



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

**“DESARROLLO DE DIAGRAMAS DE LAZO DE  
CONTROL DE INSTRUMENTOS PARA UNA  
CENTRÍFUGA DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS “**

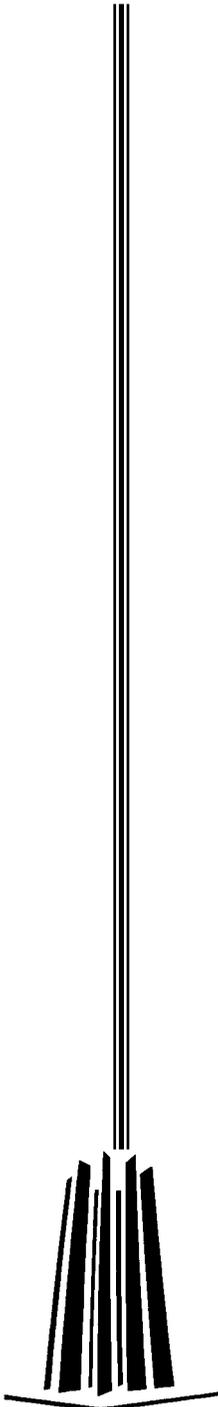
**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A**

**VILLAR MARIN MARIO ALBERTO**



**FES ARAGON**

**México 2008**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

**“DESARROLLO DE DIAGRAMAS DE LAZO DE CONTROL DE INSTRUMENTOS PARA UNA CENTRÍFUGA DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS “**

---

---

## **Agradecimientos:**

### **A mis Hijas:**

Aranza y Maya

Que me han enseñado las lecciones más importantes de mi vida y que son la chispa que me mueve día a día, por que con su sonrisa me dan fuerza para continuar en cada paso de mi existencia.

### **A mi Esposa:**

Por su apoyo incondicional y que constituye los cimientos más importantes de mi presente y mi futuro.

### **A Mis Padres:**

Por todo su esfuerzo y su legado más importante que es mi educación y que les debo lo que soy.

### **A mis Hermanos:**

Por todo su apoyo y comprensión en todo el camino de mi vida.

*“Hasta la victoria siempre.....”  
Ernesto Che Guevara*

---

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	I
<b>I. CENTRÍFUGAS.</b>	
I.1 INTRODUCCIÓN.	1
I.2 PARTES PRINCIPALES DE LA CENTRÍFUGA TIPO CANASTA.	2
I.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL EQUIPO.	3
<b>II. INSTRUMENTACIÓN APLICADA A LA CENTRIFUGA.</b>	
II.1 GENERALIDADES.	6
II.2 CLASIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS.	6
II.3 VARIABLES DE MEDICIÓN Y CONTROL EN LA CENTRÍFUGA.	8
II.3.1 Medición de flujo.	8
II.3.2 Medición de nivel.	9
II.3.3 Medición de presión.	11
II.3.4 Medición de temperatura.	12
II.3.5 Medición de vibración.	13
II.3.6 Medición de velocidad.	14
II.3.7 Indicación de posición.	15
II.3.8 Medición de conductividad.	15
II.3.9 Medición de peso.	16
II.3.10 Análisis de oxígeno.	17
II.4 VÁLVULAS.	17
<b>III. CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA ELABORACIÓN DE LAZOS DE CONTROL.</b>	
III.1 INTRODUCCIÓN.	21
III.2 DEFINICIONES Y SIMBOLOGÍA.	21
III.3 DOCUMENTOS TÉCNICOS.	28
III.4 GENERACIÓN DE LAZOS DE CONTROL.	29
III.4.1 Procedimiento para la preparación de lazos de control.	29
III.4.2 Requerimientos específicos del diagrama.	30
III.4.3 Formato para la elaboración de lazos de control.	36
<b>IV. DESARROLLO DEL PROYECTO.</b>	
IV.1 BASES DE DISEÑO.	37
IV.1.1 Filosofía de operación.	37
IV.1.2 Condiciones de seguridad.	48
IV.1.3 Consideraciones de diseño.	52
IV.2 DESARROLLO DE LAZOS DE CONTROL.	53
IV.2.1 Documentos para elaboración de lazos de control.	53
IV.2.1.1 Diagrama de tubería e instrumentación.	53
IV.2.1.2 Índice de instrumentos.	55
IV.2.1.3 Sumario de entradas y salidas.	59
IV.2.1.4 Diagrama a bloques del sistema.	60
IV.2.1.5 Asignación de señales a cajas unión.	61

