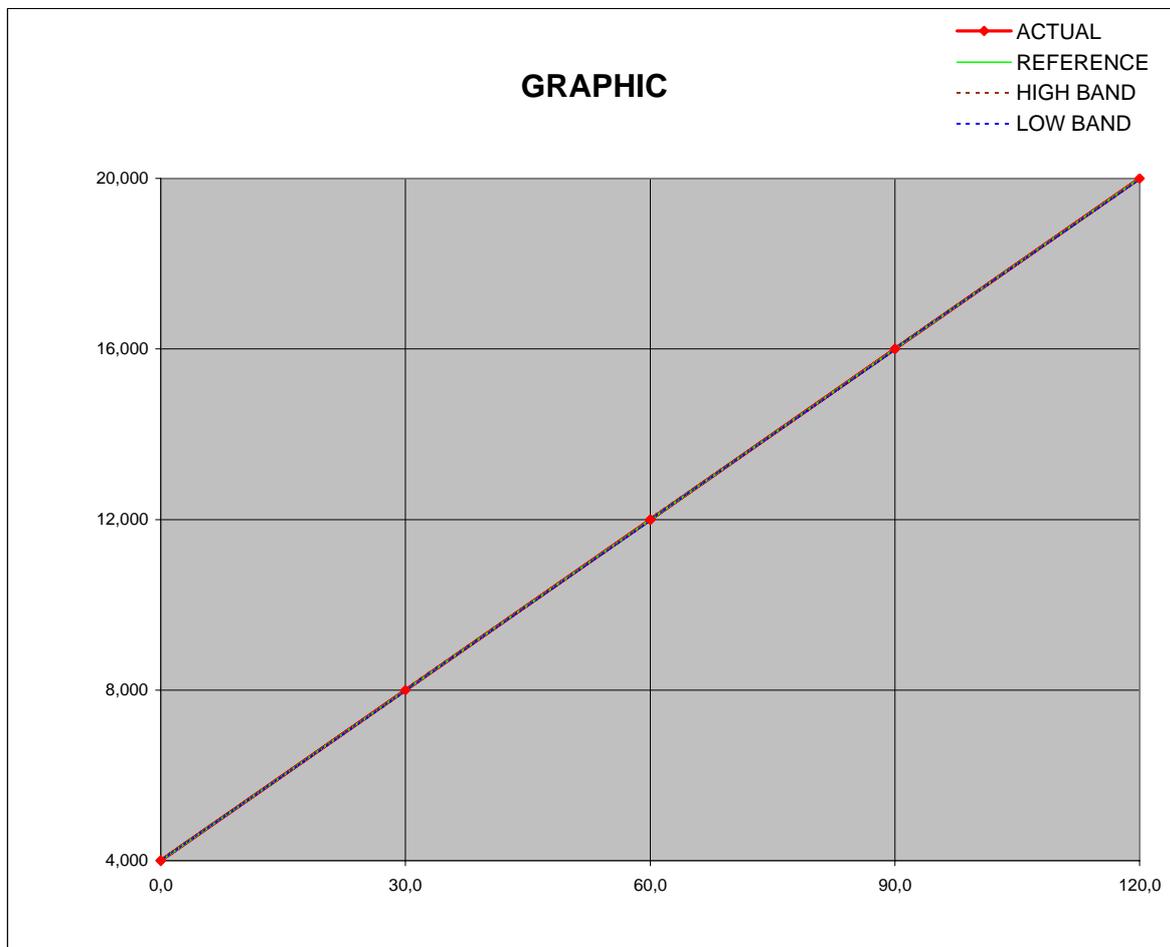
Job No: 606

Element: Transmisor de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-007

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Incopro Technical Dep.

Location:	X-1602 CPF B-18	Date:	23/08/2006
Identification No:	PT-FL1601-5	Job No:	606
Element:	Transmisor de Presión	Cert No.-	ICP-606-CC-008
Calibrated By:	Ma. Eugenia Aguilar		

AS FOUND

TAG No.	INPUT			OUTPUT			
	%	PSI	%	REFERENCE	ACTUAL	ERROR	
				m.A	m.A	%	
PT-FL1601-5							
Model No.	264HSPSBA1L112N2C1	0	0	0	4,000	3,980	-0,502512563
Serial No.	6206001538	25	50	25	8,000	7,980	-0,250626566
Manufact.	ABB	50	100	50	12,000	11,988	-0,1001001
Signal	4 - 20 mA	75	150	75	16,000	16,000	0
Range	0 - 348 PSI	100	200	100	20,000	20,000	0
Precision	0,075%	75	150	75	16,000	16,000	0
		50	50	50	12,000	11,982	-0,150225338
		0	0	0	4,000	3,998	-0,050025013

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE	LOW BAND	ACTUAL	HIGH BAND	ERROR
			mA	mA	mA	mA	%
0	0	0	4,000	3,985	4,000	4,015	0,000
25	30	25	8,000	7,985	7,999	8,015	-0,013
50	60	50	12,000	11,985	12,000	12,015	0,000
75	90	75	16,000	15,985	16,000	16,015	0,000
100	120	100	20,000	19,985	20,000	20,015	0,000
75	90	75	16,000	15,985	16,000	16,015	0,000
50	60	50	12,000	11,985	12,000	12,015	0,000
0	0	0	4,000	3,985	4,000	4,015	0,000

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 30 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 23/08/2006

Identification No: PT-FL1601-5

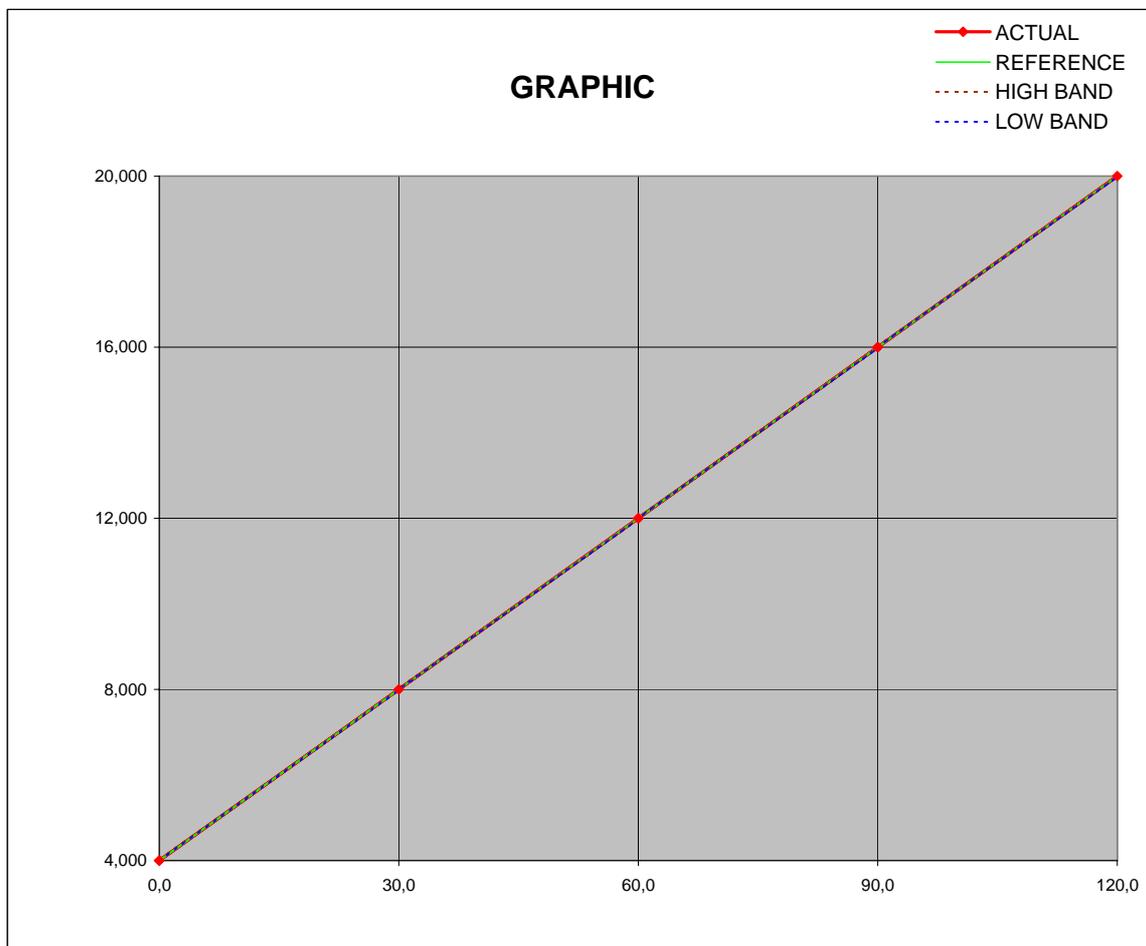
Job No: 606

Element: Transmisor de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-008

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Incopro Technical Dep.

Location:	X-1602 CPF B-18	Date:	23/08/2006
Identification No:	PT-FL1602-5	Job No:	606
Element:	Transmisor de Presión	Cert No.-	ICP-606-CC-009
Calibrated By:	Ma. Eugenia Aguilar		

AS FOUND

TAG No.	INPUT		OUTPUT				
	%	PSI	%	REFERENCE	ACTUAL	ERROR	
				m.A	m.A	%	
PT-FL1602-5							
Model No.	264HSPSBA1L112N2C1	0	0	0	4,000	3,980	-0,502512563
Serial No.	6206001539	25	50	25	8,000	7,980	-0,250626566
Manufact.	ABB	50	100	50	12,000	12,000	0
Signal	4 - 20 mA	75	150	75	16,000	16,000	0
Range	0 - 348 PSI	100	200	100	20,000	19,980	-0,1001001
Precision	0,075%	75	150	75	16,000	16,000	0
		50	50	50	12,000	12,000	0
		0	0	0	4,000	3,998	-0,050025013

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE	LOW BAND	ACTUAL	HIGH BAND	ERROR
			mA	mA	mA	mA	%
0	0	0	4,000	3,985	4,000	4,015	0,000
25	30	25	8,000	7,985	8,000	8,015	0,000
50	60	50	12,000	11,985	12,000	12,015	0,000
75	90	75	16,000	15,985	15,990	16,015	-0,062
100	120	100	20,000	19,985	20,000	20,015	0,000
75	90	75	16,000	15,985	15,990	16,015	-0,062
50	60	50	12,000	11,985	12,000	12,015	0,000
0	0	0	4,000	3,985	4,000	4,015	0,000

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 30 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 23/08/2006

Identification No: PT-FL1602-5

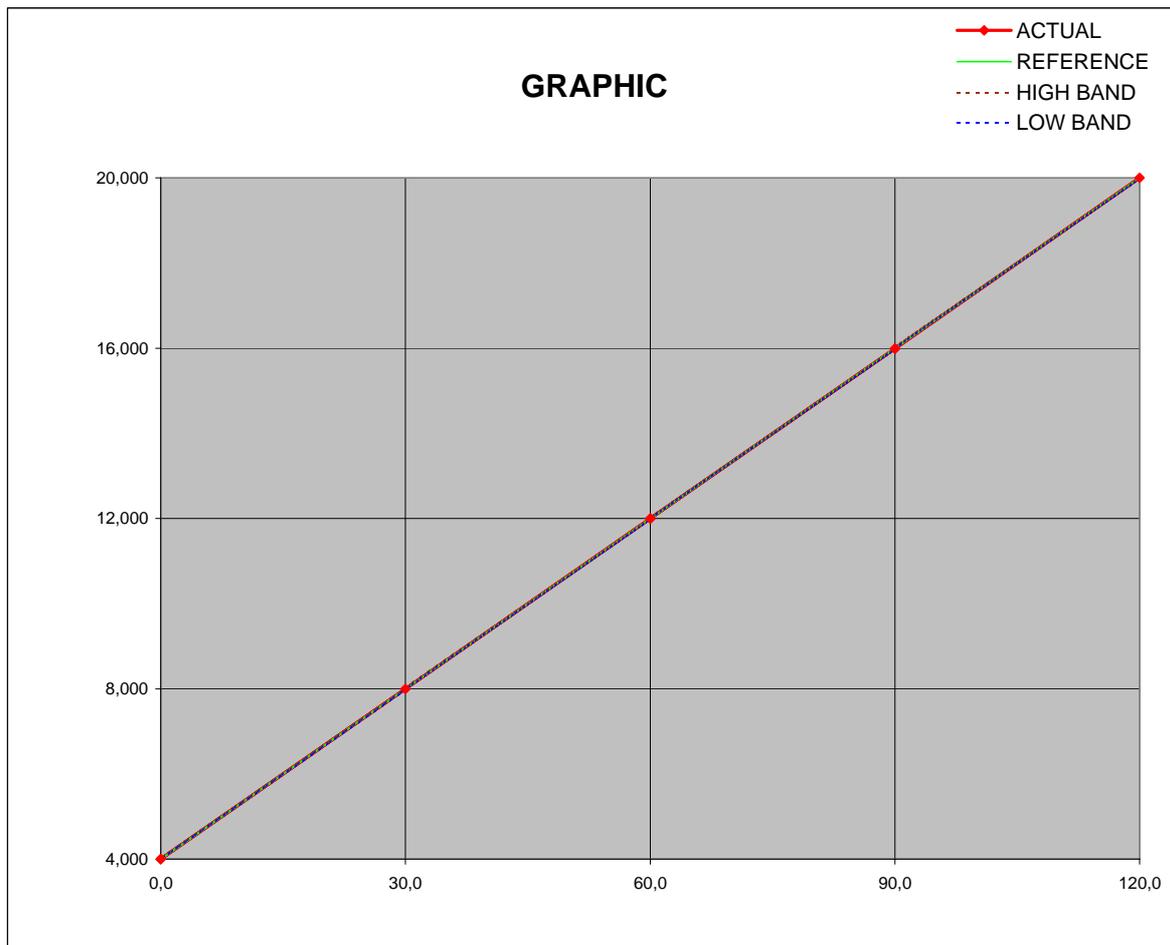
Job No: 606

Element: Transmisor de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-009

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Incopro Technical Dep.

Location:	X-1602 CPF B-18	Date:	26/08/2006
Identification No:	PT-V1608-1	Job No:	606
Element:	Transmisor de Presión	Cert No.-	ICP-606-CC-010
Calibrated By:	Ma. Eugenia Aguilar		

AS FOUND

TAG No.	INPUT		OUTPUT				
	%	PSI	%	REFERENCE	ACTUAL	ERROR	
				m.A	m.A	%	
PT-V1608-1							
Model No.	264HSPSBA1L112N2C1	0	0	0	4,000	3,980	-0,502512563
Serial No.	6206001541	25	50	25	8,000	7,980	-0,250626566
Manufact.	ABB	50	100	50	12,000	11,988	-0,1001001
Signal	4 - 20 mA	75	150	75	16,000	16,000	0
Range	0 - 348 PSI	100	200	100	20,000	19,980	-0,1001001
Precision	0,075%	75	150	75	16,000	16,000	0
		50	50	50	12,000	11,982	-0,150225338
		0	0	0	4,000	3,998	-0,050025013

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE	LOW BAND	ACTUAL	HIGH BAND	ERROR
			mA	mA	mA	mA	%
0	0,0	0	4,000	3,985	4,000	4,015	0,000
25	37,5	25	8,000	7,985	8,000	8,015	0,000
50	75,0	50	12,000	11,985	11,990	12,015	-0,083
75	112,5	75	16,000	15,985	16,000	16,015	0,000
100	150,0	100	20,000	19,985	20,000	20,015	0,000
75	112,5	75	16,000	15,985	16,000	16,015	0,000
50	75,0	50	12,000	11,985	11,990	12,015	-0,083
0	0,0	0	4,000	3,985	4,000	4,015	0,000

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 30 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

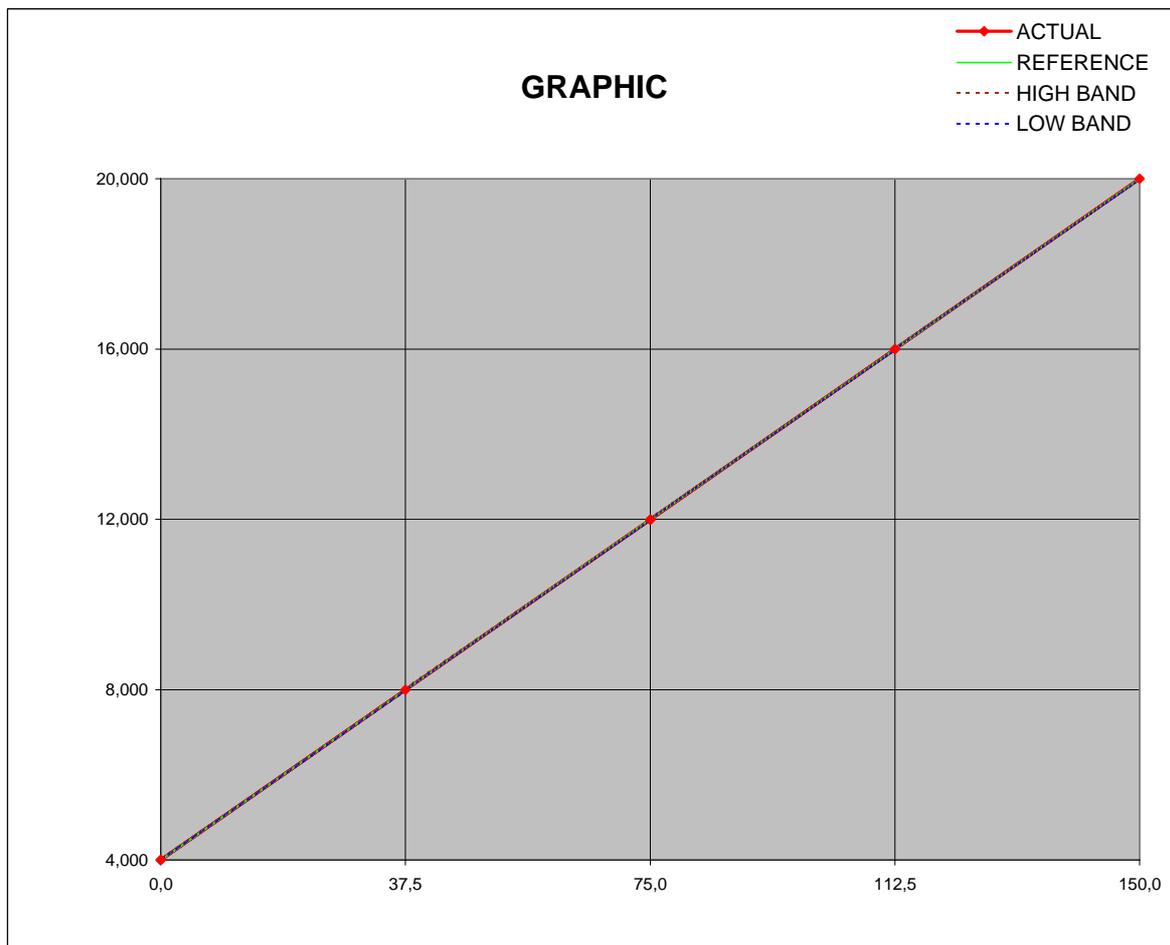
SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18
Identification No: PT-V1608-1
Element: Transmisor de Presión
Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Date: 26/08/2006
Job No: 606
Cert No.- ICP-606-CC-010

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Incopro Technical Dep.

Location:	X-1602 CPF B-18	Date:	26/08/2006
Identification No:	PT-V1609-1	Job No:	606
Element:	Transmisor de Presión	Cert No.-	ICP-606-CC-011
Calibrated By:	Ma. Eugenia Aguilar		

AS FOUND

TAG No.	INPUT		OUTPUT				
	%	PSI	%	REFERENCE	ACTUAL	ERROR	
				m.A	m.A	%	
PT-V1609-1							
Model No.	264HSPSBA1L112N2C1	0	0	0	4,000	3,980	-0,502512563
Serial No.	6206001540	25	50	25	8,000	7,980	-0,250626566
Manufact.	ABB	50	100	50	12,000	12,000	0
Signal	4 - 20 mA	75	150	75	16,000	16,000	0
Range	0 - 348 PSI	100	200	100	20,000	20,000	0
Precision	0,075%	75	150	75	16,000	16,000	0
		50	50	50	12,000	12,000	0
		0	0	0	4,000	3,998	-0,050025013

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE	LOW BAND	ACTUAL	HIGH BAND	ERROR
			mA	mA	mA	mA	%
0	0,0	0	4,000	3,985	3,990	4,015	-0,250
25	37,5	25	8,000	7,985		8,015	-100,000
50	75,0	50	12,000	11,985		12,015	-100,000
75	112,5	75	16,000	15,985		16,015	-100,000
100	150,0	100	20,000	19,985		20,015	-100,000
75	112,5	75	16,000	15,985		16,015	-100,000
50	75,0	50	12,000	11,985		12,015	-100,000
0	0,0	0	4,000	3,985		4,015	-100,000

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 30 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 26/08/2006

Identification No: PT-V1609-1

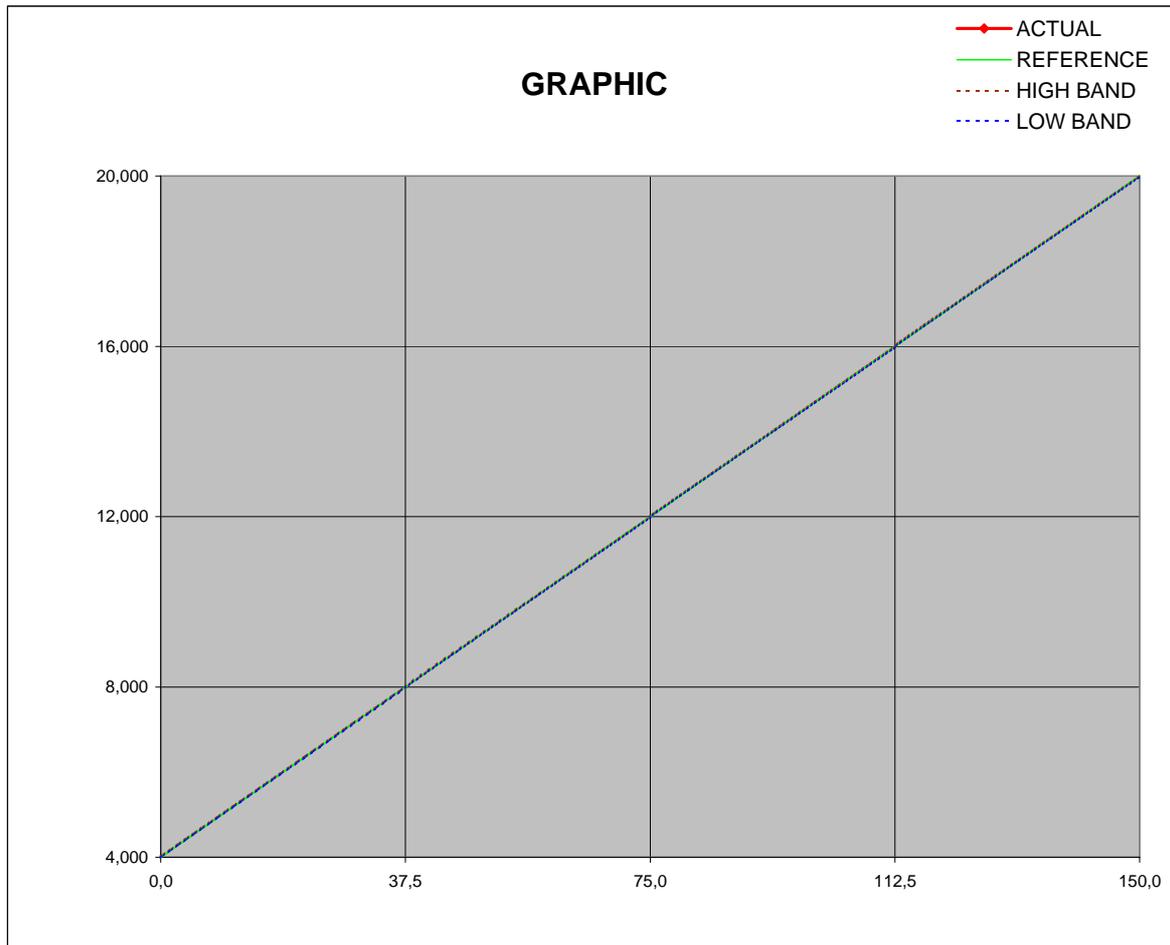
Job No: 606

Element: Transmisor de Presión

Cert No.- ICP-606-CC-011

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





CERTIFICATE OF CALIBRACIÓN

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 24/08/2006

Identification No: PDT-FL1601A-3

Job No: 606

Element: Transmisor de Presión Diferencial

Cert No.- ICP-606-CC-012

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

AS FOUND

TAG No.		INPUT		OUTPUT			
PDT-FL1601A-3		%	PSI	%	REFERENCE	ACTUAL	ERROR
					m.A	m.A	%
Model No.	264DSMSSB1A1V1L1B1I2N2C1	0	0,00	0	4,000	4,0008	0,020
Serial No.	6206001546	25	21,75	25	8,000	8,0008	0,010
Manufact.	ABB	50	43,50	50	12,000	12,0012	0,010
Signal	4 - 20 mA	75	65,25	75	16,000	16,0008	0,005
Range	0 - 87 PSI	100	87,00	100	20,000	20,0000	0
Precision	0,075%	75	65,25	75	16,000	16,0008	0,005
		50	43,50	50	12,000	12,0012	0,010
		0	0,00	0	4,000	4,0008	0,020