---

IV.2.1.6	Especificación de cableado.	66
IV.2.1.7	Dispositivos y elementos de interconexión.	66
IV.2.1.8	Arquitectura del sistema de control.	69
IV.2.1.9	Asignación de señales a dispositivos internos del PLC.	74
IV.2.2	Generación de lazos de control	78
IV.2.2.1	Lazos de control de análisis.	81
IV.2.2.2	Lazos de control de conductividad.	82
IV.2.2.3	Lazos de control de flujo.	83
IV.2.2.4	Lazos de control de interruptores y paro de emergencia.	90
IV.2.2.5	Lazos de control de nivel.	94
IV.2.2.6	Lazos de control de humedad.	95
IV.2.2.7	Lazos de control de presión.	96
IV.2.2.8	Lazos de control de velocidad.	98
IV.2.2.9	Lazos de control de temperatura.	101
IV.2.2.10	Lazos de control de vibración.	104
IV.2.2.11	Lazos de control de peso.	105
IV.2.2.12	Lazos de control de válvulas.	106
IV.2.2.13	Lazos de control de permisivos.	108
<b>CONCLUSIONES.</b>		<b>116</b>
<b>ANEXOS.</b>		<b>117</b>
<b>FUENTES DE CONSULTA.</b>		<b>120</b>

---

## INTRODUCCIÓN

La demanda de mayor seguridad, confiabilidad y economía en las plantas de proceso, así como en la calidad de los productos ha mostrado la necesidad de poner especial atención en la instrumentación, y el control de los procesos.

En el desarrollo de la Ingeniería de detalle para cualquier proyecto se generan diferentes documentos que son necesarios para la construcción o para la compra de materiales y equipos, esto hace necesaria una correcta planeación y uso eficiente de los recursos humanos y económicos para lograr un diseño funcional y adecuado que cumpla con los estándares de calidad y medio ambiente.

En este trabajo se pretende desarrollar los diagramas de lazo de control de una centrífuga, primero se realiza una introducción de las centrífugas tipo canasta encargadas del secado de la sustancia activa de la planta farmacéutica, sus partes principales y funcionamiento en general, una vez conociendo el comportamiento general del equipo se analizan los aspectos que se encuentran involucrados en el proceso de secado para implantar un control adecuado que sirva para obtener el producto con las condiciones de calidad y estándares exigidos por los diferentes organismos encargados de ello, y para utilizarlo en la fabricación de medicamento de consumo humano.

Teniendo como base lo anterior se determinan las bases para la elaboración de los lazos de control que se utilizan para la instalación, cableado, pruebas y detección de fallas de cada uno de los instrumentos que se encuentran formando parte del diseño del proceso, en este caso se hace hincapié en la importancia de los documentos que son necesarios para la correcta generación de los lazos de control para un funcionamiento adecuado del equipo.

En el último capítulo se presenta el proyecto mencionado donde se aplican y desarrollan las consideraciones técnicas que se explican en los capítulos anteriores, esto se hace con el fin de ejemplificar de manera sencilla como se sugiere desarrollar el documento y como se deben de presentar los lazos de control de acuerdo a normas y estándares vigentes.

---

## **CAPITULO I**

### **CENTRÍFUGAS**

#### **OBJETIVO:**

**Presentar el funcionamiento general y partes que integran a la máquina centrífuga tipo canasta encargada del proceso de secado del producto en la planta.**

---

## I.1 INTRODUCCIÓN

La centrifugación es un método mecánico de separación de líquidos, sólidos y gases por la aplicación de una fuerza centrífuga. Las separaciones que se llevan a cabo lentamente por gravedad pueden acelerarse en gran medida con el empleo de equipo centrífugo.

Las centrífugas o bombas centrífugas se usan en diferentes tipos de industrias: industria química, petroquímica, refinerías, industrias alimenticias, farmacéuticas, textil, azucarera, etc.