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE	LOW BAND	ACTUAL	HIGH BAND	ERROR
			m.A	m.A	m.A	m.A	%
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0000	4,015	0,000
25	5,0	25	8,000	7,985	8,0000	8,015	0,000
50	10,0	50	12,000	11,985	12,0012	12,015	0,010
75	15,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
100	20,0	100	20,000	19,985	20,0000	20,015	0,000
75	15,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
50	10,0	50	12,000	11,985	12,0012	12,015	0,010
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0008	4,015	0,020

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 30 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 24/08/2006

Identification No: PDT-FL1601A-3

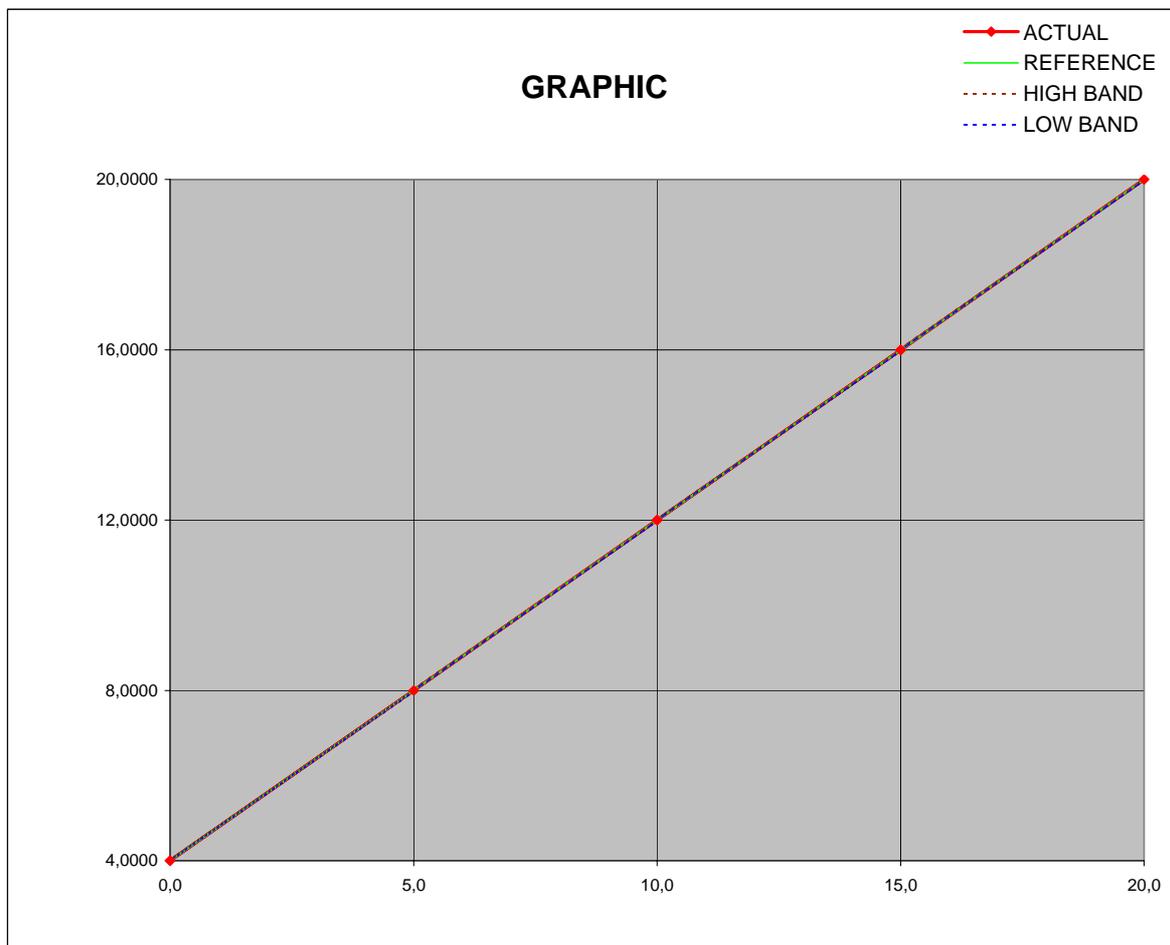
Job No: 606

Element: Transmisor de Presión Diferencial

Cert No.- ICP-606-CC-012

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





CERTIFICATE OF CALIBRACIÓN

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 24/08/2006

Identification No: PDT-FL1601B-3

Job No: 606

Element: Transmisor de Presión Diferencial

Cert No.- ICP-606-CC-013

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

AS FOUND

TAG No.		INPUT		OUTPUT			
PDT-FL1601B-3		%	PSI	%	REFERENCE	ACTUAL	ERROR
					m.A	m.A	%
Model No.	264DSMSSB1A1V1L1B1I2N2C1	0	0,00	0	4,000	4,0008	0,020
Serial No.	6206001546	25	21,75	25	8,000	8,0008	0,010
Manufact.	ABB	50	43,50	50	12,000	12,0012	0,010
Signal	4 - 20 mA	75	65,25	75	16,000	16,0008	0,005
Range	0 - 87 PSI	100	87,00	100	20,000	20,0000	0
Precision	0,075%	75	65,25	75	16,000	16,0008	0,005
		50	43,50	50	12,000	12,0012	0,010
		0	0,00	0	4,000	4,0008	0,020

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE	LOW BAND	ACTUAL	HIGH BAND	ERROR
			m.A	m.A	m.A	m.A	%
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0000	4,015	0,000
25	5,0	25	8,000	7,985	8,0000	8,015	0,000
50	10,0	50	12,000	11,985	12,0012	12,015	0,010
75	15,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
100	20,0	100	20,000	19,985	20,0000	20,015	0,000
75	15,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
50	10,0	50	12,000	11,985	12,0012	12,015	0,010
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0008	4,015	0,020

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 30 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 24/08/2006

Identification No: PDT-FL1601B-3

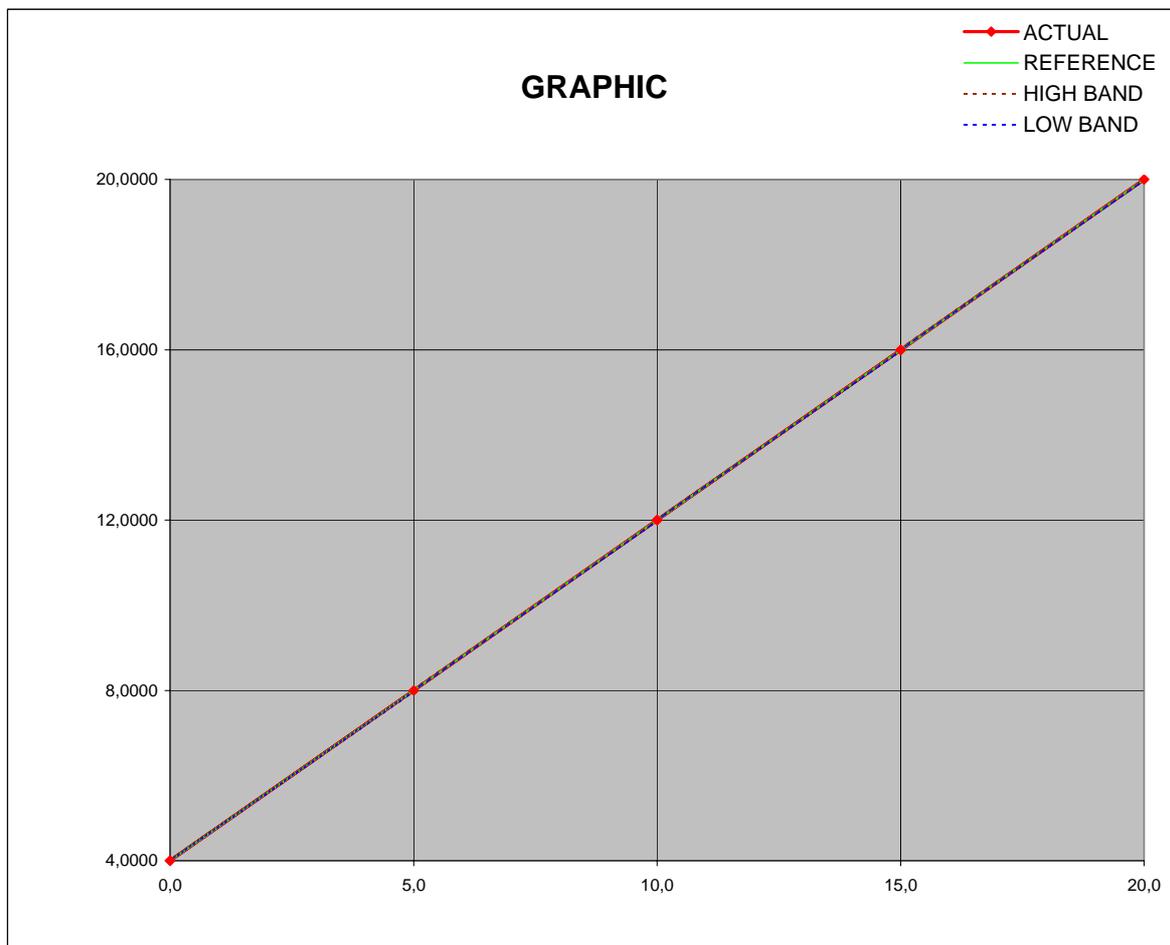
Job No: 606

Element: Transmisor de Presión Diferencial

Cert No.- ICP-606-CC-013

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





CERTIFICATE OF CALIBRACIÓN

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 24/08/2006

Identification No: PDT-FL1602A-3

Job No: 606

Element: Transmisor de Presión Diferencial

Cert No.- ICP-606-CC-014

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

AS FOUND

TAG No.		INPUT		OUTPUT			
PDT-FL1602A-3		%	PSI	%	REFERENCE	ACTUAL	ERROR
					m.A	m.A	%
Model No.	264DSMSSB1A1V1L1B1I2N2C1	0	0,00	0	4,000	4,0022	0,055
Serial No.	6206003530	25	21,75	25	8,000	8,0008	0,010
Manufact.	ABB	50	43,50	50	12,000	12,0000	0,000
Signal	4 - 20 mA	75	65,25	75	16,000	16,0000	0
Range	0 - 87 PSI	100	87,00	100	20,000	20,0000	0
Precision	0,075%	75	65,25	75	16,000	16,0008	0,005
		50	43,50	50	12,000	12,0012	0,010
		0	0,00	0	4,000	4,0002	0,005

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE	LOW BAND	ACTUAL	HIGH BAND	ERROR
			mA	mA	mA	mA	%
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0000	4,000	0,000
25	5,0	25	8,000	7,985	8,0000	8,000	0,000
50	10,0	50	12,000	11,985	12,0012	12,015	0,010
75	15,0	75	16,000	15,985	16,0008	16,015	0,005
100	20,0	100	20,000	19,985	20,0008	20,015	0,004
75	15,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
50	10,0	50	12,000	11,985	12,0012	12,015	0,010
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0008	4,015	0,020

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 30 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 24/08/2006

Identification No: PDT-FL1602A-3

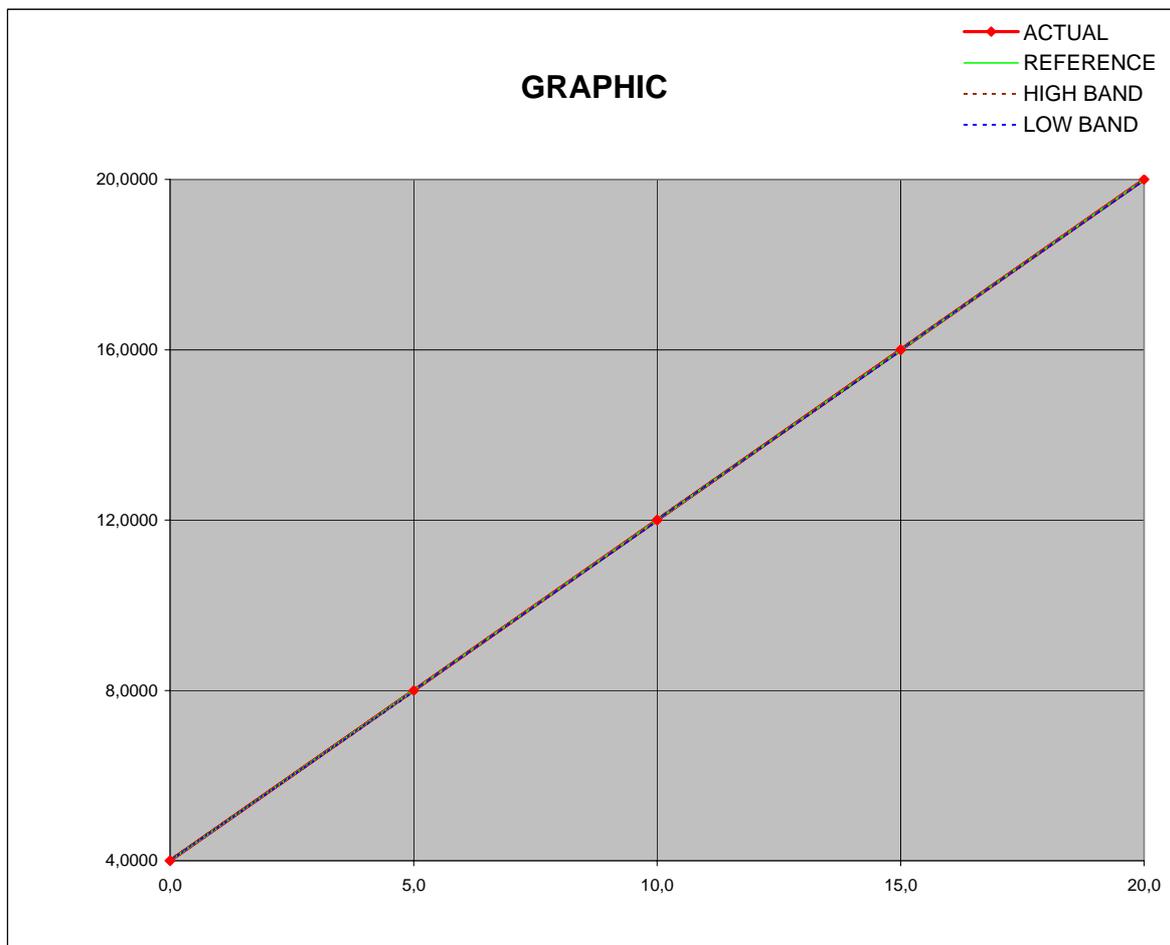
Job No: 606

Element: Transmisor de Presión Diferencial

Cert No.- ICP-606-CC-014

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





CERTIFICATE OF CALIBRACIÓN

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 24/08/2006

Identification No: PDT-FL1602B-3

Job No: 606

Element: Transmisor de Presión Diferencial

Cert No.- ICP-606-CC-015

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

AS FOUND

TAG No.		INPUT		OUTPUT			
PDT-FL1602B-3		%	PSI	%	REFERENCE	ACTUAL	ERROR
					m.A	m.A	%
Model No.	264DSMSSB1A1V1L1B1I2N2C1	0	0,00	0	4,000	4,0000	0,000
Serial No.	6206001548	25	21,75	25	8,000	8,0000	0,000
Manufact.	ABB	50	43,50	50	12,000	12,0012	0,010
Signal	4 - 20 mA	75	65,25	75	16,000	16,0008	0,005
Range	0 - 87 PSI	100	87,00	100	20,000	20,0008	0,004
Precision	0,075%	75	65,25	75	16,000	16,0020	0,0125
		50	43,50	50	12,000	12,0032	0,027
		0	0,00	0	4,000	4,0008	0,020

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	PSI	%	REFERENCE	LOW BAND	ACTUAL	HIGH BAND	ERROR
			m.A	m.A	m.A	m.A	%
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0008	4,000	0,020
25	5,0	25	8,000	7,985	8,0000	8,000	0,000
50	10,0	50	12,000	11,985	12,0012	12,015	0,010
75	15,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
100	20,0	100	20,000	19,985	20,0008	20,015	0,004
75	15,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
50	10,0	50	12,000	11,985	12,0012	12,015	0,010
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0008	4,015	0,020

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 30 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 24/08/2006

Identification No: PDT-FL1602B-3

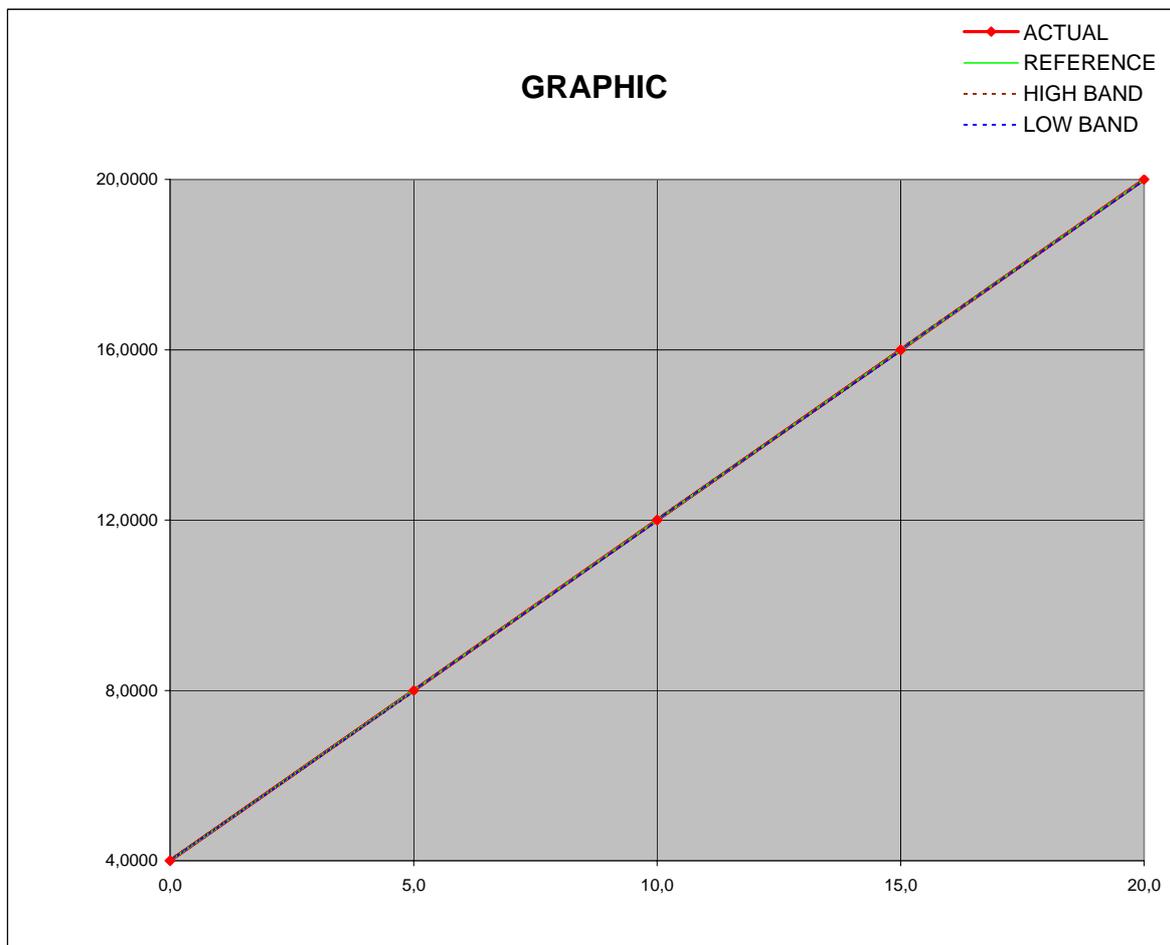
Job No: 606

Element: Transmisor de Presión Diferencial

Cert No.- ICP-606-CC-015

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





CERTIFICATE OF CALIBRACIÓN

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 28/08/2006

Identification No: LT-1604-1

Job No: 606

Element: Transmisor de Nivel

Cert No.- ICP-606-CC-016

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

AS FOUND

TAG No.	INPUT		OUTPUT				
	%	in H2O	%	REFERENCE m.A	ACTUAL m.A	ERROR %	
LT-1604-1							
Model No.	264DSGSSB1A1V1L1B12N2C1	0	0,00	0	4,000	4,0002	0,005
Serial No.	6206001544	25	65,00	25	8,000	7,9992	-0,010
Manufact.	ABB	50	130,00	50	12,000	12,0000	0,000
Signal	4 - 20 mA	75	195,00	75	16,000	16,0008	0,005
Range	0 - 260 in H2O	100	260,00	100	20,000	20,0000	0
Precision	0,075%	75	195,00	75	16,000	16,0032	0,02
		50	130,00	50	12,000	12,0032	0,027
		0	0,00	0	4,000	4,0002	0,005

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	in H2O	%	REFERENCE mA	LOW BAND mA	ACTUAL mA	HIGH BAND mA	ERROR %
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0000	4,000	0,000
25	55,0	25	8,000	7,985	7,9968	8,000	-0,040
50	110,0	50	12,000	11,985	11,9980	12,015	-0,017
75	165,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
100	220,0	100	20,000	19,985	20,0008	20,015	0,004
75	165,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
50	110,0	50	12,000	11,985	12,0012	12,015	0,010
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0008	4,015	0,020

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 25 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 28/08/2006

Identification No: LT-1604-1

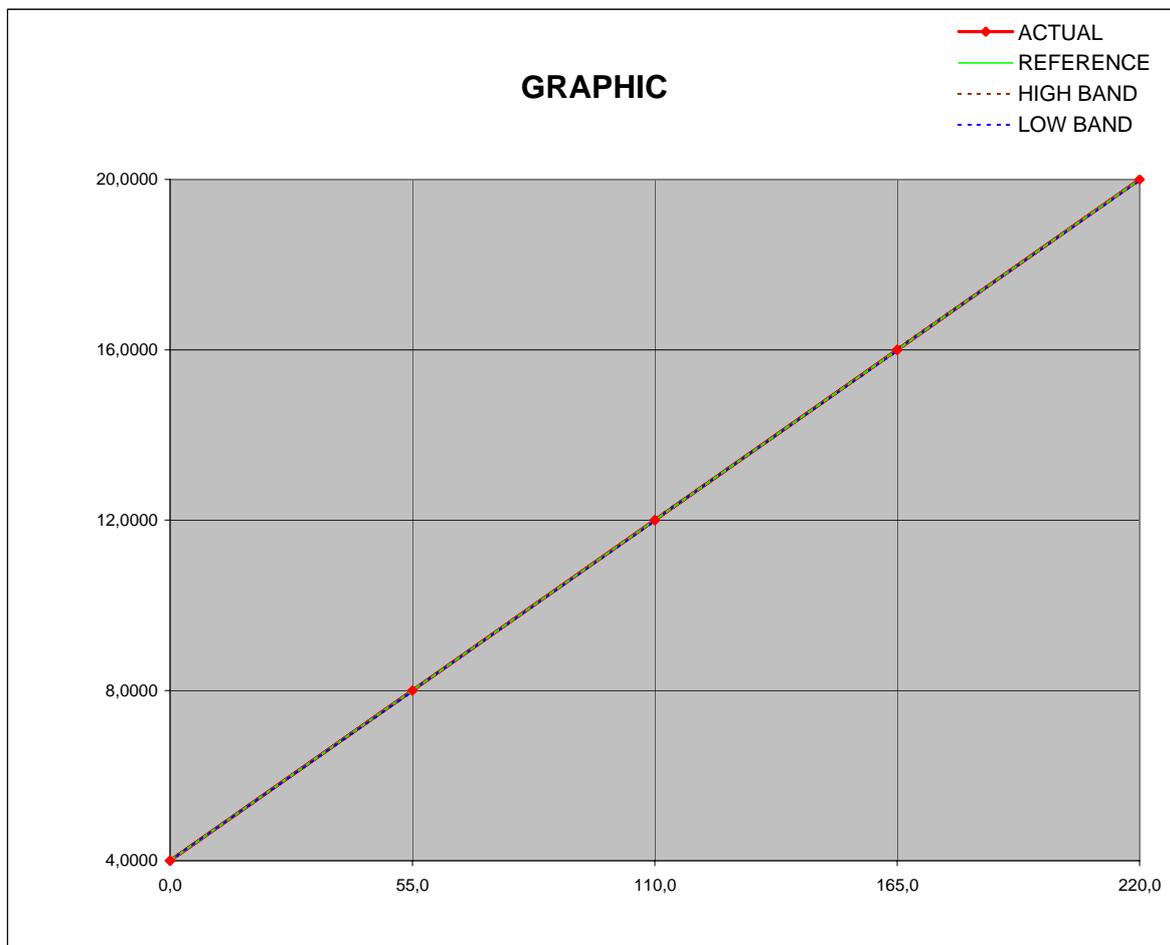
Job No: 606

Element: Transmisor de Nivel

Cert No.- ICP-606-CC-016

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





CERTIFICATE OF CALIBRACIÓN

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 28/08/2006

Identification No: LT-1605-1

Job No: 606

Element: Transmisor de Nivel

Cert No.- ICP-606-CC-017

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

AS FOUND

TAG No.	INPUT		OUTPUT				
	%	in H2O	%	REFERENCE m.A	ACTUAL m.A	ERROR %	
LT-1605-1							
Model No.	264DSGSSB1A1V1L1B112N2C1	0	0,00	0	4,000	4,0002	0,005
Serial No.	6206001545	25	65,00	25	8,000	8,0000	0,000
Manufact.	ABB	50	130,00	50	12,000	12,0012	0,010
Signal	4 - 20 mA	75	195,00	75	16,000	16,0002	0,00125
Range	0 - 260 in H2O	100	260,00	100	20,000	20,0008	0,004
Precision	0,075%	75	195,00	75	16,000	16,0048	0,03
		50	130,00	50	12,000	12,0052	0,043
		0	0,00	0	4,000	4,0002	0,005

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	in H2O	%	REFERENCE mA	LOW BAND mA	ACTUAL mA	HIGH BAND mA	ERROR %
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0000	4,000	0,000
25	50,0	25	8,000	7,985	7,9998	8,000	-0,003
50	100,0	50	12,000	11,985	12,0000	12,015	0,000
75	150,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
100	200,0	100	20,000	19,985	20,0008	20,015	0,004
75	150,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
50	100,0	50	12,000	11,985	12,0000	12,015	0,000
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0000	4,015	0,000

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 25 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 28/08/2006

Identification No: LT-1605-1

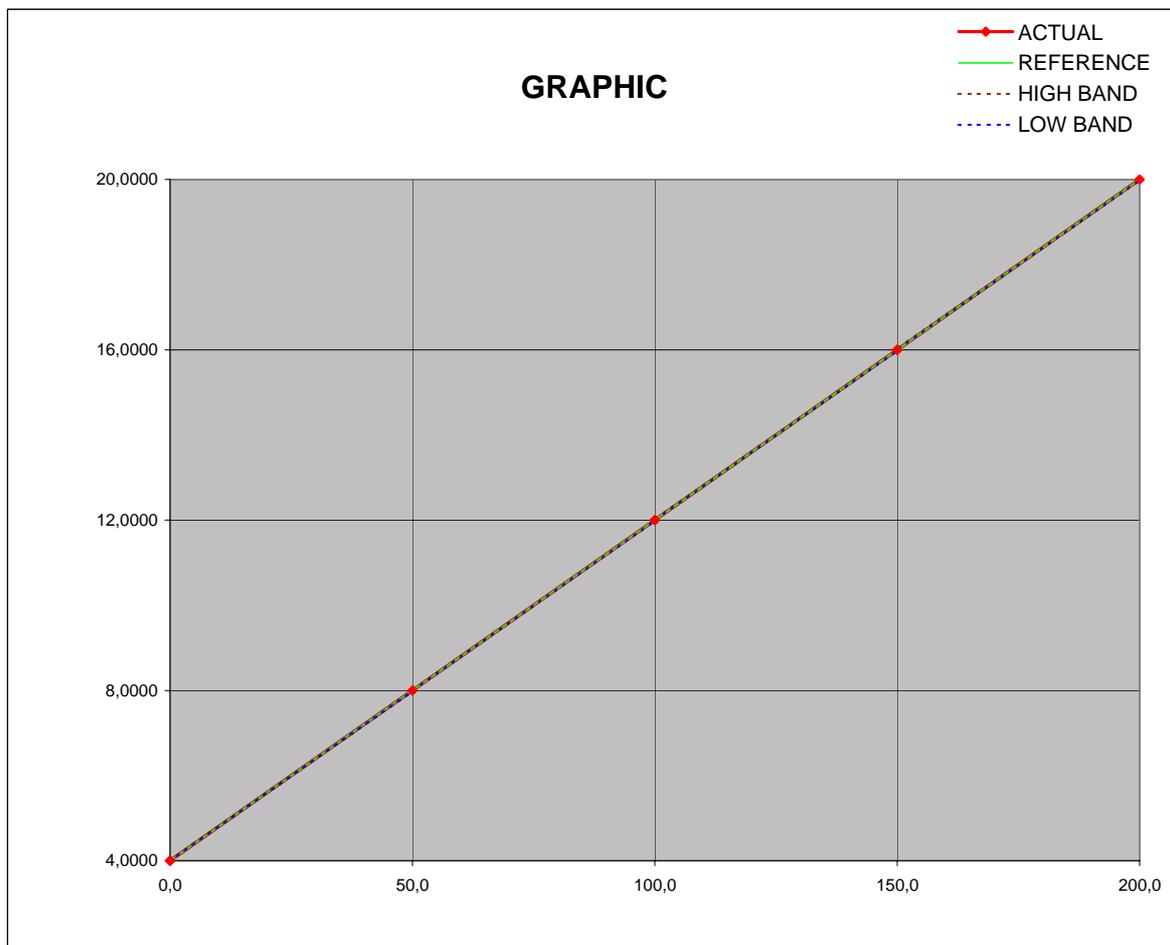
Job No: 606

Element: Transmisor de Nivel

Cert No.- ICP-606-CC-017

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





CERTIFICATE OF CALIBRACIÓN

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 26/08/2006

Identification No: LT-V1609-1

Job No: 606

Element: Transmisor de Nivel

Cert No.- ICP-606-CC-018

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

AS FOUND

TAG No.	INPUT		OUTPUT				
	%	in H2O	%	REFERENCE m.A	ACTUAL m.A	ERROR %	
LT-V1609-1							
Model No.	264DSGSSB1A1V1L1B112N2C1	0	0,00	0	4,000	3,9988	-0,030
Serial No.	6206001542	25	40,00	25	8,000	7,9940	-0,075
Manufact.	ABB	50	80,00	50	12,000	11,9940	-0,050
Signal	4 - 20 mA	75	120,00	75	16,000	15,9940	-0,0375
Range	0 - 160 in H2O	100	160,00	100	20,000	19,9932	-0,034
Precision	0,075%	75	120,00	75	16,000	15,9960	-0,025
		50	80,00	50	12,000	11,9972	-0,023
		0	0,00	0	4,000	4,0000	0,000

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	in H2O	%	REFERENCE mA	LOW BAND mA	ACTUAL mA	HIGH BAND mA	ERROR %
0	0,0	0	4,000	3,985	3,9999	4,000	-0,003
25	40,0	25	8,000	7,985	7,9998	8,000	-0,003
50	80,0	50	12,000	11,985	12,0000	12,015	0,000
75	120,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
100	160,0	100	20,000	19,985	20,0000	20,015	0,000
75	120,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
50	80,0	50	12,000	11,985	12,0000	12,015	0,000
0	0,0	0	4,000	3,985	3,9999	4,015	-0,003

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 25 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 26/08/2006

Identification No: LT-V1609-1

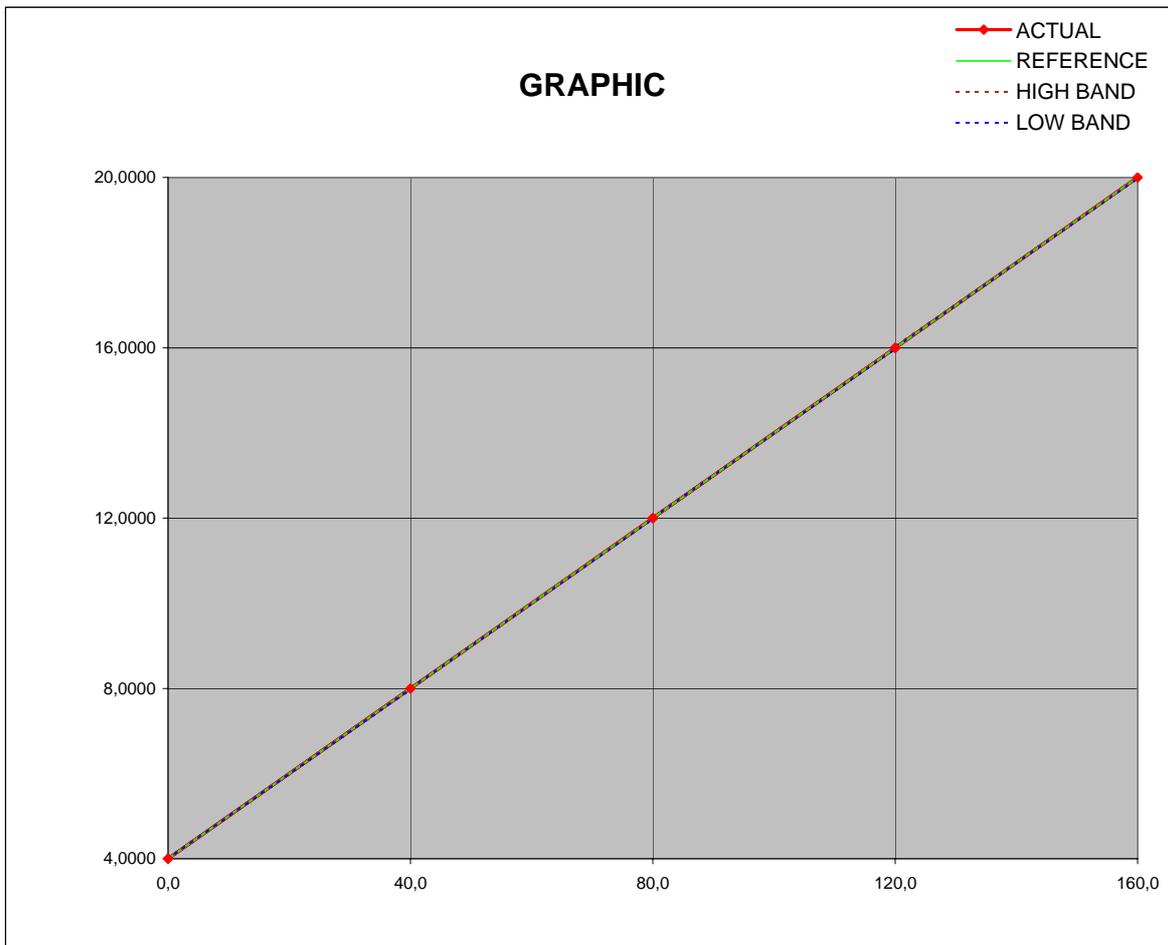
Job No: 606

Element: Transmisor de Nivel

Cert No.- ICP-606-CC-018

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$





CERTIFICATE OF CALIBRACIÓN

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 26/08/2006

Identification No: LT-V1608-1

Job No: 606

Element: Transmisor de Nivel

Cert No.- ICP-606-CC-019

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

AS FOUND

TAG No.		INPUT		OUTPUT			
LT-V1608-1		%	in H2O	%	REFERENCE	ACTUAL	ERROR
					m.A	m.A	%
Model No.	264DSGSSB1A1V1L1B112N2C1	0	0,00	0	4,000	4,0000	0,000
Serial No.	6206001543	25	40,00	25	8,000	7,9968	-0,040
Manufact.	ABB	50	80,00	50	12,000	11,9980	-0,017
Signal	4 - 20 mA	75	120,00	75	16,000	16,0008	0,005
Range	0 - 160 in H2O	100	160,00	100	20,000	20,0008	0,004
Precision	0,075%	75	120,00	75	16,000	16,0032	0,02
		50	80,00	50	12,000	12,0012	0,010
		0	0,00	0	4,000	4,0000	0,000

AS LEFT

INPUT		OUTPUT					
%	in H2O	%	REFERENCE	LOW BAND	ACTUAL	HIGH BAND	ERROR
			m.A	m.A	m.A	m.A	%
0	0,0	0	4,000	3,985	4,0000	4,000	0,000
25	40,0	25	8,000	7,985	8,0000	8,000	0,000
50	80,0	50	12,000	11,985	12,0000	12,015	0,000
75	120,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
100	160,0	100	20,000	19,985	20,0008	20,015	0,004
75	120,0	75	16,000	15,985	16,0000	16,015	0,000
50	80,0	50	12,000	11,985	12,0000	12,015	0,000
0	0,0	0	4,000	3,985	3,9999	4,015	-0,003

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 25 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,001 mA
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P30 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83003006
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,1 PSI

BY INCOPRO S.A
TECHNICIAN



GRAPHIC OF CALIBRATION

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18

Date: 26/08/2006

Identification No: LT-V1608-1

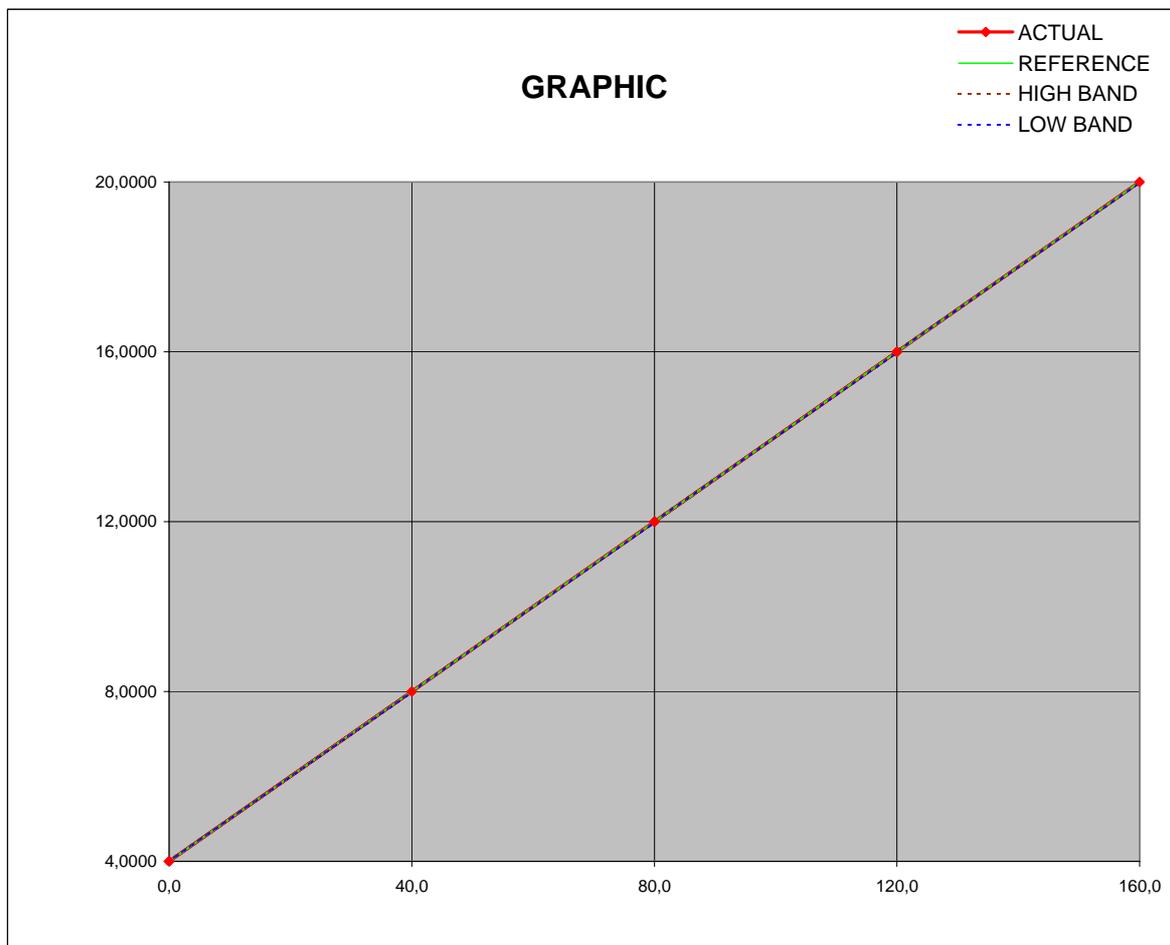
Job No: 606

Element: Transmisor de Nivel

Cert No.- ICP-606-CC-019

Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER $\pm 0,08\%$



ANEXO 21

CERTIFICADOS DE CALIBRACION PARA SWITCHES DE PRESION



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Certificate of Calibration

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18
 Identification No: PSHH-P1616A-2
 Element: PRESSURE SWITCH
 Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Date: 23/08/2006
 Job No:
 Cert No: ICP-606-CC-020

AS FOUND

TAG No.		CONTACT	INPUT	SETPOINT			RESET	
PSHH-P1616A-2		TYPE	PSI	REFERENCE	VALUE	ACTION	VALUE	ACTION
Model No.	T PMP 131-A2-B-1-2-Q4R	NC	75,00	75,00	75,00	F	60,00	R
Serial No.	840EC801052							
Manufact.	Endress + Hauser							
Signal.	PNP transistor switch output							
Range.	0-150 PSI							
Tolerance.	2,00%							

AS LEFT

CONTACT	INPUT	SETPOINT						RESET	
TYPE	PSI	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	VALUE PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %	ACTION	VALUE PSI	ACTION
NC	87,0	87,0	85,3	87,3	88,7	0,34	F	85,0	R

Notes: 1.- NO = Normally Open NC = Normally Closed DT = Double Throw
 2.- R = Raising F = Falling
 POSITION CALIBRATED IN: Laboratory
 AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	OPEN/CLOSE
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P06 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83150618
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,01 PSI

BY INCOPRO S.A.
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación

Telefax (593-2) 2596-845/2296-492 /E-mail:incopro@incoproecuador.com
QUITO-ECUADOR



Certificate of Calibration

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18
 Identification No: PSHH-P1616B-2
 Element: PRESSURE SWITCH
 Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Date: 23/08/2006
 Job No:
 Cert No: ICP-606-CC-021

AS FOUND

TAG No.		CONTACT	INPUT	SETPOINT			RESET	
PSHH-P1616B-2		TYPE	PSI	REFERENCE	VALUE	ACTION	VALUE	ACTION
Model No.	T PMP 131-A2-B-1-2-Q4R	NC	75,00	75,00	75,00	F	60,00	R
Serial No.	840EC901052							
Manufact.	Endress + Hauser							
Signal.	PNP transistor switch output							
Range.	0-150 PSI							
Tolerance.	2,00%							

AS LEFT

CONTACT	INPUT	SETPOINT						RESET	
TYPE	PSI	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	VALUE PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %	ACTION	VALUE PSI	ACTION
NC	87,0	87,0	85,3	87,2	88,7	0,23	F	85,4	R

Notes: 1.- NO = Normally Open NC = Normally Closed DT = Double Throw
 2.- R = Raising F = Falling

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	OPEN/CLOSE
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P06 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83150618
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,01 PSI

BY INCOPRO S.A.
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación

Telefax (593-2) 2596-845/2296-492 /E-mail:incopro@incoproecuador.com
QUITO-ECUADOR



Certificate of Calibration

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18
 Identification No: PSHH-P1621A-2
 Element: PRESSURE SWITCH
 Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Date: 23/08/2006
 Job No:
 Cert No: ICP-606-CC-022

AS FOUND

TAG No.		CONTACT	INPUT	SETPOINT			RESET	
PSHH-P1621A-2		TYPE	PSI	REFERENCE	VALUE	ACTION	VALUE	ACTION
Model No.	T PMP 131-A2-B-1-2-Q4R	NC	75,00	75,00	75,00	F	60,00	R
Serial No.	840ECA01052							
Manufact.	Endress + Hauser							
Signal.	PNP transistor switch output							
Range.	0-150 PSI							
Tolerance.	2,00%							

AS LEFT

CONTACT	INPUT	SETPOINT						RESET	
TYPE	PSI	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	VALUE PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %	ACTION	VALUE PSI	ACTION
NC	110,0	110,0	107,8	110,2	112,2	0,18	F	108,7	R

Notes: 1.- NO = Normally Open NC = Normally Closed DT = Double Throw
 2.- R = Raising F = Falling
 POSITION CALIBRATED IN: Laboratory
 AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	OPEN/CLOSE
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P06 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83150618
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,01 PSI

BY INCOPRO S.A.
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación

Telefax (593-2) 2596-845/2296-492 /E-mail:incopro@incoproecuador.com
QUITO-ECUADOR



Certificate of Calibration

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18
 Identification No: PSHH-P1621B-2
 Element: PRESSURE SWITCH
 Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Date: 23/08/2006
 Job No:
 Cert No: ICP-606-CC-023

AS FOUND

TAG No.		CONTACT	INPUT	SETPOINT			RESET	
PSHH-P1621B-2		TYPE	PSI	REFERENCE	VALUE	ACTION	VALUE	ACTION
Model No.	T PMP 131-A2-B-1-2-Q4R	NC	75,00	75,00	75,00	F	60,00	R
Serial No.	840ECB01052							
Manufact.	Endress + Hauser							
Signal.	PNP transistor switch output							
Range.	0-150 PSI							
Tolerance.	2,00%							

AS LEFT

CONTACT	INPUT	SETPOINT						RESET	
TYPE	PSI	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	VALUE PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %	ACTION	VALUE PSI	ACTION
NC	110,0	110,0	107,8	110,1	112,2	0,09	F	108,0	R

Notes: 1.- NO = Normally Open NC = Normally Closed DT = Double Throw
 2.- R = Raising F = Falling

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	OPEN/CLOSE
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P06 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83150618
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,01 PSI

BY INCOPRO S.A.
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación

Telefax (593-2) 2596-845/2296-492 /E-mail:incopro@incoproecuador.com
QUITO-ECUADOR



SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Certificate of Calibration

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18
 Identification No: PSHH-P1617A-2
 Element: PRESSURE SWITCH
 Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Date: 23/08/2006
 Job No:
 Cert No: ICP-606-CC-024

AS FOUND

TAG No.		CONTACT	INPUT	SETPOINT			RESET	
PSHH-P1617A-2		TYPE	PSI	REFERENCE	VALUE	ACTION	VALUE	ACTION
Model No.	T PMP 131-A2-B-1-2-Q4R	NC	75,00	75,00	75,00	F	60,00	R
Serial No.	840EC701052							
Manufact.	Endress + Hauser							
Signal.	PNP transistor switch output							
Range.	0-150 PSI							
Tolerance.	2,00%							

AS LEFT

CONTACT	INPUT	SETPOINT						RESET	
TYPE	PSI	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	VALUE PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %	ACTION	VALUE PSI	ACTION
NC	105,0	105,0	102,9	105,2	107,1	0,19	F	104,0	R

Notes: 1.- NO = Normally Open NC = Normally Closed DT = Double Throw
 2.- R = Raising F = Falling
 POSITION CALIBRATED IN: Laboratory
 AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	OPEN/CLOSE
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P06 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83150618
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,01 PSI

BY INCOPRO S.A.
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación

Telefax (593-2) 2596-845/2296-492 /E-mail: incopro@incoproecuador.com
QUITO-ECUADOR



Certificate of Calibration

SERVICIOS DE INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

Incopro Technical Dep.