### Definición del equipo:

Una centrífuga es un equipo que aplica una fuerza centrífuga sostenida (esto es, una fuerza producida por rotación) para impeler la materia hacia afuera del centro de rotación. Este principio se utiliza para separar partículas en un medio líquido por sedimentación.

<b>Materiales Separados</b>	<b>Equipos Separadores</b>
Líquido de líquido	Tanques de sedimentación, ciclones líquidos, decantadores centrífugos.
Gas de líquido	Tanques fijos, deaeradores, rompedores de espumas.
Líquido de gas	Cámaras de sedimentación, ciclones, precipitadores electroestáticos, separadores de choque.
Sólido de líquido	Filtros, filtros centrífugos, clarificadores, espesadores, centrífugas de sedimentación, ciclones líquidos, criba húmeda, separadores magnéticos.
Líquido de sólido	Prensas, extractores centrífugos.
Sólido de gas	Cámaras de sedimentación, filtros de aire, filtros de bolsa, ciclones.
Sólidos de sólidos	Cribas, clasificadores neumáticos y húmedos, clasificadores centrífugos.

La fuerza centrífuga se genera dentro del equipo estacionario mediante la introducción de un fluido con alta velocidad tangencial a una cámara cilindro cónico, formando un vórtice de considerable intensidad. Los ciclones que se basan en este principio extraen gotas líquidas o partículas sólidas de los gases con diámetros hasta de 1 a 2  $\mu\text{m}$ . Unidades más pequeñas, llamadas ciclones líquidos, separan las partículas sólidas de los líquidos.

La alta velocidad que requiere un líquido a la entrada de estos se obtiene con bombas estándar. En los equipos giratorios se genera una fuerza centrífuga mucho mayor que en los equipos estacionarios (tazones o canastas operados en forma mecánica, normalmente de metal, giran en el interior de una carcasa estacionaria). Al rotar un cilindro a alta velocidad, se induce un esfuerzo de tensión considerable en la pared del mismo. Esto limita la fuerza centrífuga, que puede generarse en una unidad de tamaño y material de construcción dados. Por lo tanto, solamente pueden desarrollarse fuerzas muy intensas en centrífugas pequeñas.

La base física de la separación es la acción de la fuerza centrífuga sobre las partículas en rotación, que aumenta con el radio del campo rotacional y con la velocidad de rotación. La velocidad de sedimentación se determina por la densidad de las partículas. Las partículas densas sedimentan primero, seguida de las partículas más ligeras. En función de las condiciones existentes, las partículas muy ligeras pueden incluso permanecer en suspensión.

### Tipos de Centrífugas:

Clasificación general:

- Centrífuga de sedimentación.
- Centrífugas de filtro.

Dependiendo del mecanismo utilizado para realizar su trabajo, las centrífugas se clasifican en:

- Centrífugas hidráulicas.
- Centrífugas de banda.
- Centrífugas de mando eléctrico.
- Centrífugas batches.
- Centrífugas continuas.

Dependiendo de sí la centrífuga o su parte giratoria tenga una pared sólida, una pared perforada o una combinación de ambas, estas se clasifican en:

- Tipo botella.
- Tipo tubular.
- Tipo disco.
- Tipo canasta.
- Tipo vacío.

Para este caso específico se utiliza una centrífuga de tipo canasta. Estas centrífugas son llamadas a menudo "centrífugas filtro o clarificadores". Tienen una pared perforada y un rotor tubular cilíndrico. En la mayoría de los casos la pared externa de la centrífuga consiste en una fina malla metálica o una serie de mallas soportadas por una pesada malla gruesa, la cual a su vez es soportada por un plato.

El líquido pasa a través de la malla, y las partículas muy largas se depositan en esta. Estas centrífugas son empleadas en la manufactura de caña de azúcar, en el secado de ropa en lavadoras caseras y en el lavado y secado de diferentes tipos de cristales y materiales fibrosos, además del filtrado y secado de productos farmacéuticos.