Location: X-1602 CPF B-18
 Identification No: PSHH-P1617B-2
 Element: PRESSURE SWITCH
 Calibrated By: Ma. Eugenia Aguilar

Date: 23/08/2006
 Job No:
 Cert No: ICP-606-CC-025

AS FOUND

TAG No.		CONTACT	INPUT	SETPOINT			RESET	
PSHH-P1617B-2		TYPE	PSI	REFERENCE	VALUE	ACTION	VALUE	ACTION
Model No.	T PMP 131-A2-B-1-2-Q4R	NC	75,00	75,00	75,00	F	60,00	R
Serial No.	840EC001052							
Manufact.	Endress + Hauser							
Signal.	PNP transistor switch output							
Range.	0-150 PSI							
Tolerance.	2,00%							

AS LEFT

CONTACT	INPUT	SETPOINT						RESET	
TYPE	PSI	REFERENCE PSI	LOW BAND PSI	VALUE PSI	HIGH BAND PSI	ERROR %	ACTION	VALUE PSI	ACTION
NC	105,0	105,0	102,9	105,3	107,1	0,29	F	1041,0	R

Notes: 1.- NO = Normally Open NC = Normally Closed DT = Double Throw
 2.- R = Raising F = Falling

POSITION CALIBRATED IN: Laboratory

AMBIENT TEMPERATURE: 26 °C

MASTER GAUGE USED

IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 744	SERIAL NUMBER:	8315001
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	OPEN/CLOSE
IDENTIFICATION NUMBER:	FLUKE 700P06 PRESSURE MODULE	SERIAL NUMBER:	83150618
CALIBRATION CERTIFICATE VALID UNTIL:	21/06/2007	ACCURACY FOR THIS RANGE:	0,01 PSI

BY INCOPRO S.A.
TECHNICIAN

Servicios de: Ingeniería, Venta de Válvulas, Montajes Industriales, Mantenimiento, Integración y Venta de Sistemas de Control y Capacitación

Telefax (593-2) 2596-845/2296-492 /E-mail:incopro@incoproecuador.com
QUITO-ECUADOR

ANEXO 22

CHEQUEO GENERAL DE INSPECCION

TEST CON ENERGIA

<u>Item</u>	<u>Descripción</u>	<u>Resultado del Test</u>
1	<p>Inicio (stop/ start)</p> <p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Cargar las configuraciones respectivas al controlador y a todos los módulos del sistema.▪ Verificar que al energizar el tablero los controladores, fuentes y tarjetas no den indicación de falla. La verificación se realizará observando los led's de status (error) de las tarjetas.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA

SISTEMA DE COMUNICACION

<u>Item</u>	<u>Descripción</u>	<u>Resultado del Test</u>
1	<p>Verificar nodos Red Ethernet</p> <p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Verificar físicamente cada uno de los nodos de la red ethernet mediante la comprobación de su existencia incluyendo su software y licencias correspondientes..	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA

	correcto ajuste.	
9	<p>Orientación del plug del cable</p> <p>Procedimiento: Verificar que las conexiones a bornera se hayan realizado según los planos</p>	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
10	<p>Test de aislamiento de voltaje del gabinete en sitio</p> <p>Equipo a utilizarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multímetro Digital. <p>Procedimiento: Comprobar que al medir resistencia entre Neutro y Tierra nos da un valor menor a 1Ω.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA

INSPECCIÓN VISUAL

<u>Item</u>	<u>Descripción</u>	<u>Resultado del Test</u>
1	<p>Inspección Visual</p> <p>Procedimiento: Verificar que cada uno de los componentes cumpla con las especificaciones requeridas de montaje, estética, cantidad, identificación y rotulado.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA

VERIFICACIÓN DEL CONEXIONADO

<u>Item</u>	<u>Descripción</u>	<u>Resultado del Test</u>
1	Verificación de cableado Procedimiento: Revisar que todos los puntos de conexión interna del gabinete se encuentre según los planos de referencia.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
2	Fusibles, circuit-breakers Procedimiento: Revisar que el valor y las dimensiones de los fusibles y/o breakers utilizados se encuentre según los planos.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
3	Inspección de Terminales Procedimiento: Verificar que todos los cables tengan terminales, y que los mismos tengan el tamaño correcto en función del calibre del cable.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
4	Inspección de todas las señales Procedimiento: Verificar que los nombres "tags" de los identificadores de los terminales de los cables se encuentren según los planos	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
5	Prueba de Carga en los cables Procedimiento: Verificar que el calibre de los cables es el apropiado para los equipos a los que estan conectados de acuerdo a los planos de referencia.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
6	I/O Terminales de conexionado Procedimiento: Realizar en forma aleatoria el halado de por lo menos el 25% de todas las conexiones a borneras con el fin de comprobar su	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA

CHEQUEO DE CONEXIÓN A TIERRA

<u>Item</u>	<u>Descripción</u>	<u>Resultado del Test</u>
1	Verificación de tierra en los gabinetes Procedimiento: Verificar que todos los equipos se encuentran perfectamente conectados a las barras de tierra de acuerdo a los planos en referencia.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA

CHEQUEO DE REDUNDANCIA CIRCUITOS DE ALIMENTACIÓN

<u>Item</u>	<u>Descripción</u>	<u>Resultado del Test</u>
1	Verificación de alimentación y fuente redundante. Equipo a utilizarse: <ul style="list-style-type: none">Multímetro Digital. Procedimiento: Comprobar que al des-energizar una fuente el sistema queda operando correctamente con la fuente de voltaje de 24 V / 10 A <ul style="list-style-type: none">Fuentes A y B Conectadas <input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NAFuente A Desconexión <input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NAFuente B Desconexión <input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA

CHEQUEO DE EQUIPOS

<u>Item</u>	<u>Descripción</u>	<u>Resultado del Test</u>
1	<p>Identificación de Cableado</p> <p>Procedimiento: Verificar que todos los puntos de conexión interna del gabinete posean identificación.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
2	<p>Montaje de componentes y módulos.</p> <p>Procedimiento: Verificar que el montaje de módulos, tarjetas y componentes se realizó de acuerdo a los planos en referencia.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
3	<p>Inspección de Borneras / Terminales de conexión</p> <p>Procedimiento: Verificar que las borneras de conexión son apropiados para el trabajo a realizar y estén correctamente identificadas.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
4	<p>Conexionado</p> <p>Procedimiento: Verificar que todos los elementos se encuentran perfectamente conectados de acuerdo a los planos en referencia.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
6	<p>Tierra</p> <p>Procedimiento: Verificar que exista las barras de tierra</p>	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
7	<p>Protección eléctrica.</p> <p>Procedimiento: Verificar que existan fusibles y/o breakers de acuerdo a los planos en referencia.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
8	<p>Estructura del Gabinete</p> <p>Procedimiento: Verificar que los gabinetes cumplan con la norma solicitada Verificar que todos los componentes estén firmemente instalados en los gabinetes y que los mismos no poseen rayaduras, abolladuras u otros defectos.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA

PRE-INSPECCIÓN

CHEQUEO DE DOCUMENTACIÓN

<u>Item</u>	<u>Verificación del Documento</u>	<u>Resultado del Test</u>	<u>Notas</u>
1	Documentación del sistema (Planos Electrónicos Completos; Inventario Hardware y Software).	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA	
2	Manuales, Hojas de datos del sistema y certificados.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA	
3	Diagrama esquemático del sistema.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA	
4	Diagrama esquemático del Hardware.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA	
5	Descripción de Interfaces.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA	
6	Listado de Entradas y salidas.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA	
7	Configuración Hardware y Software.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA	
8	Listado de entrega (Hardware, Software, Aplicación y Licencias).	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA	

CHEQUEO DE INVENTARIO HARDWARE Y SOFTWARE

<u>Item</u>	<u>Descripción</u>	<u>Resultado del Test</u>
1	Chequeo de Hardware.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
2	Chequeo de software licencias y versiones.	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input checked="" type="checkbox"/> NA

ANEXO 23

PLANILLAS DE CUMPLIMIENTO

PETROBRAS	PROYECTO: CPF DE PALO AZUL 40KBOPD ECUADORTLC, S.A.	
DOC. No. 1111101-05-012-LA-I-AZ59-HT206	PLANILLA CONTROLADOR # 10 CONEXION ELEMENTOS 120VAC	Hoja N° 3 de 6
Gerencia Instalaciones de Superficie		

CONEXION 120VAC		TAG	CONTINUIDAD		NIVEL VOLTAJE	SUPERVISOR	
CONTROLADOR	ELEMENTOS	TERMINALES	VALOR BREAKER	GND		APPROVAL	NOTES
							<input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> FALLA
CONTROLADOR #10	FUENTE REDUNDANTE 1A (PWR1)	POS	6		120	✓	
		NEG		✓		✓	
	FUENTE REDUNDANTE 1B (PWR2)	POS	6		120	✓	
		NEG		✓		✓	
	FUENTE REDUNDANTE 2A (PWR3)	POS	6		120	✓	
		NEG		✓		✓	
	FUENTE REDUNDANTE 2B (PWR4)	POS	6		120	✓	
		NEG		✓		✓	
	TOMA	POS	N/A		120	✓	
		NEG		✓		✓	
	HEATER	POS	N/A		-	N/A	
		NEG				N/A	
LUZ	POS	N/A		-	N/A		
	NEG				N/A		

AFHIDROTECNOLOGIA
CONTRATISTA

INCOPRO
PROVEEDOR

AZUL
CLIENTE

PETROBRAS	PROYECTO: CPF DE PALO AZUL 40KBOPD ECUADORTLC, S.A.	
DOC. No. 1111101-05-012-LA-I-AZ59-HT206	PLANILLA CONTROLADOR # 10	Hoja N° 4 de 6
Gerencia Instalaciones de Superficie	FUENTES REDUNDANTES	

			TAG	PRUEBA DE REDUNDANCIA			SUPERVISOR
CONTROLADOR	FUENTES REDUNDANTES	TERMINALES		FUENTES A Y B CONECTADAS	FUENTE A DESCONEXION	FUENTE B DESCONEXION	NOTES
							<input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> FALLA
CONTROLADOR # 10	FUENTE 1A	POS				✓	
		NEG					
	FUENTE 1B	POS		✓	✓		
		NEG					
	FUENTE 2A	POS				✓	
		NEG					
	FUENTE 2B	POS		✓	✓		
		NEG					

AFHIDROTECNOLOGIA
CONTRATISTA

INCOPRO
PROVEEDOR

AZUL
CLIENTE

PETROBRAS	PROYECTO: CPF DE PALO AZUL 40KBOPD ECUADORTLC, S.A.	
DOC. No. 1111101-05-012-LA-I-AZ59-HT206	PLANILLA CONTROLADOR # 10 NIVEL VOLTAJE BORNERAS	Hoja N° 5 de 6
Gerencia Instalaciones de Superficie		

CONTROLADOR		TAG	CONTINUIDAD		NIVEL VOLTAJE	SUPERVISOR	
	BORNERA	TERMINALES	VALOR FUSIBLE	BARRA INST		APPROVAL	NOTES
							<input checked="" type="checkbox"/> OK <input checked="" type="checkbox"/> FALLA
CONTROLADOR #10	TB -2	1 -			24	✓	
		2 +	✓			✓	
		3 SH		✓		✓	
		4 -			24	✓	
		5 +	✓			✓	
		6 SH			✓	✓	
		7 -			24	✓	
		8 +	✓			✓	
		9 SH			✓	✓	
		10 -			24	✓	
		11 +	✓			✓	
		12 SH			✓	✓	
		13 -			24	✓	
		14 +	✓			✓	
		15 SH			✓	✓	
		16 -			24	✓	
		17 +	✓			✓	
		18 SH			✓	✓	
		19 -			24	✓	
		20 +	✓			✓	
		21 SH			✓	✓	
		22 -			24	✓	
		23 +	✓			✓	
		24 SH			✓	✓	
		25 -			24	✓	
		26 +	✓			✓	
		27 SH			✓	✓	
		28 -			24	✓	
		29 +	✓			✓	
		30 SH			✓	✓	
		31 -			24	✓	
		32 +	✓			✓	
		33 SH			✓	✓	
		34 -			24	✓	
		35 +	✓			✓	
		36 SH			✓	✓	
		37 -			24	✓	
		38 +	✓			✓	
		39 SH			✓	✓	
		40 -			24	✓	
		41 +	✓			✓	
		42 SH			✓	✓	
		43 -			24	✓	
		44 +	✓			✓	
		45 SH			✓	✓	
		46 -			24	✓	
		47 +	✓			✓	
		48 SH			✓	✓	

AFHIDROTECNOLOGIA
CONTRATISTA

INCOPRO
PROVEEDOR

AZUL
CLIENTE

PETROBRAS	PROYECTO: CPF DE PALO AZUL 40KBOPD ECUADORTLC, S.A.	
DOC. No. 1111101-05-012-LA-I-AZ59-HT206	PLANILLA CONTROLADOR # 10	Hoja N° 6 de 6
Gerencia Instalaciones de Superficie	NIVEL VOLTAJE BORNERAS	

CONTROLADOR		TAG	CONTINUIDAD	NIVEL VOLTAJE	SUPERVISOR		
BORNERA	TERMINALES		VALOR FUSIBLE	BARRA INST	VOLTIOS	APPROVAL	NOTES
							<input checked="" type="checkbox"/> OK <input checked="" type="checkbox"/> FALLA
CONTROLADOR #10	1 NO				120	✓	
	2 C		2 A			✓	
	3 NO				120	✓	
	4 C		2 A			✓	
	5 NO				120	✓	
	6 C		2 A			✓	
	7 NO				120	✓	
	8 C		2 A			✓	
	9 NO				120	✓	
	10 C		2 A			✓	
	11 NO				120	✓	
	12 C		2 A			✓	
	13 NO				120	✓	
	14 C		2 A			✓	
	15 NO				120	✓	
	16 C		2 A			✓	
	17 NO				120	✓	
	18 C		2 A			✓	
	19 NO				120	✓	
	20 C		2 A			✓	
	21 NO				120	✓	
	22 C		2 A			✓	
	23 NO				120	✓	
	24 C		2 A			✓	
	25 NO				120	✓	
	26 C		2 A			✓	
	27 NO				120	✓	
	28 C		2 A			✓	
	29 NO				120	✓	
	30 C		2 A			✓	
	31 NO				120	✓	
	32 C		2 A			✓	
	33 NO				120	✓	
	34 C		2 A			✓	
	35 NO				120	✓	
	36 C		2 A			✓	
	37 NO				120	✓	
	38 C		2 A			✓	
	39 NO				120	✓	
	40 C		2 A			✓	
	41 NO				120	✓	
	42 C		2 A			✓	
	43 NO				120	✓	
	44 C		2 A			✓	
	45 NO				120	✓	
	46 C		2 A			✓	
	47 NO				120	✓	
	48 C		2 A			✓	
	49 NO				120	✓	
	50 C		2 A			✓	
	51 NO				120	✓	
	52 C		2 A			✓	
	53 NO				120	✓	
	54 C		2 A			✓	
	55 NO				120	✓	
	56 C		2 A			✓	
	57 NO				120	✓	
	58 C		2 A			✓	
	59 NO				120	✓	
	60 C		2 A			✓	
	61 NO				120	✓	
	62 C		2 A			✓	
	63 NO				120	✓	
	64 C		2 A			✓	

ANEXO 24
PUNCH LIST

Participantes: Nombre del Representante del Cliente : **AZUL**
 Nombre del Representante del Proveedor: **MARIA AGUILAR**
 Nombre del Representante del Contratista: **XAVIER ARBOLEDA**

FAT PUNCH LIST

Algún incumplimiento en el trabajo o no conformidad se debe registrar en el Punch List, calificándolo por niveles como se indica a continuación:

- Nivel 1** Se rectificará el defecto y el FAT continua después de la rectificación.
- Nivel 2** Rectificación en progreso
- Nivel 3** El FAT se debe repetir
- Nivel 4** Las modificaciones se realizarán después del FAT y antes del SAT.
- Nivel 5** El trabajo será rectificado en campo.

ITEM	DESCRIPCION	RESPONSABILIDAD	NIVEL	ACCION CORRECTIVA
1	Faltan las barra de tierra en planos de tablero	INCOPRO	2	Incluir en planos
2	Falta tags de borneras en tablero de fuerza	INCOPRO	2	Poner tags a las borneras
3	Los cables de breakers están puenteados	INCOPRO	2	Conectar directamente cables desde breaker a arrancador
4	Falta tags de bloque de borneras en panel de control	INCOPRO	4	Colocar tags a los bloques de terminales
5	Las dos barras de tierra están aisladas	INCOPRO	4	Permitir continuidad en una barra de tierra.
6				
7				
8				
9				
10				

AFHIDROTECNOLOGIA

 CONTRATISTA

INCOPRO

 PROVEEDOR

AZUL

 CLIENTE

ANEXO 25
CERTIFICADO FAT

CERTIFICADO FAT

ACEPTADO

NO ACEPTADO

CLIENTE	AZUL		
PROYECTO	PLANTA DE AGUA CRUDA	PROYECTO NO	X-1602
PLANT/UNIT	X-1602		
INICIO DEL FAT	19-JUNIO-06	FINALIZACIÓN DEL FAT	19-JUN-06

PERSONA A CARGO

Cliente	OLIVERIO SUA	DEP.	
Vendedor	MARIA EUGENIA AGUILAR FERNANDEZ	DEP.	
Contratista	XAVIER ARBOLEDA FAINI	DEP.	

REQUERIMIENTOS ESPECIALES	
Los ítems pendientes serán revisados en el SAT.	
NO EXISTE NINGUN ITEM EN LA PUNCH LIST	<input type="checkbox"/>
EXISTE ITEMS EN LA PUCH LIST	<input checked="" type="checkbox"/> VER NOTAS ABAJO O EN EL ANEXO
RECHEQUEO NECESARIO <input type="checkbox"/>	NO NECESARIO <input checked="" type="checkbox"/>
Sistema listo para el envío <input checked="" type="checkbox"/>	
Notas relacionadas con el envío:	
NOTAS	
Los ítems del Punch-list serán resueltos antes del envío	

AFHIDROTECNOLOGIA

INCOPRO

AZUL

CONTRATISTA

PROVEEDOR

CLIENTE

ANEXO 26

LISTA DE INSPECCION



SERVICIOS DE INSTRUMENTACION
Y CONTROL DE PROCESOS S.A

LISTA DE INSPECCION

PETROBRAS

Doc No.1144100-04-508-H-DL-IC008

FECHA: 30 AGOSTO 2006

CPF- BLOQUE 18

EQUIPO DE PRUEBA:

TEMPERATURA AMBIENTE:

VOLTAJE DE PRUEBA:

UBICACION:

ITEM	CABLE No.	CONDUCTOR No. (1-12 PAR / #16)	DESDE	HASTA	CONTINUIDAD (CABLES UNIDOS)	AISLAMIENTO (CABLES SEPARADOS)	REFERENCIA (MEGA OMNIOS)	VALOR MEDIDO (MEGA OMNIOS)	APROB QA/QC	APROB CLIENTE	OBSERVACIONES
1	PTP16161K	0 PAR / #16 SH IA	PT-P16161	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
2	PDTFL1601A3K	1 PAR / #16 SH IA	PDT-FL1601A-3	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
3	PDTFL1601B3K	1 PAR / #16 SH IA	PDTFL1601B-3	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
4	PTFL16015K	1 PAR / #16 SH IA	PT-FL1601-5	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
5	PDTFL1602A3K	1 PAR / #16 SH IA	PDT-FL1602A-3	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
6	PDTFL1602B3K	1 PAR / #16 SH IA	PDT-FL1602B-3	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
7	PTFL16025K	1 PAR / #16 SH IA	PT-FL1602-5	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
8	LTT16041K	1 PAR / #16 SH IA	LT-T1604-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
9	PTV16091K	1 PAR / #16 SH IA	PT-V1609-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
10	LTV16091K	1 PAR / #16 SH IA	LT-V1609-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
11	LTT16051K	1 PAR / #16 SH IA	LT-T1605-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
12	PTV16081K	1 PAR / #16 SH IA	PT-V1608-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
13	LTV16081K	1 PAR / #16 SH IA	LT-V1608-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
14	AITP1637C1K	1 PAR / #16 SH IA	AIT-P1637-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
15	AITP1637C1P	3 C AWG #14 PL	AIT-P1637-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
16	LSLLT16191C	3 C AWG #14 CA	LSLL-T1619-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
17	PSHHP1616A2C	3 C AWG #14 CA	PSHH-P1616A-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
18	PSHHP1616B2C	3 C AWG #14 CA	PSHH-P1616B-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
19	PSHHP1617A2C	3 C AWG #14 CA	PSHH-P1617A-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
20	PSHHP1617B2C	3 C AWG #14 CA	PSHH-P1617B-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
21	PSHHP1621A2C	3 C AWG #14 CA	PSHH-P1621A-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
22	PSHHP1621B2C	3 C AWG #14 CA	PSHH-P1621B-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
23	XYFL1601A1C	3 C AWG #14 CA	XY-FL1601A-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
24	XYFL1601A2C	3 C AWG #14 CA	XY-FL1601A-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
25	XYFL1601B1C	3 C AWG #14 CA	XY-FL1601B-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	

SUPERVISOR INCOPRO

QA/QC INCOPRO

SUPERVISOR CLIENTE

NOMBRE
E Dennis Ricardo Andrade

NOMBRE

Maria Eugenia Aguilar

NOMBRE

Olivero Sua

FIRMA

FIRMA

FIRMA

FECHA 30 de Agosto del 2006

FECHA

30 de Agosto del 2006

FECHA

30 de Agosto de 2006



SERVICIOS DE INSTRUMENTACION
Y CONTROL DE PROCESOS S.A.

LISTA DE INSPECCION

PETROBRAS

Doc No.1144100-04-508-11-DL-1C008

FECHA: 30 AGOSTO 2006

CPF-BLOQUE 18

EQUIPO DE PRUEBA:

TEMPERATURA AMBIENTE:

VOLTAJE DE PRUEBA:

ITEM	CABLE No.	CONDUCTOR No. (1-12 PAR / #16)	DESDE	HASTA	CONTINUIDAD (CABLES UNIDOS)	AISLAMIENTO (CABLES SEPARADOS)	REFERENCIA (MEGA OMNIGOS)	VALOR MEDIDO (MEGA OMNIGOS)	APROB QA/QC	APROB CLIENTE	OBSERVACIONES
26	XYFL1601B2C	3 C AWG #14 CA	XY-FL1601B-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
27	XYFL16014C	3 C AWG #14 CA	XY-FL1601-4	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
28	XYFL1602A1C	3 C AWG #14 CA	XYFL1602A1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
29	XYFL1602A2C	3 C AWG #14 CA	XY-FL1602A-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
30	XYFL1602B1C	3 C AWG #14 CA	XY-FL1602B-1	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
31	XYFL1602B2C	3 C AWG #14 CA	XY-FL1602B-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
32	XYFL16024C	3 C AWG #14 CA	XY-FL1602-4	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
33	XYT16042C	3 C AWG #14 CA	XY-T1604-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
34	XYV16093C	3 C AWG #14 CA	XY-V1609-3	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
35	XYT16052C	3 C AWG #14 CA	XY-T1605-2	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
36	XYV16083C	3 C AWG #14 CA	XY-V1608-3	LCP-1	✓	✓	10	11	✓	✓	
37	P1616AP	3 C AWG # 8 SH PH	P-1616-A	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	
38	P1616BP	3 C AWG # 8 SH PH	P-1616-B	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	
39	P1617AP	3 C AWG # 8 SH PH	P-1617-A	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	
40	P1617BP	3 C AWG # 8 SH PH	P-1617-B	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	
41	P1621AP	3 C AWG # 8 SH PH	P-1621-A	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	
42	P1621BP	3 C AWG # 8 SH PH	P-1621-B	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	
43	MA1618P	3 C AWG # 8 SH PH	MA-1618	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	
44	P1637AP	3 C AWG # 8 SH PH	P-1637-A	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	
45	P1637BP	3 C AWG # 8 SH PH	P-1637-B	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	
46	P1637CP	3 C AWG # 8 SH PH	P-1637-C	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	
47	LAMPUVP	3 C AWG # 8 SH PH	LAMPUV	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	
48	MVP	3 C AWG # 8 SH PH	MV	X-001	✓	✓	10	11	✓	✓	

SUPERVISOR INCOPRO

QA/QC INCOPRO

SUPERVISOR CLIENTE

NOMBRE Dennis Ricardo Andrade

NOMBRE

María Eugenia Aguilar

NOMBRE

Olivero Sua

FIRMA

FIRMA

FIRMA

FECHA 30 de Agosto del 2006

FECHA

30 de Agosto del 2006

FECHA

30 de Agosto de 2006

ANEXO 27

PLANILLAS DE PRUEBAS DE LAZO



PRUEBAS DE LAZO
CONSTRUCCION DE FACILIDADES INSTRUMENTACION Y CONTROL EN PLATAFORMAS PALO AZUL B&C

PETROBRAS

FECHA: 10 de Septiembre de 2006

ICP-IN-RC-012

REV.: 1

BLOQUE 18

DOC.No 1144100-04-508-I-DL-IC012

LISTA DE INSTRUMENTOS

ITEM	TAG	%	ENTRADA	UNIDAD	SALIDA	UNIDAD	ERROR %	ACEPTADO MARQUE CON (X) SI LA RESPUESTA ES AFIRMATIVA, (O) SI ES NEGATIVA	OBSERVACIONES RESPONSABLE DE LA PRUEBA
1	PT-P1616-1	0	0	PSI	0	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	60	PSI	60	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	120	PSI	120	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	PDT-FL1601A-3	0	0	PSI	0	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	10	PSI	10	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	20	PSI	20	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

EQUIPO DE PRUEBA

MARCA

FLUKE

MODELO

744

SERIE

8315001

FECHA

POR INCOPRO S.A.:

María Eugenia Aguilar

POR CLIENTE:

Diego Zambrano



SERVICIOS DE INSTRUMENTACION
Y CONTROL DE PROCESOS S.A

PRUEBAS DE LAZO
CONSTRUCCION DE FACILIDADES INSTRUMENTACION Y CONTROL EN PLATAFORMAS PALO AZUL B&C

PETROBRAS

FECHA: 10 de Septiembre de 2006

ICP-IN-RC-012

REV.: 1

BLOQUE 18

DOC.No 1144100-04-508-I-DL-IC012

LISTA DE INSTRUMENTOS

ITEM	TAG	%	ENTRADA	UNIDAD	SALIDA	UNIDAD	ERROR %	ACEPTADO MARQUE CON (X) SI LA RESPUESTA ES AFIRMATIVA, (O) SI ES NEGATIVA	OBSERVACIONES RESPONSABLE DE LA PRUEBA
1	PDT-FL1601B-3	0	0	PSI	0	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	10	PSI	10	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	20	PSI	20	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	PT-FL1601-5	0	0	PSI	0	PSI	#¡DIV/0!	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	60	PSI	60	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	120	PSI	120	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

EQUIPO DE PRUEBA

MARCA

FLUKE

MODELO

744

SERIE

8315001

FECHA

POR INCOPRO S.A.:

María Eugenia Aguilar

POR CLIENTE:

Diego Zambrano



SERVICIOS DE INSTRUMENTACION
Y CONTROL DE PROCESOS S.A

PRUEBAS DE LAZO
CONSTRUCCION DE FACILIDADES INSTRUMENTACION Y CONTROL EN PLATAFORMAS PALO AZUL B&C

PETROBRAS

FECHA: 10 de Septiembre de 2006

ICP-IN-RC-012

REV.: 1

BLOQUE 18

DOC.No 1144100-04-508-I-DL-IC012

LISTA DE INSTRUMENTOS

ITEM	TAG	%	ENTRADA	UNIDAD	SALIDA	UNIDAD	ERROR %	ACEPTADO MARQUE CON (X) SI LA RESPUESTA ES AFIRMATIVA, (O) SI ES NEGATIVA	OBSERVACIONES RESPONSABLE DE LA PRUEBA
1	PDT-FL1602A-3	0	0	PSI	0	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	10	PSI	10	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	20	PSI	20	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	PDT-FL1602B-3	0	0	PSI	0	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	10	PSI	10	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	20	PSI	20	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

EQUIPO DE PRUEBA

MARCA

FLUKE

MODELO

744

SERIE

8315001

FECHA

POR INCOPRO S.A.:

María Eugenia Aguilar

POR CLIENTE:

Diego Zambrano



**PRUEBAS DE LAZO
CONSTRUCCION DE FACILIDADES INSTRUMENTACION Y CONTROL EN PLATAFORMAS PALO AZUL B&C**



FECHA: 10 de Septiembre de 2006

ICP-IN-RC-012

REV.: 1

BLOQUE 18

DOC.No 1144100-04-508-I-DL-IC012

LISTA DE INSTRUMENTOS

ITEM	TAG	%	ENTRADA	UNIDAD	SALIDA	UNIDAD	ERROR %	ACEPTADO MARQUE CON (X) SI LA RESPUESTA ES AFIRMATIVA, (O) SI ES NEGATIVA	OBSERVACIONES RESPONSABLE DE LA PRUEBA
1	PT-FL1602-5	0	0	PSI	0	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	60	PSI	60	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	120	PSI	120	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	LT-1604-1	0	0	IN	0	IN	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	110	IN	110	IN	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	220	IN	220	IN	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

EQUIPO DE PRUEBA	MARCA <u>FLUKE</u>	MODELO <u>744</u>	SERIE <u>8315001</u>	FECHA _____
POR INCOPRO S.A.:	<u>María Eugenia Aguilar</u>	POR CLIENTE:	<u>Diego Zambrano</u>	



PRUEBAS DE LAZO
CONSTRUCCION DE FACILIDADES INSTRUMENTACION Y CONTROL EN PLATAFORMAS PALO AZUL B&C

PETROBRAS

FECHA: 10 de Septiembre de 2006

ICP-IN-RC-012

REV.: 1

BLOQUE 18

DOC.No 1144100-04-508-I-DL-IC012

LISTA DE INSTRUMENTOS

ITEM	TAG	%	ENTRADA	UNIDAD	SALIDA	UNIDAD	ERROR %	ACEPTADO MARQUE CON (X) SI LA RESPUESTA ES AFIRMATIVA, (O) SI ES NEGATIVA	OBSERVACIONES RESPONSABLE DE LA PRUEBA
1	PT-V1609-1	0	0	PSI	0	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	75	PSI	75	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	150	PSI	150	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	LT-V1609-1	0	0	IN	0	IN	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	80	IN	80	IN	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	160	IN	160	IN	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

EQUIPO DE PRUEBA

MARCA

FLUKE

MODELO

744

SERIE

8315001

FECHA

POR INCOPRO S.A.:

María Eugenia Aguilar

POR CLIENTE:

Diego Zambrano



PRUEBAS DE LAZO
CONSTRUCCION DE FACILIDADES INSTRUMENTACION Y CONTROL EN PLATAFORMAS PALO AZUL B&C

PETROBRAS

FECHA: 10 de Septiembre de 2006

ICP-IN-RC-012

REV.: 1

BLOQUE 18

DOC.No 1144100-04-508-I-DL-IC012

LISTA DE INSTRUMENTOS

ITEM	TAG	%	ENTRADA	UNIDAD	SALIDA	UNIDAD	ERROR %	ACEPTADO MARQUE CON (X) SI LA RESPUESTA ES AFIRMATIVA, (O) SI ES NEGATIVA	OBSERVACIONES RESPONSABLE DE LA PRUEBA
1	LT-T1605-1	0	0	IN	0	IN	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	100	IN	100	IN	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	200	IN	200	IN	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	LT-V1608-1	0	0	PSI	0	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	75	PSI	75	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	150	PSI	150	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

EQUIPO DE PRUEBA

MARCA

FLUKE

MODELO

744

SERIE

8315001

FECHA

POR INCOPRO S.A.:

María Eugenia Aguilar

POR CLIENTE:

Diego Zambrano



SERVICIOS DE INSTRUMENTACION
Y CONTROL DE PROCESOS S.A

PRUEBAS DE LAZO
CONSTRUCCION DE FACILIDADES INSTRUMENTACION Y CONTROL EN PLATAFORMAS PALO AZUL B&C

PETROBRAS

FECHA: 10 de Septiembre de 2006

ICP-IN-RC-012

REV.: 1

BLOQUE 18

DOC.No 1144100-04-508-I-DL-IC012

LISTA DE INSTRUMENTOS

ITEM	TAG	%	ENTRADA	UNIDAD	SALIDA	UNIDAD	ERROR %	ACEPTADO MARQUE CON (X) SI LA RESPUESTA ES AFIRMATIVA, (O) SI ES NEGATIVA	OBSERVACIONES RESPONSABLE DE LA PRUEBA
1	LT-V1608-1	0	0	IN	0	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		50	80	IN	80	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
		100	160	IN	160	PSI	0,00%	<input checked="" type="checkbox"/>	
2									

OBSERVACIONES:

EQUIPO DE PRUEBA

MARCA

FLUKE

MODELO

744

SERIE

8315001

FECHA

POR INCOPRO S.A.:

María Eugenia Aguilar

POR CLIENTE:

Diego Zambrano

ANEXO 28
SAT CHECKLIST

ANEXO 29

PLANILLAS DE CUMPLIMIENTO

PETROBRAS	PROYECTO: CPF DE PALO AZUL 40KBOPD ECUADORTLC, S.A.	
DOC. No. 1111101-05-012-LA-I-AZ002 Gerencia Instalaciones de Superficie	PLANILLA CONTROLADOR #10 CHEQUEO INSPECCION	Hoja N° 1 de 2

CONTROLADOR #10		TIERRA		ALIMENTACION	SUPERVISOR
ELEMENTOS GABINETE		CONTINUIDAD CON TIERRA EXTERNA	VOLTAJE AC (V)	VOLTAJE AC (V)	NOTES
					<input checked="" type="checkbox"/> OK
		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> FALLA
BARRA DE TIERRA SISTEMA DE FUERZA		<input checked="" type="checkbox"/>			
BARRA DE TIERRA INSTRUMENTACION		<input checked="" type="checkbox"/>			
ALIMENTACION GABINETE	F			120	
	N		6		
	GND				

AFHIDROTECNOLOGIA

INCOPRO

AZUL

CONTRATISTA

PROVEEDOR

CLIENTE

PETROBRAS	PROYECTO: CPF DE PALO AZUL 40KBOPD ECUADORTLC, S.A.	
DOC. No. 1111101-05-012-D8-I-AZ059_HT13	PLANILLA CONTROLADOR # 10 CHEQUEO FUNCIONAMIENTO CONTROLADOR	Hoja N° 2 de 2
Gerencia Instalaciones de Superficie		

APPROVAL

ELEMENTOS	FUNCIONAL		DESCARGA SOFTWARE		SUPERVISOR
	OFF	ON	OFF	ON	
	COLOR LED		COLOR LED		NOTES
					<input checked="" type="checkbox"/> OK <input checked="" type="checkbox"/> FALLA
FUENTE ALIMENTACION	VERDE	<input checked="" type="checkbox"/>			
MODULO ETHERNET	VERDE	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDE	<input checked="" type="checkbox"/>	
PROCESADOR Y TARJETA DE MEMORIA CONTROLLOGIXX	VERDE	<input checked="" type="checkbox"/>			
MODULO DE ENTRADA DIGITAL 1756-IB16	VERDE	<input checked="" type="checkbox"/>			
MODULO DE ENTRADA ANALOGICA 1756-IF16	VERDE	<input checked="" type="checkbox"/>			
MODULO DE SALIDA DIGITAL 1756-OW16I	VERDE	<input checked="" type="checkbox"/>			
MODULO DE SALIDA DIGITAL 1756-OW16I	VERDE	<input checked="" type="checkbox"/>			

AFHIDROTECNOLOGIA

INCOPRO

AZUL

CONTRATISTA

PROVEEDOR

CLIENTE

ANEXO 30
SAT PUNCHLIST

Participantes: Nombre del Representante del Cliente : OLIVERIO SUA
Nombre del Representante del Proveedor: MARIA EUGENIA AGUILAR
Nombre del Representante del Contratista: XAVIER ARBOLEDA FAINI

SAT PUNCH LIST

Algún incumplimiento en el trabajo o no conformidad se debe registrar en el Punch List, calificándolo por niveles como se indica a continuación:

- Nivel 1** Se rectificará el defecto y el SAT continua después de la rectificación.
- Nivel 2** Rectificación en progreso
- Nivel 3** El SAT se debe repetir
- Nivel 4** Las modificaciones se realizarán después del SAT.

ITEM	DESCRIPCION	RESPONSABILIDAD	NIVEL	ACCION CORRECTIVA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

AFHIDROTECNOLOGIA

CONTRATISTA

INCOPRO

PROVEEDOR

AZUL

CLIENTE

ANEXO 31
CERTIFICADO SAT

CERTIFICADO SAT

ACEPTADO



NO ACEPTADO



CLIENTE	AZUL		
PROYECTO	PLANTA DE AGUA CRUDA	PROYECTO NO	
PLANT/UNIT	X-1602		
INICIO DEL SAT	13 de septiembre de 2006	FINALIZACIÓN DEL SAT	13/09/06

PERSONA A CARGO

Cliente	OLIVERIO SUA	DEP.	
Vendedor	MARIA EUGENIA AGUILAR	DEP.	
Contratista	XAVIER ARBOLEDA	DEP.	

REQUERIMIENTOS ESPECIALES	
NO EXISTE NINGUN ITEM EN LA PUNCH LIST	<input checked="" type="checkbox"/>
EXISTE ITEMS EN LA PUCH LIST	<input type="checkbox"/> VER NOTAS ABAJO O EN EL ANEXO
RECHEQUEO NECESARIO <input type="checkbox"/>	NO NECESARIO <input checked="" type="checkbox"/>
NOTAS	
Todo aceptado, sin ítems en el punch list.	

AFHIDROTECNOLOGIA

INCOPRO

AZUL

CONTRATISTA

PROVEEDOR

CLIENTE

ANEXO 32
SIT CHECKLIST

SIT CHECKLIST

<u>Item</u>	<u>Descripción.</u>	<u>Resultado de Pruebas</u>
1	Chequeo de la documentación del sistema de control.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
2	<p>Chequeo de Inspección Mecánica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Red de comunicación propiamente conectada. <p>Procedimiento:</p> <p>Verificar que cada uno de los nodos de la red se encuentre apropiadamente conectado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de comunicación propiamente seteados. <p>Procedimiento:</p> <p>Verificar que en cada nodo se encuentren apropiadamente seteados todos los parámetros de comunicación.</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA</p>
3	<p>Verificación de comunicación entre sistemas</p> <p>Enlace entre subsistema y sistema, configuración en software.</p> <p>Procedimiento:</p> <p>Verificar la comunicación entre los módulos mediante el envío y recepción de datos en cada uno de los nodos de la red.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA
4	Certificado de SiT completo.	<input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> NA

ANEXO 33
SIT PUNCH LIST

Participantes: Nombre del Representante del Cliente : OLIVERIO SUA
Nombre del Representante del Proveedor: MARIA EUGENIA AGUILAR
Nombre del Representante del Contratista: XAVIER ARBOLEDA FAINI

SIT PUNCH LIST

Algún incumplimiento en el trabajo o no conformidad se debe registrar en el Punch List, calificándolo por niveles como se indica a continuación:

- Nivel 1 Se rectificará el defecto y el SIT continua después de la rectificación.**
- Nivel 2 Rectificación en progreso**
- Nivel 3 El SIT se debe repetir**
- Nivel 4 Las modificaciones se realizarán después del SIT.**

ITEM	DESCRIPCION	RESPONSABILIDAD	NIVEL	ACCION CORRECTIVA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

AFHIDROTECNOLOGIA

CONTRATISTA

INCOPRO

PROVEEDOR

AZUL

CLIENTE

ANEXO 34
CERTIFICADO SIT

CERTIFICADO SIT

ACEPTADO



NO ACEPTADO



CLIENTE	AZUL		
PROYECTO	PLANTA DE AGUA CRUDA	PROYECTO NO	
PLANT/UNIT	X-1601		
INICIO DEL SIT	20- septiembre-2006	FINALIZACIÓN DEL SIT	20/09/06

PERSONA A CARGO

Cliente	OLIVERIO SUA	DEP.	
Vendedor	MARIA EUGENIA AGUILAR	DEP.	
Contratista	XAVIER ARBOLEDA	DEP.	

SISTEMAS INTEGRADOS :DELTA V	
SUBSISTEMAS INTEGRADOS : X-1601, X1602	
NO EXISTE NINGUN ITEM EN LA PUNCH LIST	<input checked="" type="checkbox"/>
EXISTE ITEMS EN LA PUCH LIST	<input type="checkbox"/> VER NOTAS ABAJO O EN EL ANEXO
RECHEQUEO NECESARIO <input type="checkbox"/>	NO NECESARIO <input checked="" type="checkbox"/>
NOTAS	

AFHIDROTECNOLOGIA

INCOPRO

AZUL

CONTRATISTA

PROVEEDOR

CLIENTE

ANEXO 35

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA
X-1602

PETROBRAS

PROYECTO: CPF PALO AZUL 40 KBOPD

1 INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, provincia de Francisco de Orellana, Bloque 18 PETROBRAS – ECUADOR TLC tiene su CPF en la localidad de Palo Azul. En este lugar AFHidrotecnología instaló un sistema de tratamiento de agua cruda para la generación, por un lado, de agua potable para consumo humano y por otro, agua clarificada para servicios generales y agua ablandada para uso en sello de bombas.

El sistema está diseñado para tratamiento de aguas de pozo, dulces con ausencia de metales pesados y con problemas de turbiedad, color y contaminación microbológica.

2 FILOSOFÍA DEL PROCESO

El documento de apoyo para la filosofía del proceso es el:
P&ID 1111101-05-012-PI-I-AZ059-HT01

El proceso de tratamiento puede describirse en los siguientes pasos:

1. Bombeo Inicial de Agua Cruda:

Equipos del proceso

TAG	Descripción
P-1613A	Bomba de pozo profundo de Agua Cruda

Bombeo del Agua a través de la bomba de pozo **P-1613A** hacia el sistema de tratamiento con un caudal medio de 120 GPM @ 75 psi
Esta bomba se encuentra "off-skid".

2. Pre-oxidación:

Equipos del proceso

TAG	Descripción
V-1611	Tanque de Contacto de Oxígeno

Instrumentos del proceso

TAG	Descripción	Equipo involucrado
PI-V1611-1	Indicador de presión 0-200 psi	Línea de ingreso V-1611
PSV-V1611-1	Válvula de alivio de presión ½" x ½"	V-1611

Paso del agua cruda a través del tanque de contacto de Oxígeno **V-1611** con ingreso simultáneo de agua y aire en microburbujas al mismo. El aire ingresa directo a la línea de abastecimiento con la ayuda de un venturi de 1" de diámetro. El aire disperso en microburbujas realiza un proceso de oxidación en el agua cruda muy eficiente debido a la alta superficie de contacto.

El indicador de presión **PI-V1611-1**, mostrará localmente la presión de la línea de ingreso del agua (**3"-UW-11100-CS**) desde la bomba **P-1613A**, hacia el tanque de contacto de oxígeno **V-1611**.

En caso de sobre-presión (mayor a 150 psi) en la tubería de entrada al tanque **V-1611**, este exceso será aliviado por la válvula **PSV-1611-1**.

3. Floculación y coagulación:

Equipos del proceso

TAG	Descripción
P-1637A	Bomba dosificadora de floculante
P-1637B	Bomba dosificadora de coadyuvante de floculación
T-1618	Tanque clarificador
M-1618	Motorreductor

Dosificación de químico floculante y coadyuvante de floculación directamente en la tubería proveniente del tanque de contacto de oxígeno **V-1611**. Este proceso se da mediante las bombas dosificadoras de químicos **P-1637A** y **P-1637B**; las mismas que son esclavas de la bomba de pozo **P-1613A**, es decir cuando funciona

la **P-1613A**, las dosificadoras también lo hacen. La mezcla de agua con químicos ingresa al compartimiento central del tanque clarificador **T-1618**, en el cual se encuentra instalado el motorreductor **M-1618**, el mismo que ayuda, con agitación lenta a una coagulación y formación de flóculos para una sedimentación óptima posterior.

El motorreductor funcionará siempre que ingrese agua cruda, con químicos, al compartimiento central del tanque **T-1618**. Si, por niveles en los tanques, la bomba de pozo **P-1613A**, se detiene, las dosificadoras **P-1637A/B**, se detendrán también; sin embargo el motorreductor **M-1618** funcionará durante un período de tiempo aproximado de 15 minutos posterior al paro de las bombas dosificadoras hasta completar el proceso de coagulación-floculación del agua fresca de ingreso al tanque **T-1618**.

4. Clarificación y reserva del agua clarificada:

Equipos del proceso

TAG	Descripción
T-1618	Tanque Clarificador
T-1619	Tanque de equilibrio

Instrumentos del proceso

TAG	Descripción	Equipo involucrado
LT-T1619-1	Transmisor de nivel protocolo FIELDBUS FOUNDATION	P-1613A
LSLL-T1619-1	Interruptor de nivel bajo-bajo (low-low)	P-1616A/B

Los flóculos generados en el proceso anteriormente descrito sedimentan en el fondo del tanque clarificador **T-1618**. Estos lodos sedimentados serán purgados periódicamente, de manera manual, por el operador. El agua clarificada asciende hacia el canal dentado del tanque clarificador y rebosa hacia el tanque de equilibrio **T-1619**, con niveles bajos de turbiedad. El agua permanece almacenada como un colchón para la succión posterior de las bombas de filtración.

En este tanque se encuentra instalado un transmisor de nivel, el **LT-T1619-1**, para detener el funcionamiento de la bomba de pozo **P-1613A** cuando el nivel del agua alcanza un máximo permisible. Este transmisor envía una señal directa al sistema principal DELTA V.

El tanque posee también un interruptor de nivel, el **LSLL-T1619-1**, el cual protege a las bombas **P-1616A/B**, para que las mismas no funcionen en seco.

5. Bombeo del agua clarificada hacia filtros de arena

Equipos del proceso

TAG	Descripción
P-1616A	Bomba de filtración – 10 HP
P-1616B	Bomba de filtración – 10 HP

Instrumentos del proceso

TAG	Descripción	Equipo involucrado
PSHH-P1616A-2	Interruptor de presión alto-alto (high-high)	P-1616A

PSHH-P1616B-2	Interruptor de presión alto-alto (high-high)	P-1616B
PT-P1616-1	Transmisor de presión	P-1616A/B
PI-P1616-2	Indicador de presión	Línea descarga P-1616A/B

El agua clarificada es succionada por la bomba **P-1616A ó P-1616B** y enviada hacia los filtros de arena **FL-1601A/B** con una tasa de 120 GPM @ 70 psi.

En modo AUTOMÁTICO, la preferencia de arranque la tendrá la bomba **P-1616A**. En modo MANUAL, el operador, mediante los interruptores manuales (HS), podrá escoger el equipo al cual desea poner en marcha.

Las bombas **P-1616A/B** no arrancarán si el nivel de agua en el tanque clarificador **T-1619**, es bajo. La señal de nivel bajo la dará el interruptor de nivel **LSLL-T1619-1**. Las bombas **P-1616A/B** volverán a arrancar 15 minutos después de la señal recibida del **LSLL-T1619-1** por bajo nivel; con el paso de los 15 minutos antes señalados, el tanque clarificador **T-1619** habrá recuperado nivel suficiente para el trabajo seguro de las bombas **P-1616A/B**. Si se mantiene un nivel bajo-bajo en el tanque **T-1619**, las bombas no arrancarán, así hayan transcurrido 15 o más minutos.

A la descarga de las bombas **P-1616A/B**, existen interruptores de presión, **PSHH-P1616A-2** y **PSHH-P1616B-2**, los mismos que protegerán a las bombas en caso de sobre-presurización de las líneas (las causas de sobre-presión pueden ser varias: cierre de válvulas manuales, bloqueo de válvulas solenoides, taponamiento de filtros).

El transmisor de presión **PT-P1616-1** enviará una señal de la presión de descarga de las bombas **P-1616A/B** para supervisión remota.

El indicador de presión **PI-P1616-2**, mostrará localmente la presión de la línea de descarga de las bombas **P-1616A/B** (3"-UW-11111-CS).

NOTA: LAS BOMBAS P-1616A Y P-1616B NO PUEDEN FUNCIONAR SIMULTÁNEAMENTE, EL PROCESO ESTÁ DISEÑADO PARA QUE UNA DE LAS DOS FUNCIONE A LA VEZ

6. Filtración por arena

Equipos del proceso

TAG	Descripción
FL-1601-A	Filtro de Arena
FL-1601-B	Filtro de Arena

Instrumentos del proceso

TAG	Descripción	Equipo involucrado
XY-FL1601A-1	Válvula solenoide 2"	FL-1601-A
XY-FL1601A-2	Válvula solenoide 3"	FL-1601-A
XY-FL1601B-1	Válvula solenoide 2"	FL-1601-B
XY-FL1601B-2	Válvula solenoide 3"	FL-1601-B
XY-FL1601-4	Válvula solenoide 2"	FL-1601-A/B
PSV-FL1601A-1	Válvula de alivio de presión ½" x ½"	FL-1601-A
PSV-FL1601B-1	Válvula de alivio de presión ½" x ½"	FL-1601-B
PDT-FL1601A-3	Transmisor de presión diferencial	FL-1601-A
PDT-FL1601B-3	Transmisor de presión diferencial	FL-1601-B
PT-FL1601-5	Transmisor de presión	FL-1601-A/B

El agua proveniente de las bombas **P-1616A/B**, ingresa a uno de los filtros **FL-1601-A** ó **FL-1601-B**.

La preferencia de arranque la tendrá el filtro **FL-1601A**.

El agua ingresa por la parte superior del filtro a través de la válvula solenoide **XY-FL1601A-1** y es evacuada, una vez que atraviesa toda la altura del sustrato (arena) por la parte inferior del filtro a través de la válvula **XY-FL1601-4**.

En servicio del filtro **FL-1601-A**, las válvulas deberán estar en las siguientes posiciones:

Posición de válvulas – Filtro FL-1601-A en servicio

VÁLVULA	POSICIÓN
XY-FL1601A-1	ABIERTA
XY-FL1601A-2	CERRADA
XY-FL1601B-1	CERRADA
XY-FL1601B-2	CERRADA
XY-FL1601-4	ABIERTA

El filtro **FL-1601-A** filtrará hasta que en el mismo exista una caída de presión mayor o igual a 15 psi. Esta caída de presión será detectada por el transmisor diferencial de presión **PDT-FL1601A-3**. Una vez sensada esta caída de presión, comenzará el ciclo retrolavado del filtro **FL-1601-A**. El proceso de retrolavado se realizará con agua filtrada por el filtro **FL-1601-B**.

En retrolavado del filtro **FL-1601-A**, las válvulas deberán estar en las siguientes posiciones:

Posición de válvulas – Filtro FL-1601-A en retrolavado

VÁLVULA	POSICIÓN
XY-FL1601A-1	CERRADA
XY-FL1601A-2	ABIERTA
XY-FL1601B-1	ABIERTA
XY-FL1601B-2	CERRADA
XY-FL1601-4	CERRADA

Una vez realizado el retrolavado del filtro **FL-1601-A**, entra en servicio el filtro **FL-1601-B**, es decir se tiene un funcionamiento alternado de los filtros de arena A y B.

En servicio del filtro **FL-1601-B**, las válvulas deberán estar en las siguientes posiciones:

Posición de válvulas – Filtro FL-1601-B en servicio

VÁLVULA	POSICIÓN
XY-FL1601A-1	CERRADA
XY-FL1601A-2	CERRADA
XY-FL1601B-1	ABIERTA
XY-FL1601B-2	CERRADA
XY-FL1601-4	ABIERTA

El filtro **FL-1601-B** filtrará hasta que en el mismo exista una caída de presión mayor o igual a 15 psi. Esta caída de presión será detectada por el transmisor diferencial de presión **PDT-FL1601B-3**. Una vez sensada esta caída de presión, comenzará el ciclo retrolavado del filtro **FL-1601-B**. El proceso de retrolavado se realizará con agua filtrada por el filtro **FL-1601-A**.

En retrolavado del filtro **FL-1601-B**, las válvulas deberán estar en las siguientes posiciones:

Posición de válvulas – Filtro FL-1601-B en retrolavado

VÁLVULA	POSICIÓN
XY-FL1601A-1	ABIERTA
XY-FL1601A-2	CERRADA
XY-FL1601B-1	CERRADA
XY-FL1601B-2	ABIERTA
XY-FL1601-4	CERRADA

El transmisor de presión **PT-FL1601-5** enviará una señal de la presión de descarga la línea de los filtros **FL-1601A/B** para supervisión remota.

7. Adsorción por carbón activado

Equipos del proceso

TAG	Descripción
FL-1602-A	Filtro de Carbón Activado
FL-1602-B	Filtro de Carbón Activado

Instrumentos del proceso

TAG	Descripción	Equipo involucrado
XY-FL1602A-1	Válvula solenoide 2"	FL-1602-A
XY-FL1602A-2	Válvula solenoide 3"	FL-1602-A
XY-FL1602B-1	Válvula solenoide 2"	FL-1602-B
XY-FL1602B-2	Válvula solenoide 3"	FL-1602-B
XY-FL1602-4	Válvula solenoide 2"	FL-1602-A/B
PSV-FL1602A-1	Válvula de alivio de presión ½" x ½"	FL-1602-A
PSV-FL1602B-1	Válvula de alivio de presión ½" x ½"	FL-1602-B
PDT-FL1602A-3	Transmisor de presión diferencial	FL-1602-A
PDT-FL1602B-3	Transmisor de presión diferencial	FL-1602-B
PT-FL1602-5	Transmisor de presión	FL-1602-A/B

El agua proveniente de los filtros **FL-1601A ó B**, ingresa a uno de los filtros **FL-1602-A ó FL-1602-B**.

La preferencia de arranque la tendrá el filtro **FL-1601A**.

El agua ingresa por la parte superior del filtro a través de la válvula solenoide **XY-FL1602A-1** y es evacuada, una vez que atraviesa toda la altura del sustrato (carbón activado) por la parte inferior del filtro a través de la válvula **XY-FL1602-4**.

En servicio del filtro **FL-1602-A**, las válvulas deberán estar en las siguientes posiciones:

Posición de válvulas – Filtro FL-1602-A en servicio

VÁLVULA	POSICIÓN
XY-FL1602A-1	ABIERTA
XY-FL1602A-2	CERRADA
XY-FL1602B-1	CERRADA
XY-FL1602B-2	CERRADA
XY-FL1602-4	ABIERTA

El filtro **FL-1602-A** filtrará hasta que en el mismo exista una caída de presión mayor o igual a 15 psi. Esta caída de presión será detectada por el transmisor diferencial de presión **PDT-FL1602A-3**. Una vez sensada esta caída de presión, comenzará el ciclo retrolavado del filtro **FL-1602-A**. El proceso de retrolavado se realizará con agua filtrada por el filtro **FL-1602-B**.

En retrolavado del filtro **FL-1602-A**, las válvulas deberán estar en las siguientes posiciones:

Posición de válvulas – Filtro FL-1602-A en retrolavado

VÁLVULA	POSICIÓN
XY-FL1602A-1	CERRADA
XY-FL1602A-2	ABIERTA
XY-FL1602B-1	ABIERTA
XY-FL1602B-2	CERRADA
XY-FL1602-4	CERRADA

Una vez realizado el retrolavado del filtro **FL-1602-A**, entra en servicio el filtro **FL-1602-B**, es decir se tiene un funcionamiento alternado de los filtros de carbón activado A y B.

En servicio del filtro **FL-1602-B**, las válvulas deberán estar en las siguientes posiciones:

Posición de válvulas – Filtro FL-1602-B en servicio

VÁLVULA	POSICIÓN
XY-FL1602A-1	CERRADA
XY-FL1602A-2	CERRADA
XY-FL1602B-1	ABIERTA
XY-FL1602B-2	CERRADA
XY-FL1602-4	ABIERTA

El filtro **FL-1602-B** filtrará hasta que en el mismo exista una caída de presión mayor o igual a 15 psi. Esta caída de presión será detectada por el transmisor diferencial de presión **PDT-FL1602B-3**. Una vez sensada esta caída de presión, comenzará el ciclo retrolavado del filtro **FL-1602-B**. El proceso de retrolavado se realizará con agua filtrada por el filtro **FL-1602-A**.

En retrolavado del filtro **FL-1602-B**, las válvulas deberán estar en las siguientes posiciones:

Posición de válvulas – Filtro FL-1602-B en retrolavado

VÁLVULA	POSICIÓN
XY-FL1601A-1	ABIERTA
XY-FL1601A-2	CERRADA
XY-FL1601B-1	CERRADA
XY-FL1601B-2	ABIERTA
XY-FL1601-4	CERRADA

El transmisor de presión **PT-FL1602-5** enviará una señal de la presión de descarga la línea de los filtros **FL-1601A/B** para supervisión remota.

8. Ingreso del agua a tanque de reserva de agua potable y agua de servicios

Equipos del proceso

TAG	Descripción
T-1604	Tanque de Reserva de Agua de Servicios
T-1605	Tanque de Reserva de Agua Potable

Instrumentos del proceso

TAG	Descripción	Equipo involucrado
XY-T1604-2	Válvula solenoide 2"	T-1604
XY-T1605-2	Válvula solenoide 2"	T-1605
LT-T1604-1	Transmisor de Nivel	T-1604
LT-T1605-1	Transmisor de Nivel	T-1605

El agua proveniente de los filtros de carbón activado se distribuirá en caudales iguales hacia los tanques de reserva **T-1604** y **T-1605**.

Existe la posibilidad de que uno de los tanques se llene antes que el otro; ese momento el caudal irá únicamente al tanque cuyo nivel máximo no ha sido alcanzado todavía.

A la entrada del tanque de agua de servicios **T-1604** existe una válvula solenoide, **XY-T1604-2** la cual cerrará el momento de recibir una señal del PLC, generada por el transmisor de nivel **LT-T1604-1** el instante en que el tanque **T-1604** haya alcanzado un nivel máximo de agua.

A la entrada del tanque de agua potable **T-1605** existe una válvula solenoide, **XY-T1605-2** la cual cerrará el momento de recibir una señal del PLC, generada por el transmisor de nivel **LT-T1605-1** el instante en que el tanque **T-1605** haya alcanzado un nivel máximo de agua.

Una vez que el nivel de los dos tanques es el máximo, las bombas **P-1616-A** ó **B** apagarán para cortar el paso de agua.

9. Desinfección del agua potable con hipoclorito de sodio

Equipos del proceso

TAG	Descripción
P-1637-C	Bomba dosificadora de sustancia desinfectante

Instrumentos del proceso

TAG	Descripción	Equipo involucrado
AIT-P1637C-1	Monitor de cloro residual	P-1637-C

En la línea **3"UW-11155-CS**, posterior a la válvula **XY-T1605-2**, existe la inyección de químico desinfectante mediante la bomba dosificadora **P-1637-C**, la misma que está comandada por la señal emitida por el sensor de cloro residual **AIT-P1637-**

C. Este monitor enviará una señal de encendido a la bomba **P-1637-C** el momento en que la concentración de cloro dentro del tanque de reserva de agua potable (tanque **T-1605**) sea menor o igual a la mínima requerida; también enviará una señal de apagado a la bomba **P-1637-C** el momento en que la concentración de cloro dentro del tanque de reserva de agua potable (tanque **T-1605**) sea mayor o igual a la máxima admitida.

10. Bombeo de agua potable hacia tanque pulmón

Equipos del proceso

TAG	Descripción
P-1617-A	Bomba de agua potable – 20 HP
P-1617-B	Bomba de agua potable – 20 HP
V-1608	Tanque pulmón de agua potable

Instrumentos del proceso

TAG	Descripción	Equipo involucrado
PSHH-P1617A-2	Interruptor de presión alto-alto (high-high)	P-1617 ^a
PSHH-P1617B-2	Interruptor de presión alto-alto (high-high)	P-1617B
PI-P1617-3	Indicador de presión	Línea descarga P-1617A/B
PT-V1608-1	Transmisor de presión	V-1608
PSV-V1608-1	Válvula de alivio de presión 1 ½" x 1"	V-1608
XY-V1608-3	Válvula solenoide ½"	V-1608
LT-V1608-1	Transmisor de nivel	V-1608
PCV-V1608-1	Válvula controladora de presión	Línea de descarga V-1608
PI-V1608-2	Indicador de presión	Línea descarga V-1608

El agua reservada en el tanque **T-1605** es succionada por la bomba **P-1617A ó P-1617B** y enviada hacia el tanque pulmón **V-1608** con una tasa de 200 GPM @ 85 psi.

En modo AUTOMÁTICO, la preferencia de arranque la tendrá la bomba **P-1617A**. En modo MANUAL, el operador, mediante los interruptores manuales (HS), podrá escoger el equipo al cual desea poner en marcha.

Las bombas **P-1617A/B** no arrancarán si el nivel de agua en el tanque **T-1605**, es bajo. La señal de nivel bajo la dará el transmisor de nivel **LT-T1605-1**. Las bombas **P-1617A/B** volverán a arrancar una vez recuperado cierto porcentaje del nivel de agua en el **T-1605**, mediante una señal generada por el transmisor **LT-T1605-1**.

A la descarga de las bombas **P-1617A/B**, existen interruptores de presión, **PSHH-P1617A-2** y **PSHH-P1617B-2**, los mismos que protegerán a las bombas en caso de sobre-presurización de las líneas.

El indicador de presión **PI-P1617-3**, mostrará localmente la presión de la línea de descarga de las bombas **P-1617A/B** (3"-UW-11151-CS).

El agua presurizada ingresa al tanque pulmón **V-1608** el cual está provisto de una válvula de alivio de presión, la **PSV-1608-1**. Este tanque actuará como un hidroneumático que controlará el reparto del agua presurizada en un rango de

presión determinado; lo que quiere decir que el mismo tendrá un porcentaje de agua y uno de aire.

Además, en el tanque **V-1608** existe un transmisor de presión, el **PT-V1608-1** el cual enviará una señal de presión (alta de apagado y baja de encendido de las bombas **P-1617-A/B**) para supervisión remota.

Existe también, en el tanque **V-1608** un transmisor de nivel, el **LT-V1608-1** el cual enviará señales al PLC para control del nivel de aire dentro del tanque. Existe una línea de aire para alimentación al tanque **V-1608**; si la cantidad de aire dentro del recipiente **V-1608** es muy baja, entonces la válvula solenoide **XY-V1608-3** (normalmente cerrada) recibirá una señal para apertura y se dará inicio a la entrada del aire faltante dentro del **V-1608** hasta llegar a los niveles de aire deseados, momento en el cual **XY-V1608-3** se cerrará.

El agua que sale del tanque pulmón pasa por la válvula controladora de presión **PCV-V1608-1**, la cual regula la presión de salida del tanque **V-1608** para mantenerla a, máximo 70 psig.

Inmediatamente después de la válvula **PCV-V1608-1**, existe un indicador de presión, **PI-V1608-2**, el mismo que mostrará localmente la presión de la línea **3"-UW-11152-CS**.

NOTA: LAS BOMBAS P-1617A Y P-1617B NO PUEDEN FUNCIONAR SIMULTÁNEAMENTE, EL PROCESO ESTÁ DISEÑADO PARA QUE UNA DE LAS DOS FUNCIONE A LA VEZ

11. Desinfección final del agua potable con radiación ultravioleta

Equipos del proceso

TAG	Descripción
N/A	Lámpara de Radiación Ultravioleta

Una vez regulada la presión, el agua ingresa a la lámpara ultravioleta, proceso que se convierte en final previo al consumo del agua tratada.

El agua tratada es enviada para consumo final "off-skid" a través de la línea **4"-UW-11158-CS**.

12. Bombeo del agua de servicios hacia tanque pulmón

Equipos del proceso

TAG	Descripción
P-1621-A	Bomba de servicios – 20 HP
P-1621-B	Bomba de servicios – 20 HP
V-1609	Tanque pulmón de servicios

Instrumentos del proceso

TAG	Descripción	Equipo involucrado
PSHH-P1621A-2	Interruptor de presión alto-alto (high-high)	P-1621A

PSHH-P1621B-2	Interruptor de presión alto-alto (high-high)	P-1621B
PI-P1621-3	Indicador de presión	Línea descarga P-1621A/B
PT-V1609-1	Transmisor de presión	V-1609
PSV-V1609-1	Válvula de alivio de presión 1 ½" x 1"	V-1609
XY-V1609-3	Válvula solenoide ½"	V-1609
LT-V1609-1	Transmisor de nivel	V-1609
PCV-V1609-1	Válvula controladora de presión	Línea de descarga V-1609
PI-V1609-2	Indicador de presión	Línea descarga V-1609

El agua reservada en el tanque **T-1604** es succionada por la bomba **P-1621A ó P-1621B** y enviada hacia el tanque pulmón **V-1609** con una tasa de 150 GPM @ 94 psi.

En modo AUTOMÁTICO, la preferencia de arranque la tendrá la bomba **P-1621A**. En modo MANUAL, el operador, mediante los interruptores manuales (HS), podrá escoger el equipo al cual desea poner en marcha. Las bombas **P-1621A/B** no arrancarán si el nivel de agua en el tanque **T-1604**, es bajo. La señal de nivel bajo la dará el transmisor de nivel **LT-T1604-1**. Las bombas **P-1621A/B** volverán a arrancar una vez recuperado cierto porcentaje del nivel de agua en el **T-1604**, mediante una señal generada por el transmisor **LT-T1604-1**.

A la descarga de las bombas **P-1621A/B**, existen interruptores de presión, **PSHH-P1621A-2** y **PSHH-P1621B-2**, los mismos que protegerán a las bombas en caso de sobre-presurización de las líneas.

El indicador de presión **PI-P1621-3**, mostrará localmente la presión de la línea de descarga de las bombas **P-1621A/B** (3"-UW-11138-CS).

El agua presurizada ingresa al tanque pulmón **V-1609** el cual está provisto de una válvula de alivio de presión, la **PSV-1609-1**. Este tanque actuará como un hidroneumático que controlará el reparto del agua presurizada en un rango de presión determinado; lo que quiere decir que el mismo tendrá un porcentaje de agua y uno de aire.

Además, en el tanque **V-1609** existe un transmisor de presión, el **PT-V1609-1** el cual enviará una señal de presión (alta de apagado y baja de encendido de las bombas **P-1621-A/B**) para supervisión remota.

Existe también, en el tanque **V-1609** un transmisor de nivel, el **LT-V1609-1** el cual enviará señales al PLC para control del nivel de aire dentro del tanque. Existe una línea de aire para alimentación al tanque **V-1609**; si la cantidad de aire dentro del recipiente **V-1609** es muy baja, entonces la válvula solenoide **XY-V1609-3** (normalmente cerrada) recibirá una señal para apertura y se dará inicio a la entrada del aire faltante dentro del **V-1609** hasta llegar a los niveles de aire deseados, momento en el cual **XY-V1609-3** se cerrará.

El agua que sale del tanque pulmón pasa por la válvula controladora de presión **PCV-V1609-1**, la cual regula la presión de salida del tanque **V-1609** para mantenerla a, máximo 70 psig.

Inmediatamente después de la válvula **PCV-V1609-1**, existe un indicador de presión, **PI-V1609-2**, el mismo que mostrará localmente la presión de la línea **3"-UW-11140-CS**.

Una vez regulada la presión, el agua se divide en dos corrientes. La primera que es el agua de servicios generales, la cual es enviada para su consumo final "off-skid" a través de la línea **4"-UW-11141-CS**.

La segunda corriente, línea **2"-UW-11142-CS** es enviada al ablandador.

NOTA: LAS BOMBAS P-1621A Y P-1621B NO PUEDEN FUNCIONAR SIMULTÁNEAMENTE, EL PROCESO ESTÁ DISEÑADO PARA QUE UNA DE LAS DOS FUNCIONE A LA VEZ

13. Ablandamiento del agua de sello de bombas

Equipos del proceso

TAG	Descripción
V-1612	Ablandador

Instrumentos del proceso

TAG	Descripción	Equipo involucrado
PSV-V1612-1	Válvula de alivio de presión ½" x ½"	V-1612

El agua, con una tasa de 50 GPM @ 70 psi ingresa al ablandador **V-1612**, en el cual existe un proceso de intercambio iónico con el fin de eliminar las sales de calcio y magnesio existentes en el agua que puedan causar incrustación en los equipos que la utilicen.

El sistema de ablandamiento posee un contador volumétrico, el mismo que enviará una señal interna al cabezal para que, luego del paso de un determinado número de galones (previamente calibrado), inicie el proceso de regeneración de la resina catiónica.

El recipiente a presión **V-1612** está protegido contra sobrepresiones mediante la válvula de seguridad **PSV-V1612-1**.

El agua ablandada es enviada para consumo final "off-skid" a través de la línea **2"-UW-11143-CS**.

3 COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA

3.1 TANQUE DE CONTACTO DE OXÍGENO

CANTIDAD : 1

Datos Generales

TAG	V-1611
EQUIPO	TANQUE CONTACTO OXÍGENO
MARCA	WELLMATE – PENTAIR
MODELO	WM-35WB

Datos Técnicos

DIÁMETRO	24 PULGADAS
ALTURA	72 PULGADAS
CAPACIDAD	120 GALONES
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	RESINA EPÓXICA Y FIBRA DE VIDRIO REBOBINADA (FILAMENT WINDING)
ESTÁNDARES QUE CUMPLE	NSF, FDA

3.2 BOMBAS DOSIFICADORAS

CANTIDAD : 3

Datos Generales

TAG	P-1637-A/B/C
EQUIPO	BOMBA DOSIFICADORA DE QUÍMICOS
MARCA	LMI-MILTON ROY
MODELO	P-141-353SI

Datos Técnicos

TIPO	DIAFRAGMA
CAUDAL	0.58 GPH MÁX.
PRESIÓN	250 PSI MÁX.

3.3 TANQUE CLARIFICADOR

CANTIDAD : 1

Datos Generales

TAG	T-1618
EQUIPO	TANQUE CLARIFICADOR

Datos Técnicos

TIPO	TRONCO CÓNICO
DIMENSIONES	13'-1" ID X 12'-5" H
CAPACIDAD	29 m3
MATERIAL	ASTM A-36
CONDICIONES DE DISEÑO	ATM @ 100°F
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENÓLICO

3.4 MOTORREDUCTOR PARA FLOCULACIÓN

CANTIDAD : 1

Datos Generales

TAG	MA-1618
EQUIPO	MOTORREDUCTOR PARA AGITACIÓN
MARCA	SEW EURODRIVE
MODELO	RF-XXX

Datos Técnicos

TIPO	VERTICAL
POTENCIA	¾ HP
VELOCIDAD	104 rpm

3.5 TANQUE DE EQUILIBRIO

CANTIDAD : 1

Datos Generales

TAG	T-1619
EQUIPO	TANQUE DE EQUILIBRIO

Datos Técnicos

TIPO	CILÍNDRICO VERTICAL
DIMENSIONES	X'-X" ID X X'-X" H
CAPACIDAD	XX m3
MATERIAL	ASTM A-36
CONDICIONES DE DISEÑO	ATM @ 100°F
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENÓLICO

3.6 BOMBAS DE FILTRACIÓN

CANTIDAD : 2

Datos Generales

TAG	P-1616-A/B
EQUIPO	BOMBA DE FILTRACIÓN
MARCA	GOULDS
MODELO	3656XXXXXX

Datos Técnicos

TIPO	CENTRÍFUGA
POTENCIA	10 HP
CAUDAL DE SERVICIO	120 GPM
PRESIÓN DE SERVICIO	75 PSI

3.7 FILTROS DE ARENA

CANTIDAD : 2

Datos Generales

TAG	FL-1601-A/B
EQUIPO	FILTRO DE ARENA
MARCA	STRUCTURAL – PENTAIR
MODELO	31390

Datos Técnicos

DIÁMETRO	63 PULGADAS
ALTURA	67 PULGADAS
CAUDAL DE MANEJO	120 GPM
TASA DE FILTRACIÓN	5.6 GPM/PIE2
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	POLIETILENO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO REBOBINADA (FILAMENT WINDING)
MATERIAL INTERNO	RESINA EPÓXICA
ESTÁNDARES QUE CUMPLE	ESTAMPE ASME RP-1 NSF, FDA, WQA S-110
RETROLAVADO	AUTOMÁTICO – ELECTROVÁLVULAS

3.8 FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO

CANTIDAD : 2

Datos Generales

TAG	FL-1602-A/B
EQUIPO	FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO
MARCA	STRUCTURAL – PENTAIR
MODELO	31285

Datos Técnicos

DIÁMETRO	48 PULGADAS
ALTURA	72 PULGADAS
CAUDAL DE MANEJO	120 GPM
TIEMPO DE CONTACTO	3.3 MINUTOS
TASA DE FILTRACIÓN	9.6 GPM/PIE2
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	POLIETILENO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO REBOBINADA (FILAMENT WINDING)
MATERIAL INTERNO	RESINA EPÓXICA
ESTÁNDARES QUE CUMPLE	ESTAMPE ASME RP-1 NSF, FDA, WQA S-110
RETROLAVADO	AUTOMÁTICO – ELECTROVÁLVULAS

3.9 TANQUE DE RESERVA DE AGUA DE SERVICIOS

CANTIDAD : 1

Datos Generales

TAG	T-1604
EQUIPO	TANQUE DE AGUA DE SERVICIOS

Datos Técnicos

TIPO	CILÍNDRICO VERTICAL
DIMENSIONES	12'-0" ID X 20'-0" H
CAPACIDAD	400 BBLS
MATERIAL	ASTM A-36
CONDICIONES DE DISEÑO	ATM @ 100°F
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENÓLICO

3.10 TANQUE DE RESERVA DE AGUA POTABLE

CANTIDAD : 1

Datos Generales

TAG	T-1605
EQUIPO	TANQUE DE AGUA POTABLE

Datos Técnicos

TIPO	CILÍNDRICO VERTICAL
DIMENSIONES	12'-0" ID X 20'-0" H
CAPACIDAD	400 BBLS
MATERIAL	ASTM A-36
CONDICIONES DE DISEÑO	ATM @ 100°F
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENÓLICO

3.11 SENSOR / MONITOR DE CLORO RESIDUAL

CANTIDAD : 1

Datos Generales

TAG	AIT-P1637C-1
EQUIPO	SENSOR/MONITOR DE CLORO RESIDUAL
MARCA	ENDRESS + HAUSER
MODELO	

Datos Técnicos

TIPO	CLORO RESIDUAL CON COMPENSACIÓN DE pH
ELECTRODO	TIPO INMERSIÓN
RANGO	CLORO 0-5 mg/l; pH 4-9

3.12 BOMBAS DE AGUA DE SERVICIOS

CANTIDAD : 2

Datos Generales

TAG	P-1621-A/B
EQUIPO	BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS
MARCA	GOULDS
MODELO	3656XXXXXX

Datos Técnicos

TIPO	CENTRÍFUGA
POTENCIA	20 HP
CAUDAL DE SERVICIO	150 GPM
PRESIÓN DE SERVICIO	104 PSI

3.13 BOMBAS DE AGUA POTABLE

CANTIDAD : 2

Datos Generales

TAG	P-1617-A/B
EQUIPO	BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS
MARCA	GOULDS
MODELO	3656XXXXXX

Datos Técnicos

TIPO	CENTRÍFUGA
POTENCIA	20 HP
CAUDAL DE SERVICIO	200 GPM
PRESIÓN DE SERVICIO	91 PSI

3.14 TANQUE PULMÓN DE AGUA DE SERVICIOS

CANTIDAD : 1

Datos Generales

TAG	V-1609
EQUIPO	TANQUE PULMÓN DE AGUA DE SERVICIOS

Datos Técnicos

TIPO	CILINDRICO VERTICAL
DIMENSIONES	72" OD X 206.7" LL
CAPACIDAD	4000 GALONES
MATERIAL	SA-516-Gr70
CONDICIONES DE DISEÑO	150 psi @ 100°F / ESTAMPE ASME
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENÓLICO

3.15 TANQUE PULMÓN DE AGUA POTABLE

CANTIDAD : 1

Datos Generales

TAG	V-1608
EQUIPO	TANQUE PULMÓN DE AGUA POTABLE

Datos Técnicos

TIPO	CILÍNDRICO VERTICAL
DIMENSIONES	72" OD X 206.7" LL
CAPACIDAD	4000 GALONES
MATERIAL	SA-516-Gr70
CONDICIONES DE DISEÑO	150 psi @ 100°F / ESTAMPE ASME
RECUBRIMIENTO INTERNO	EPOXIFENÓLICO

3.16 SISTEMA DE ABLANDAMIENTO

CANTIDAD : 1

Datos Generales

TAG	V-1612 Y OTROS
EQUIPO	SISTEMA DE ABLANDAMIENTO
MARCA	ALAMO WATER REFINERS
MODELO	M4060B

Datos Técnicos

TIPO	INTERCAMBIO CATIONICO FUERTE
REGENERACIÓN	SOLUCIÓN DE SALMUERA
CAPACIDAD MÁXIMA	500K GRANOS @ 20 PIE3 DE RESINA
COMPONENTES PRINCIPALES	TANQUE FRP 36" X 72" RESINA CATIONICA FUERTE 20 PIE3 TANQUE REGENERACIÓN 39" X 60" CABEZAL REGENERACIÓN: FLECK 2900 CON MEDIDOR DE VOLUMEN

3.17 LÁMPARA ULTRAVIOLETA

CANTIDAD : 1

Datos Generales

TAG	N/A
EQUIPO	SISTEMA DE RADICIÓN ULTRAVIOLETA
MARCA	HYDRO-SAFE
MODELO	HSUV-SS-225-2

Datos Técnicos

CAUDAL	225 GPM MÁX.
PRESIÓN	125 PSI MÁX.
MATERIAL DE CARCAZA	ACERO INOXIDABLE 304
NÚMERO DE LÁMPARAS	8
MONITOR	INCLUIDO

4 OPERACIÓN

Los operadores del sistema deben asegurar que el agua producida sea apta y segura para el consumo humano y los servicios para los cuales fue diseñado el mismo.

La operación del sistema envuelve el conocimiento en manejo y mantenimiento de los siguientes equipos: motores eléctricos, válvulas, bombas, equipos de dosificación de químicos, agitadores, ablandadores, lámparas ultravioleta, entre otros.

El operador deberá estar apto para:

- Regular caudales
- Realizar preparación de soluciones químicas y dosificaciones de productos químicos
- Monitorear niveles, presiones, caudales, parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua cruda y tratada
- Llevar una bitácora diaria con los parámetros básicos para el control del adecuado funcionamiento del sistema en la parte mecánica, eléctrica y de proceso
- Inspeccionar los equipos y detectar problemas en su funcionamiento
- Limpiar tanques
- Revisar niveles de filtros y rellenarlos
- Cambiar sustratos de filtros
- Manejar las herramientas necesarias para el óptimo funcionamiento del sistema
- Coordinar labores de mantenimiento especializado ordinario y extraordinario
- Reconocer el tipo de químicos a utilizar y saber interpretar las señales de manejo de los mismos
- Tomar muestras adecuadamente para enviar al laboratorio para análisis no realizados "in situ"
- Tener conocimiento del manejo de sistemas de monitoreo de parámetros físico-químicos tales como: turbidez, color, pH, cloro residual, dureza, entre otros
- Saber a quién informar cuándo se presente algún problema en el sistema

Antes de operar el sistema de tratamiento de agua cruda, revisar lo siguiente:

- El correcto estado de las válvulas manuales (aperturas y cierres). Revisar que las válvulas abiertas y cerradas correspondan al normal funcionamiento de las bombas elegidas para el funcionamiento del sistema.
- Que las válvulas de cierre de todos los instrumentos estén en posición abierta, para el correcto funcionamiento del respectivo instrumento y la protección del sistema
- Que existan químicos en los tanques BATCH correspondientes
- Niveles de tanques
- Cierre de válvulas de purga en los distintos equipos y tanques
- Correcta energización de los tableros de fuerza y control
- Cebamiento de los sistemas de dosificación

En operación rutinaria, el operador deberá:

- Observar el correcto estado de las válvulas (aperturas y cierres)
- Revisar los niveles de tanques

- Revisar los niveles de químicos en los tanques BATCH
- Confirmar las correctas dosificaciones de químicos
- Revisar el cebamiento correcto de las bombas dosificadoras y eliminación de burbujas de aire en las mangueras de succión y/o descarga
- Revisar la limpieza de la succión de aire en el venturi que alimenta al sistema de contacto de oxígeno
- Revisar que el tanque de producción de salmuera contenga la suficiente cantidad de sal para la regeneración del ablandador
- Revisar el correcto suministro de aire para el relleno de los tanques pulmón
- Chequear limpieza exterior de tuberías y área de trabajo
- Revisar el correcto funcionamiento de las 8 bombillas de la lámpara ultravioleta
- Revisar y/o corregir posibles fugas en el piping
- Revisar presiones de descarga de bombas centrífugas
- Revisar presiones de entrada y salida de filtros de arena y carbón activado
- Realizar medición de turbiedad a la salida del clarificador y del agua tratada (potable y de servicios)
- Realizar limpieza de tuberías y tanques
- Limpiar natas y elementos flotantes (palos, hojas, insectos, otros) en los tanques abiertos (clarificador y de equilibrio)
- Realizar medición de cloro residual en la línea de agua potable tratada
- Llevar un registro detallado de parámetros de operación, pruebas e información sobre mantenimientos

Es importante recordar que en modo AUTOMÁTICO, la preferencia de arranque tendrán las bombas **P-1616-A, P-1617-A y P-1621-A**. En modo MANUAL, el operador, mediante los interruptores manuales (HS), podrá escoger el equipo al cual desea poner en marcha.



ADVERTENCIA: SI LA POSICIÓN DE LAS VÁLVULAS NO ES LA ADECUADA PUEDEN EXISTIR PROBLEMAS SERIOS EN EL SISTEMA DE BOMBEO, SOBREPRESIONES PELIGROSAS PARA LOS OPERADORES, O PROBLEMAS EN LA CALIDAD DEL AGUA PRODUCIDA.

RECUERDE QUE EN LOS TRES SKIDS DE BOMBAS (FILTRACIÓN, AGUA POTABLE Y AGUA DE SERVICIOS), SOLAMENTE UNA BOMBA DEBERÁ FUNCIONAR A LA VEZ, YA QUE LA OTRA ES UN EQUIPO DE RESPALDO O STAND-BY DE LA PRINCIPAL.

5 MANTENIMIENTO

5.1 FILTROS Y SUSTRATOS

El retrolavado de filtros es automático, por lo que el Operador únicamente confirmará el correcto retrolavado mediante el registro de las presiones de entrada y salida de los filtros. Si, luego de realizado el retrolavado, el Operador anota que la caída de presión a través de los filtros es muy alta, es importante realizar una revisión de los transmisores de presión diferencial que comanda los retrolavados de los mismos.

El retrolavado de los filtros arrancará cuando la **diferencia de presión entre la entrada y salida de los filtros sea mayor o igual a 15 psi.**

El momento que los filtros se encuentren en proceso de retrolavado, cerciorarse que en la caja de revisión correspondiente exista el adecuado caudal de eliminación de agua de enjuague.

Una vez cada 6 meses es indispensable revisar los niveles de arena y carbón activado de los filtros.

Este proceso se lo realiza de la siguiente manera:

- Detener el funcionamiento de la bomba de ingreso de agua cruda
- No purgar el agua del filtro
- Abrir la cabeza del filtro, sacando las universales que nos ayuden para el proceso. La cabeza del filtro es bridada por lo que es indispensable retirar la brida SNA para realizar el posterior chequeo
- Introducir una vara dentro del filtro hasta con la punta de la misma topar el nivel superior del sustrato
- Calcular el espacio libre de cabeza. Si este es mayor al 50% del volumen total del filtro, es indispensable rellenar el filtro hasta obtener un espacio libre de 30-40% del volumen total del filtro

NOTA: REFERIRSE AL MANUAL DE MANEJO DE FILTROS SUMINISTRADO POR EL FABRICANTE PARA LA CORRECTA MANIPULACIÓN DE LOS MISMOS

NO ES NECESARIO EL CAMBIO DE ARENA, ÚNICAMENTE SU RELLENO PARA OBTENER NIVELES ADECUADOS DE SUSTRATO.

EL CARBÓN ACTIVADO DEBE SER CAMBIADO **CADA AÑO.**

El proceso de cambio de sustrato se lo realiza de la siguiente manera:

- Detener el funcionamiento de la bomba de ingreso de agua cruda
- No purgar el agua del filtro
- Abrir la cabeza del filtro, sacando las universales que nos ayuden para el proceso. La cabeza del filtro es bridada por lo que es indispensable retirar la brida SNA para realizar el posterior cambio de sustrato

- Con la ayuda de un equipo de aspiración en vacío o "vacuum", retirar todo el sustrato fluidizado (con agua)
- En el proceso de aspiración del sustrato, colocar una manguera con agua dulce dentro del filtro para que todo el sustrato se fluidice y "flote", es decir, sea susceptible de succión. El sustrato siempre debe permanecer flotando con abundante agua para evitar el taponamiento del aspirador por falta de agua
- Una vez eliminado todo el sustrato, purgar el agua del filtro hasta dejar una ocupación aproximada de 25% del volumen total
- Rellenar el filtro con el sustrato fresco
- Cerciorarse que el espacio libre de cabeza se encuentre entre un 30 y 40 % del volumen total del filtro
- Completar la re-conexión de todas las piezas retiradas



ADVERTENCIA: DEBIDO AL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LOS FILTROS, NUNCA MOVERLOS CUANDO SE ENCUENTREN LLENOS O CON CARGA INTERNA. PUEDEN SUFRIR DAÑOS IRREPARABLES. ES IMPORTANTE TENER MUCHO CUIDADO EN EL RETIRO DE LA BRIDA SUPERIOR, YA QUE LA MISMA ESTÁ CONSTRUIDA EN PEHD, POR LO QUE SI SUFRE ALGÚN DAÑO, ES INDISPENSABLE SU CAMBIO TOTAL. TENER MUCHO CUIDADO EN EL RETIRO DE LAS LÍNEAS AÉREAS (AL MOMENTO DE APERTURA DEL FILTRO) YA QUE UN "DESBALANCE" EN LAS MISMAS PUEDE PRODUCIR ESFUERZOS DEMASIADO FUERTES EN LA CABEZA BRIDADA-ROSCADA, LA CUAL PUEDE SURFIR DAÑOS IRREPARABLES

5.2 BOMBAS CENTRÍFUGAS

Referirse al manual de operación y mantenimiento de motores y bombas, provisto por el fabricante.

5.3 BOMBAS DOSIFICADORAS

Referirse al manual de operación y mantenimiento de las bombas dosificadoras, provisto por el fabricante.

NOTA: *Verificar que no existan burbujas de aire en las mangueras, tanto de succión como de descarga de las bombas dosificadoras de químicos, ya que si existiese aire, puede haber problemas de una deficiente o no dosificación del químico; lo que causaría un mal tratamiento del agua. Si existen burbujas, eliminarlas.*

5.4 TANQUES

El tanque clarificador deberá ser purgado cuando los niveles de turbiedad obtenidos a la descarga del mismo (entrada al tanque de equilibrio) sean mayores a 6 NTU.

La purga se la hará manualmente de la siguiente manera:

- Abrir la válvula de purga en la parte inferior del tanque de manera paulatina

- El momento que la válvula esté abierta en un 100% observar en la caja de revisión de purga el color del agua purgada
- El momento en que el color sea muy claro, cerrar la válvula de purga
- Esperar 5 minutos y repetir los mismos pasos anteriores

Una vez **cada 6 meses** realizar un chequeo de pintura interna y externa de los tanques.

Es importante purgar **cada 3 meses** el 2-5% (dependiendo del nivel de las bocas de succión de las bombas centrífugas) del volumen de los tanques atmosféricos para eliminar posibles residuos acumulados en las bases.

5.5 ABLANDADOR

Referirse al manual de operación y mantenimiento del ablandador provistos por el fabricante.

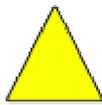
5.6 LÁMPARA ULTRAVIOLETA

Referirse al manual de operación y mantenimiento del ablandador provistos por el fabricante.

Es importante cambiar las lámparas cada 7500 horas de uso o 1 año lo que se cumpla primero.

Deber tenerse en cuenta

- Que no exista fugas en los empaques
- Que la lámpara esté encendida



ADVERTENCIA: ES MUY PELIGROSO MIRAR DIRECTAMENTE A LA LUZ ULTRAVIOLETA, PUEDE PRODUCIR DAÑOS IRREPARABLES EN LA VISTA

5.7 TUBERÍAS / ACCESORIOS / VÁLVULAS

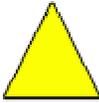
Revisar diariamente que las tuberías y accesorios no tengan fugas.

Revisar semestralmente asientos de válvulas.

Tener en cuenta las siguientes precauciones generales:

- Tenga cuidado de no derramar químicos o elementos corrosivos sobre los equipos (bombas, válvulas, accesorios, etc.), ya que pueden sufrir daños graves
- No pisar ni suspenderse de las tuberías, válvulas o accesorios que se encuentran en todo el sistema
- No dejar que personas no autorizadas manipulen los equipos de la planta.
- El momento de realizar cualquier reparación o manipulación en una línea de tuberías, cerciórese que las válvulas que dan paso a dicha línea estén cerradas

6 DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS



ADVERTENCIA: PREPARAR LAS SOLUCIONES DE QUÍMICOS CON MUCHO CUIDADO. UTILIZAR GUANTES ADECUADOS PARA EL TRABAJO (NITRIL) Y GAFAS PROTECTORAS.

UTILIZAR ENVASES DIFERENTES PARA LA PREPARACIÓN DE CADA UNO DE LOS QUÍMICOS UTILIZADOS. SI SE UTILIZA EL MISMO ENVASE SE PUEDEN DESENCADENAR REACCIONES QUÍMICAS PELIGROSAS PARA LA SALUD DEL OPERADOR, ADEMÁS DEL CONSIGUIENTE DAÑO DE LA SOLUCIÓN PREPARADA.

Los químicos a utilizarse son los siguientes:

1. **Policloruro de aluminio + Poliacrilamida:** Es un producto que ayuda a la coagulación-floculación de la materia en solución y suspendida en el agua a tratar. La poliamida es importante, debido a la cantidad excesiva de materia orgánica encontrada en el agua cruda.
2. **Hipoclorito de Sodio al 10 %:** Este producto nos ayuda a la oxidación orgánica e inorgánica de la materia existente en el agua. Es una sustancia que ayuda a la formación de flóculos consistentes y pesados. Su concentración aproximada es de 10%. Además utilizamos esta sustancia como desinfectante final, para mantener valores de cloro residual adecuados, en el tanque de reserva de agua tratada.

NOTA: Debido a la variabilidad del agua de entrada, la calibración de las dosificaciones puede cambiar (según el tipo de agua de entrada a la planta).

7 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

PROBLEMA	POSIBLE(S) CAUSA(S)	POSIBLE(S) SOLUCION (ES)
CALIDAD DEL AGUA		
Color y/o Turbidez en el agua	<ul style="list-style-type: none"> a. Caudal de entrada de agua cruda alto o bajo b. Las válvulas están en posición incorrecta c. Las bombas dosificadoras de floculante y coadyuvante no están activadas d. Se agotó la solución de floculante y/o coadyuvante e. La dosificación de químicos es incorrecta f. Se encuentra taponado sistema de alimentación de químicos g. Existe aire en las mangueras de las dosificadoras h. Tanque saturado de lodos i. Sustratos saturados o con bajos niveles 	<ul style="list-style-type: none"> a. Chequear bombas de captación, tubería de impulsión y válvulas de aire. Regular y revisar válvula de regulación de caudal b. Verificar las válvulas, especialmente de los filtros que estén en posición de servicio c. Activar las bombas dosificadoras d. Añadir soluciones a los tanques BATCH (cebar las dosificadoras) e. Confirmar que la cantidad añadida fue la correcta, cambiar de dosificación. f. Chequear válvulas check, mangueras y realizar limpieza general de dosificadoras g. Eliminar el aire de las mangueras (cebar) h. Purgar tanques i. Cambiar o completar sustratos
Microorganismos en el agua potable	<ul style="list-style-type: none"> a. La lámpara(s) del sistema ultravioleta está(n) quemada(s) 	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambiar la(s) lámpara(s)
Niveles de dureza alto en el agua de sellos de bomba	<ul style="list-style-type: none"> a. Cabezal no energizado b. Falta sal en el tanque de preparación de salmuera c. Cabezal de regeneración descalibrado d. Medidor volumétrico desconectado e. Niveles de resina bajos f. Resina saturada 	<ul style="list-style-type: none"> a. Energizar el cabezal b. Añadir sal al tanque de preparación de salmuera c. Calibrar adecuadamente el cabezal d. Conectar el cable del medidor volumétrico e. Completar los niveles de resina f. Cambiar de resina
BOMBAS DE SUCCIÓN Y DESCARGA		
La bomba no suministra agua	<ul style="list-style-type: none"> a. Tubería floja o mal sellada b. Empaque de acoplamiento dañado y/o tornillos flojos c. Sello mecánico defectuoso 	<ul style="list-style-type: none"> a. Identifique el lugar de la fuga, corrija b. Reponga las partes dañadas y apriete los tornillos, sin barrerlos c. Reemplace el sello
El motor no arranca	<ul style="list-style-type: none"> a. Falso contacto en la instalación o conexión b. Cables flojos, rotos o incorrectos 	<ul style="list-style-type: none"> a. Verifique que las conexiones estén bien hechas, si no lo están, corrija b. Verifique el cableado, si es incorrecto, vuelva a conectar, apriete las conexiones, reemplace cables defectuosos

	<ul style="list-style-type: none"> c. Electrodos mal posicionados d. Dispositivo de arranque defectuoso e. Impulsor o elementos que rotan atorados 	<ul style="list-style-type: none"> c. Posicionar los electrodos correctamente d. Reemplace si está dañado e. Verifique que no haya objetos que impidan el movimiento del rotor, impulsor f. Rebobinar el motor
	<ul style="list-style-type: none"> f. Embobinado del motor quemado 	
El motor prende y apaga continuamente	<ul style="list-style-type: none"> a. Bajo voltaje en línea b. Rango muy pequeño en el control de nivel c. Fuga de agua en la tubería d. Bomba no cebada 	<ul style="list-style-type: none"> a. Verifique que el voltaje sea el adecuado b. Ajuste los controles de nivel para tener un rango de juego aceptable c. Revise y selle cualquier fuga d. Cebear la bomba
La bomba no suministra agua (o suministra muy poca)	<ul style="list-style-type: none"> a. La bomba no está cebada, impulsor dañado b. Válvula cerrada o tubería obstruida en la línea de succión o descarga c. Entrada de aire en la tubería de succión d. La bomba trabaja a menos revoluciones que las indicadas 	<ul style="list-style-type: none"> a. Cebear la bomba. Reemplazar impulsor b. Abra las válvulas que impidan el flujo del agua y limpie o reemplace las tuberías obstruidas. c. Verifique que la tubería y las conexiones estén en buen estado d. Verifique que la conexiones estén bien hechas, que el impulsor gire en el sentido correcto, voltaje de operación, y amperaje de la bomba en funcionamiento e. Destape el impulsor f. Destape el receptáculo de la coladera, límpiela y vuélvala a colocar
	<ul style="list-style-type: none"> e. Impulsor tapado por impurezas 	
	<ul style="list-style-type: none"> f. Coladera o strainer de succión sucia 	
Bomba ruidosa	<ul style="list-style-type: none"> a. Válvula de succión cerrada b. Presión de descarga muy baja c. Impulsor rozando en la tubería o cuerpo de la bomba d. Baleros desgastados o mal ajustados en el motor 	<ul style="list-style-type: none"> a. Abra la válvula o quite cualquier cosa que impida que el agua fluya fácilmente por la succión b. Para reducir el ruido, cierre un poco la válvula de descarga c. Afloje un poco la tubería enroscada en la succión d. Reemplace los baleros dañados y asegúrese que estén bien ajustados

BOMBAS DOSIFICADORAS, D1, D2

Problemas de inyección de químicos	<ul style="list-style-type: none"> a. Se agotó la solución b. La válvula de pie está tapada c. La bomba está incrustada d. La bomba no está cebada 	<ul style="list-style-type: none"> a. Cargar de nuevo el tanque de químico b. Limpiar la válvula de pie c. Realizar lavado con ácido muriático d. Cebear la bomba
La bomba no funciona	<ul style="list-style-type: none"> a. La conexión eléctrica falló b. El motor se quemó 	<ul style="list-style-type: none"> a. Verificar la conexión eléctrica b. Reemplazar la bomba

FILTROS

Caudal de salida bajo	<ul style="list-style-type: none"> a. Filtros llenos b. Sustratos saturados 	<ul style="list-style-type: none"> a. Realizar el retrolavado respectivo b. Cambiar sustratos
-----------------------	---	---

	c. Colectores tapados o rotos	c. Destapar colectores, reemplazarlos
Fuga por la tapa	a. Tapa mal ajustada b. Empaques dañados	a. Ajustar bien la tapa b. Reemplazar los empaques

NOTA: SIEMPRE REFERIRSE AL MANUAL DEL FABRICANTE DE CADA UNO DE LOS EQUIPOS

GLOSARIO DE TERMINOS

Oxidación: La oxidación es una [reacción química](#) en la que un [metal](#) o un [no metal](#) cede [electrones](#). La [reacción química](#) opuesta a la oxidación se conoce como [reducción](#), es decir cuando una especie química acepta [electrones](#). Estas dos reacciones siempre se dan juntas, es decir, cuando una sustancia se oxida, siempre es por la acción de otra que se reduce. Una cede [electrones](#) y la otra los acepta. Por esta razón, se prefiere el término general de reacciones [redox](#).

El nombre de "oxidación" proviene de que en la mayoría de estas reacciones, la transferencia de [electrones](#) se da mediante la adquisición de átomos de [oxígeno](#) (cesión de [electrones](#)) o viceversa. Sin embargo, la oxidación y la reducción puede darse sin que haya intercambio de [oxígeno](#) de por medio

Floculación: Acumulación de partículas desestabilizadas y micro partículas, y posteriormente la formación de copos de tamaño deseado. Uno debe añadir otra sustancia química llamada floculante en orden de facilitar la formación de copos llamados flóculos. Más información sobre la floculación.

Coagulación: Es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante.

Coloides: Los coloides usualmente se definen como sistemas dispersos con dimensiones características de rangos de 10^{-5} cm. a 10^{-7} cm. El material en estado coloidal muestra diversas naturalezas y efectos dependiendo del comportamiento catalítico, absorbancia, carga y velocidad reactiva. Las partículas coloidales están continuamente involucradas en repulsiones aleatorias de cada uno. Ellas están en constante y desordenado movimiento en un "MOVIMIENTO BROWNIANO" sin pausa. Su constante colisión de cadena asemeja la fisión nuclear, en donde el tamaño original de las partículas coloidales se fragmentan en partículas significativamente más pequeñas. Esta movilidad sin fin y fragmentación continua se le llama "actividad coloidal", y el producto que maximiza esta actividad es llamado u producto de "coloide activo".

Ablandamiento: La eliminación del calcio y el magnesio de un agua para reducir su dureza

Dureza: Concentración de sales de [calcio](#) y [magnesio](#) en el [agua](#). Más dura más concentración, más blanda menos concentración.

La dureza puede ser **temporal** o de [carbonatos](#), o **permanente** o de no-carbonatos.

Los carbonatos pueden precipitar cuando la concentración de [ácido carbónico](#) disminuye, con lo que la dureza temporal disminuye, y si el ácido carbónico aumenta puede aumentar la solubilidad de fuentes de carbonatos, como piedras calizas, con lo que la dureza temporal aumenta.

Este proceso de disolución y precipitación es el que provoca las formaciones de [estalagmitas](#) y [estalactitas](#).

Las medidas de dureza del agua son:

- mg/L de carbonato cálcico CaCO_3
- El Grado hidrotimétrico
- El Grado alemán
- El grado francés que equivale a 10 mg/L de carbonato cálcico en el agua.

Si la dureza es inferior a 60 mg/L de CaCO_3 el agua se considera "blanda", si es superior a 270 mg/L se considera [agua dura](#). (Harris,DC. Quantitative Chemical Analysis. Ed. Freeman. 1999. pag 328).

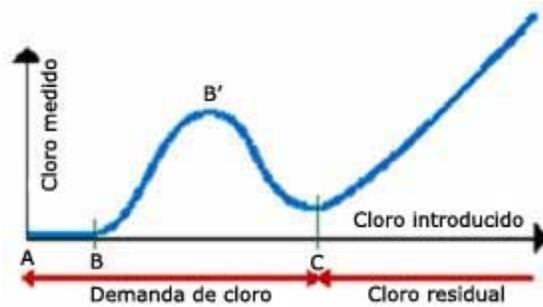
Un proceso para la eliminación de la dureza del agua, es la [desionización](#) de esta mediante **resinas desionizantes**.

pH: El valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de [hidrógeno](#) presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica

Cloro Residual: El cloro es un elemento químico del grupo de los halógenos, al igual que el flúor, el bromo, el yodo y el astato. En la naturaleza se encuentra normalmente en forma de gas formando moléculas divalentes de cloro (Cl_2)

El cloro resulta un desinfectante bastante eficaz y económico para el tratamiento y potabilización de aguas, ya sea aportado en forma gas disolviéndolo en el agua o bien aportándolo como hipoclorito sódico, hipoclorito cálcico o como derivados del cloroisocianurato.

El proceso de cloración puede comprenderse fácilmente en la siguiente gráfica en la que se aprecian unas fases bien definidas:



En la fase AB todo el cloro que se añade es empleado en combinarse con la materia orgánica por lo que consecuentemente el nivel de cloro residual es cero.

Al llegar a la fase BB', el nivel de cloro residual aumenta, pero todo este cloro se encuentra combinado en forma de cloraminas, que son productos que tienen un bajo poder desinfectante y producen un olor desagradable.

De B' a C el cloro añadido se emplea en destruir las cloraminas por lo que el cloro residual medido disminuye hasta llegar a un mínimo en C llamado punto de ruptura. A partir de este punto, todo el cloro añadido se emplea en aumentar el cloro residual que se encontraría como cloro libre y con mayor poder desinfectante que el cloro combinado que forma cloraminas.

Debe por tanto superarse este punto de ruptura para tener cloro libre residual en la piscina y que el cloro combinado sea el mínimo posible.

Turbiedad: Medida de la no transparencia del agua debida a la presencia de materia suspendida.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

INGENIERÍA CONCEPTUAL Y BÁSICA DEL PROCESO

FIGURA 1. 1 PRODUCCIÓN DE AGUAS EN PLANTA DE TRATAMIENTO	2
FIGURA 1. 2 DIAGRAMA DEL PROCESAMIENTO DE AGUA	5
FIGURA 1. 3 TANQUE DE CONTACTO DE OXÍGENO V-1611	6
FIGURA 1. 4 BOMBAS DOSIFICADORAS DE QUÍMICOS P-1637-A Y P-1637-B	7
FIGURA 1. 5 TANQUE CLARIFICADOR T-1618 Y TANQUE DE EQUILIBRIO T-1619	7
FIGURA 1. 6 FILTROS DE ARENA Y DE CARBÓN ACTIVO FL-1601-A/B Y FL-1602-A/B	8
FIGURA 1. 7 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA T-1604 Y T-1605	9
FIGURA 1. 8 UNIDADES HIDRONEUMÁTICAS: TANQUES PULMÓN Y BOMBAS DE PRESURIZACIÓN	10
FIGURA 1. 9 LÁMPARA DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA Y CONTROLADOR.....	11
FIGURA 1. 10 TUBO VENTURI	12
FIGURA 1. 11 EFECTO VENTURI.....	12
FIGURA 1. 12 AIREACIÓN DEL SISTEMA	13
FIGURA 1. 13 INYECCIÓN DE QUÍMICOS EN TUBERÍA.....	14
FIGURA 1. 14 TANQUE DE CLARIFICADOR T-1618 Y MOTO-AGITADOR	15
FIGURA 1. 15 TANQUE DE EQUILIBRIO T-1619 E INSTRUMENTOS ASOCIADOS	16
FIGURA 1. 16 BOMBA P-1616-A E INSTRUMENTOS ASOCIADOS.....	17
FIGURA 1. 17 EFLUENTE DE VESSEL V-1608.....	20
FIGURA 1. 18 MANÓMETRO MARCA ASHCROFT	21
FIGURA 1. 19 TRANSMISOR DE PRESIÓN ABB MODELO 264HS	23
FIGURA 1. 20 TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL ABB264DS	24
FIGURA 1. 21 SWITCH DE PRESIÓN ENDRESS HAUSER PMP-131	25
FIGURA 1. 22 SWITCH DE NIVEL FTL-20 DE ENDRESS HAUSER	26

FIGURA 1. 23 VÁLVULA OPERADA POR SOLENOIDE AQUAMATIC V42	27
FIGURA 1. 24 ARQUITECTURA DE CONTROL PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA X-1602	29

CAPITULO 2

INGENIERÍA DE DETALLE

FIGURA 2. 1 CONEXIONES DE ROSCAS NPT	32
FIGURA 2. 2 DETALLE DE INSTALACIÓN DE MANÓMETROS	33
FIGURA 2. 3 VÁLVULA DE AGUJA CON PURGA M9VKC44C DE ANDERSON GREENWOOD....	34
FIGURA 2. 4 DETALLE DE INSTALACIÓN DE TRANSMISORES DE PRESIÓN.	35
FIGURA 2. 5 CONECTOR CGB CROUSE HINDS	36
FIGURA 2. 6 MONTAJE DE SWITCH DE PRESIÓN.....	37
FIGURA 2. 7 DETALLE DE INSTALACIÓN DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DIFERENCIAL.....	38
FIGURA 2. 8 INSTALACIÓN DEL SWITCH DE NIVEL EN TANQUE DE EQUILIBRIO T-1619.....	40
FIGURA 2. 9 VÁLVULAS OPERADAS CON SOLENOIDE EN LA PLANTA X-1602	41
FIGURA 2. 10 SECCIÓN DE TRANSVERSAL DE BANDEJA Y CABLES CONTENIDOS EN ELLA	43
FIGURA 2. 11 BREAKER MONOPOLAR 6A SIEMENS 5SX1	47
FIGURA 2. 12 FUENTE DE PODER SOLA SDN.....	47
FIGURA 2. 13 FUNCIONAMIENTO EN REDUNDANCIA MEDIANTE MÓDULO DE REDUNDANCIA DUAL EXTERNO.....	48
FIGURA 2. 14 CHASIS MODELO 1756 A-7 PARA CONTROLLOGIX.....	48
FIGURA 2. 15 SISTEMA DE CONTROL CONTROLLOGIX	49
FIGURA 2. 16 CONVERTIDOR DE MEDIOS ENTRE FIBRA ÓPTICA Y ETHERNET.....	49
FIGURA 2. 17 MEDIDOR MULTIFUNCIONAL DIGITAL MID-96	51
FIGURA 2. 18 SÍMBOLO DE TRANSMISOR DE PRESIÓN.....	57
FIGURA 2. 19 NOMINACIÓN DE CABLES	57
FIGURA 2. 20 BORNERAS DE CONEXIÓN EN PANEL DE CONTROL.....	58
FIGURA 2. 21 SÍMBOLO DE PLC.....	58
FIGURA 2. 22 SÍMBOLO DE SWITCH DE NIVEL.....	60
FIGURA 2. 23 NOMINACIÓN DE CABLES	60

FIGURA 2. 24 BORNERAS DE CONEXIÓN EN PANEL DE CONTROL	61
FIGURA 2. 25 SÍMBOLO DE PLC.....	61
FIGURA 2. 26 SÍMBOLO DE VÁLVULA SOLENOIDE	62
FIGURA 2. 27 NOMINACIÓN DE CABLES	63
FIGURA 2. 28 BORNERAS DE CONEXIÓN EN PANEL DE CONTROL	63
FIGURA 2. 29 SÍMBOLO DE PLC.....	63

CAPITULO 3

PROGRAMACIÓN DE LA LÓGICA DE CONTROL

FIGURA 3. 1 FLUJOGRAMA PARA FUNCIONAMIENTO DE MOTO-AGITADOR.....	69
FIGURA 3. 2 FLUJOGRAMA PARA FUNCIONAMIENTO DE BOMBA P-1616-A	71
FIGURA 3. 3 FLUJOGRAMA PARA FUNCIONAMIENTO DE BOMBA P-1616-B	72
FIGURA 3. 4 FLUJOGRAMA PARA SECUENCIAS DE FILTRADO.....	74
FIGURA 3. 5 FLUJO DE AGUA EN UN PROCESO DE FILTRADO Y RETRO-LAVADO.....	75
FIGURA 3. 6 FLUJOGRAMA PARA SECUENCIA DE LLENADO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO	76
FIGURA 3. 7 FLUJOGRAMA PARA FUNCIONAMIENTO DE BOMBA P-1621-A	78
FIGURA 3. 8 FLUJOGRAMA PARA FUNCIONAMIENTO DE BOMBA P-1621-B	79
FIGURA 3. 9 FLUJOGRAMA PARA INGRESO DE AIRE A VESSEL V-1609	80
FIGURA 3. 10 FLUJOGRAMA PARA INGRESO DE AIRE A VESSEL V-1608	81
FIGURA 3. 11 FLUJOGRAMA PARA FUNCIONAMIENTO DE BOMBA P-1617-A	82
FIGURA 3. 12 FLUJOGRAMA PARA FUNCIONAMIENTO DE BOMBA P-1617-B	83
FIGURA 3. 13 CLD'S PARA ACTIVACIÓN DEL MOTO-AGITADOR.....	84
FIGURA 3. 14 CLD'S PARA ACTIVACIÓN DE BOMBAS DE SUCCIÓN P-1616 A/B	86
FIGURA 3. 15 CLD'S PARA FUNCIONAMIENTO DE FILTROS DE ARENA	88
FIGURA 3. 16 CLD'S PARA FUNCIONAMIENTO DE FILTROS DE CARBÓN	89
FIGURA 3. 17 CLD'S PARA UNIDAD HIDRONEUMÁTICA DE AGUA INDUSTRIAL	93
FIGURA 3. 18 CLD'S PARA UNIDAD HIDRO-NEUMÁTICA DE AGUA POTABLE.....	94
FIGURA 3. 19 ORGANIZADOR DEL CONTROLADOR	99
FIGURA 3. 20 SELECCIÓN DE MÓDULOS I/O	99

FIGURA 3. 21 PROPIEDADES DEL CONTROLADOR, UBIADO EN EL SLOT 0.....	100
FIGURA 3. 22 PROPIEDADES DEL MÓDULO ETHERNET UBIADO EN EL SLOT 1	100
FIGURA 3. 23 PROPIEDADES DEL MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS UBIADO EN EL SLOT 2	100
FIGURA 3. 24 ESCALAMIENTO DE LAS ENTRADAS ANÁLOGAS.....	101
FIGURA 3. 25 PROPIEDADES DEL MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES UBIADO EN EL SLOT 4	101
FIGURA 3. 26 PROPIEDADES DEL MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES UBIADO EN EL SLOT 5 .	102
FIGURA 3. 27PROPIEDADES DEL MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES UBIADO EN EL SLOT 6..	102

CAPITULO 4

CONSTRUCCIÓN

FIGURA 4. 1 FUENTE DE PODER SOLA Y MÓDULO DE REDUNDANCIA	107
FIGURA 4. 2 CONEXIONES A TIERRA PARA EL CHASIS DEL PLC	108
FIGURA 4. 3 PLC MODULAR ALLEN BRADLEY	109
FIGURA 4. 4 DISTRIBUCIÓN DE CANALETAS EN PANEL DE CONTROL	110
FIGURA 4. 6 BLOQUE TERMINAL- ENTRADAS ANÁLOGAS	111
FIGURA 4. 7 SUPRESOR DE TRANSIENTES Y TOMACORRIENTE EN PANEL DE CONTROL	112
FIGURA 4. 8 BLOQUE DE TERMINALES TB0	112
FIGURA 4. 9DISTRIBUCIÓN SUPERIOR DEL PANEL DE ARRANCADORES.....	113
FIGURA 4. 10 BREAKERS SECUNDARIOS	114
FIGURA 4. 11 CONTACTORES Y REPARTIDOR DE CARGA	114
FIGURA 4. 12 BACK PLANE X-1602.....	115
FIGURA 4. 13 MANDOS DE CONTROL EN EL PANEL DE ARRANCADORES X-1602.....	116
FIGURA 4. 14 FUNCIONAMIENTO DE MANÓMETRO TIPO TUBO BOURDON	116
FIGURA 4. 15 MEDIDOR MULTI-FUNCIONAL FLUKE	117
FIGURA 4. 15 COMPONENTES DE MANÓMETRO	118
FIGURA 4. 16 CALIBRACIÓN DE MANÓMETRO.....	119
FIGURA 4. 17 MONTAJE DE TRANSMISORES	120
FIGURA 4. 18 CONEXIONES ELÉCTRICAS	121

FIGURA 4. 19 CALIBRACIÓN DE SWITCHES DE PRESIÓN.....	123
FIGURA 4. 20 AJUSTE DE BANDA MUERTA EN SWITCH DE PRESIÓN.....	123
FIGURA 4. 21 BANDEJAS PORTA CABLES DE POTENCIA E INSTRUMENTACIÓN.	124
FIGURA 4. 22 BANDEJA-GIRO VERTICAL.....	125
FIGURA 4. 23 INSTALACIÓN DE CURVAS HORIZONTALES	126
FIGURA 4. 24 DOBLADORA DE TUBERÍA CONDUIT	127
FIGURA 4. 25 INSTALACIÓN DE TUBERÍA CONDUIT	127
FIGURA 4. 26 REGISTROS CONDULET.....	128
FIGURA 4. 27 CABLE PEINADO EN BANDEJA.....	129
FIGURA 4. 28 INSTALACIÓN DE CABLE A TRAVÉS DE BANDEJA Y TUBO CONDUIT.....	130
FIGURA 4. 29 CONEXIÓN DEL CABLE A LA BOMBA DOSIFICADORA	130
FIGURA 4. 30 CONEXIÓN A CAJA DE MOTOR MEDIANTE CONDUIT FLEXIBLE.	131
FIGURA 4. 31 CONECTORES HAWKE EN PANEL DE CONTROL	131
FIGURA 4. 32 ACOMETIDA AL PANEL CON CONDUIT	132
FIGURA 4. 33 CONEXIONADO INTERNO EN PANEL DE CONTROL	132
FIGURA 4. 34 INDICADOR DE PRESIÓN PI-V1611	133
FIGURA 4. 35 POSICIÓN DE TORNILLOS SUJETADORES Y BORNERA	134
FIGURA 4. 36 DISPOSICIÓN DE LOS BORNES	135
FIGURA 4. 37 INSTALACIÓN DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN.....	136
FIGURA 4. 38 SOPORTE PARA MANIFOLD Y TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL	137
FIGURA 4. 39 CONEXIONADO DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL.....	138
FIGURA 4. 40 INSTALACIÓN DEL SWITCH DE PRESIÓN	139
FIGURA 4. 41 ASIGNACIÓN DE PINES PARA SWITCH DE PRESIÓN	139
FIGURA 4. 42 EJEMPLOS DE MONTAJE DEL SWITCH DE NIVEL.....	140
FIGURA 4. 43 MONTAJE DEL SWITCH CONSIDERANDO LA VISCOSIDAD DEL LÍQUIDO	141
FIGURA 4. 44 CONEXIONADO ELÉCTRICO DEL SWITCH DE NIVEL	142
FIGURA 4. 45 VÁLVULA DE DIAFRAGMA DE 2" Y VÁLVULA SOLENOIDE DE CONTROL.....	142
FIGURA 4. 46 ACCESO DE CABLE A VÁLVULA SOLENOIDE.....	143
FIGURA 4. 47 CONEXIONES VÁLVULA SOLENOIDE	143

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 1

INGENIERÍA CONCEPTUAL Y BÁSICA DEL PROCESO

TABLA 1. 1 LISTADO DE MANÓMETROS EN LA PLANTA X-1602	22
TABLA 1. 2 LISTADO DE TRANSMISORES DE PRESIÓN EN LA PLANTA X-1602	23
TABLA 1. 3 LISTADO DE TRANSMISORES DE PRESIÓN DIFERENCIAL DE LA PLANTA X-1602 ..	24
TABLA 1. 4 LISTADO DE TRANSMISORES DE NIVEL DE LA PLANTA X-1602	24
TABLA 1. 5 LISTADO DE SWITCHES DE PRESIÓN EN LA PLANTA X-1602	25
TABLA 1. 6 SWITCH DE NIVEL EN LA PLANTA X-1602	26
TABLA 1. 7 VÁLVULAS OPERADAS POR SOLENOIDE EN LA PLANTA X-1602.....	27

CAPITULO 2

INGENIERÍA DE DETALLE

TABLA 2. 1 UBICACIÓN DE MANÓMETROS EN PLANTA X-1602.....	34
TABLA 2. 2 TRANSMISORES DE PRESIÓN	36
TABLA 2. 3 UBICACIÓN DE SWITCHES DE PRESIÓN EN PLANTA X-1602.....	37
TABLA 2. 4 TRANSMISORES DE PRESIÓN DIFERENCIAL EN PLANTA DE AGUA	X-1602 39
TABLA 2. 5 VÁLVULAS SOLENOIDES EN LA PLANTA X-1602.....	42
TABLA 2. 6 LISTA DE MATERIALES SISTEMA DE CONTROL	64
TABLA 2. 7 LISTA DE MATERIALES DE PANEL DE CONTROL.....	64
TABLA 2. 8 LISTA DE MATERIALES PANEL DE ARRANCADORES.....	65
TABLA 2. 9 LISTA DE INSTRUMENTOS.....	66

CAPITULO 3

PROGRAMACIÓN DE LA LÓGICA DE CONTROL

TABLA 3. 1 LISTADO DE ENCLAVAMIENTOS PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA X-1602	95
TABLA 3. 2 FRAGMENTO DE CARTA CAUSA-EFECTO	97
TABLA 3. 3 ARREGLO DE ELECTRO VÁLVULAS EN FILTROS DE ARENA	104
TABLA 3. 4 ARREGLO DE ELECTRO VÁLVULAS EN FILTROS DE CARBÓN ACTIVO	105

CAPITULO 5

PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD

TABLA 5. 1 RESUMEN DE PROCEDIMIENTO EN PRUEBA FAT	149
---	-----

CAPITULO 6

ESTUDIO ECONÓMICO

TABLA 6. 1 INVERSIÓN DEL PROYECTO	164
TABLA 6. 2 RESUMEN DE COSTOS IMPLICADOS EN LA OPERACIÓN DE LA PLANTA X-1602..	166

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ablandamiento	La eliminación del calcio y el magnesio de un agua para reducir su dureza
Adsorción	Proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapadas o retenidas en la superficie de un material
Agua Cruda	Agua proveniente de fuentes superficiales o subterráneas, susceptible de ser potabilizada.
Aireación mecánica	Uso de la energía mecánica para inyectar aire al agua para causar una corriente residual que absorba oxígeno.
AWG	American Wire Gauge, una unidad de espesor de alambre y sistema de medición.
Backplane	Placa de circuitos situada en la parte posterior del panel, que permite la interconexión de todos elementos contenidos en ella.
Cal	Nombre común del óxido de calcio (CaO).
Calcio	Elemento metálico abundante en el agua, generalmente en forma de carbonato (CaCO ₃). Es soluble en agua, volviéndola dura y facilitando la subsiguiente formación de escamas.
Carbón activado	Material utilizado para adsorber las impurezas orgánicas presentes en el agua. Proviene de la madera, lignita, pasta de madera quemada, sangre, etc. La materia prima se quema inicialmente a altas temperaturas para convertirla en carbón, el cual se "activa" por oxidación exponiéndola a vapor a altas temperaturas. Viene en granos o en polvo.
Cavitación	La cavitación o aspiración en vacío es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido.
Clarificación	Un proceso en el que se retira el material suspendido de agua no tratada. Esto puede realizarse mediante sedimentación, con o sin productos

	químicos, o de filtración.
Clarificador	Tanque usado para sedimentación. Los sólidos densos se asientan en la parte inferior y los ligeros flotan en la parte superior.
Cloración	Método de purificación del agua por medio de la aplicación del cloro, el cual posee poder bactericida.
Cloro Residual	Porción del cloro libre o combinado, que permanece activo después de un periodo de tiempo especificado.
Coagulación	Es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante
Coagulante	Sal de aluminio o de hierro que añadida al agua forma un precipitado de hidróxido
Coloides	Mezcla que contiene macro partículas que son lo bastante pequeñas como para permanecer en suspensión
CPF	Centro de Facilidades de Producción
Desinfección	Es la destrucción de la mayoría de los microorganismos dañinos por medios químicos, por calor, por luz ultravioleta, etc.
Diagrama de Flujo	Esquema expresado por medio de símbolos y líneas que se conectan entre sí. Expresa la estructura y secuencia general de operaciones de una actividad o programa.
Dureza	Es la presencia de sales de calcio y magnesio en el agua. La dureza disminuye la capacidad del jabón de producir espuma. Una alta dureza causa problemas de incrustación en calderas y tuberías e interfiere en procesos de purificación por osmosis inversa.
Efluente	La salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de agua, a un tanque de oxidación, a un tanque para un proceso de depuración biológica del agua, etc. Este es el agua producto dada por el sistema.
Electroválvula	Una electroválvula es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de

	un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería.
Floculación	El proceso mediante el cual las partículas finas son forzadas a agruparse en flóculos. Estos flóculos pueden tender a flotar en la superficie del líquido, precipitarse al fondo o ser fácilmente filtrados del líquido
Flujo	Volumen o cantidad de líquido moviéndose a través de una tubería.
Frecuencia de resonancia	Frecuencia en la que un sistema determinado vibra, o entra en resonancia.
Histéresis	La histéresis es la tendencia de un material a conservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado
Interlock	En electrónica digital se trata de un circuito que evita que se produzcan determinadas condiciones de señal, no deseadas
Nema	Asociación Nacional de Fabricantes de Material Eléctrico
OPC	(OLE for Process Control) es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos. Este estándar permite que diferentes fuentes de datos envíen datos a un mismo servidor OPC, al que a su vez podrán conectarse diferentes programas compatibles con dicho estándar. De este modo se elimina la necesidad de que todos los programas cuenten con drivers para dialogar con múltiples fuentes de datos, basta que tengan un driver OPC.
Oxidación	Acción consistente en combinar o inducir la combinación de un elemento o compuesto con el oxígeno; pérdida de un electrón en una reacción química.
Presión de descarga	Presión medida en la boquilla de descarga de una bomba
Presión diferencial	La diferencia en presión entre dos puntos de un sistema.
QA/QC	Aseguramiento y control de la calidad
Salmuera	Disolución altamente concentrada de sal.

Sellos de bombas	Los sellos son dispositivos, los cuales tratan de impedir la salida (o tal vez entrada) de fluido de la máquina o recipiente. Son comunes en las máquinas de fluido y en dispositivos que requieren mantener algún fluido por dentro, como por ejemplo un cojinete.
Set Point	Valor deseado para un sistema controlado
Solenoides	Alambre aislado enrollado en forma de hélice (bobina) o n número de espiras con un paso acorde a las necesidades, por el que circula una corriente eléctrica. Cuando esto sucede, se genera un campo magnético dentro del solenoide. El solenoide con un núcleo apropiado se convierte en un imán (en realidad electroimán). Este tipo de bobinas o solenoides es utilizado para accionar un tipo de válvula, llamada válvula solenoide, que responde a pulsos eléctricos respecto de su apertura y cierre.
Switch	Sensor que opera bajo una lógica booleana. Presionado (0) o No-presionado (1)
UPS	Un sistema diseñado para proporcionar energía eléctrica de manera automática, sin retardo ni transitorios, durante un período cuando el suministro normal de energía eléctrica no puede funcionar de manera aceptable.
UPT	Par trenzado no blindado. Cable que consiste en un par o más de cables (que se utilizan en una gran variedad de aplicaciones de red) que están enfundados en plástico. UTP es popular porque es muy maleable y no ocupa tanto espacio
Válvula check	Tipo de válvula diseñada para abrirse en la dirección del flujo normal y cerrarse cuando el flujo esté en dirección contraria.
Vessel	Un recipiente a presión diseñado principalmente para el almacenamiento de gases o líquidos

FECHA DE ENTREGA

Sangolquí, ____ de _____ de 2008

Ing. Víctor Proaño

**COORDINADOR DE CARRERA DE
ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

María Eugenia Aguilar

AUTORA