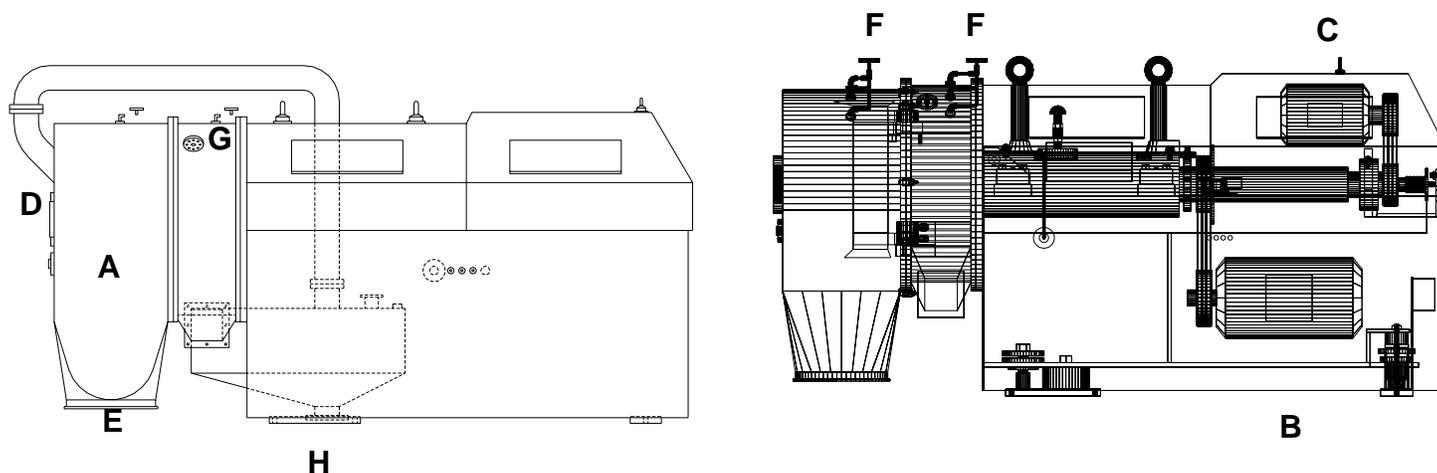
## I.2 PARTES PRINCIPALES DE LA CENTRÍFUGA TIPO CANASTA.

Para el desarrollo del presente trabajo se utiliza un centrífuga tipo canasta que por sus características de tamaño, materiales internos, velocidad de centrifugado es la que se requiere para el adecuado filtrado del producto. **(Ver fig. 1.1)**

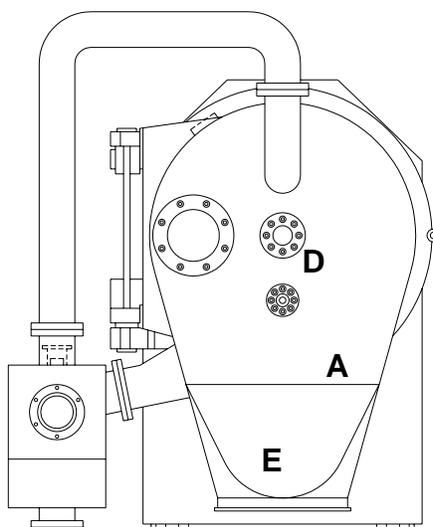
Las partes, entradas y salidas principales que integran una centrífuga tipo canasta son las siguientes:

- A) Canasta
- B) Motor Principal
- C) Motor Axial
- D) Entrada del Producto.
- E) Salida del producto húmedo.
- F) Entrada de Nitrógeno a centrífuga.
- G) Desfogue de presión.
- H) Salida de Aguas madres.
- I) Instrumentación: (La instrumentación no se indica debido a que se encuentra en diferentes puntos del equipo)

Los tableros de control local, tablero de suministro de nitrógeno y tablero de análisis de oxígeno se consideran elementos externos, aunque forman parte del funcionamiento de la misma no son parte interna del equipo.



**Fig. 1.1 Vista frontal e interna de la centrífuga.**



**Fig. 1.2 Vista lateral de la centrífuga.**

### I.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL EQUIPO.

Para iniciar el proceso de centrifugado es necesario adecuar las condiciones externas e internas de operación del lugar donde se encuentra instalado el equipo, las cuales se enlistan a continuación: **(Ver fig. 1.3)**

#### **Estado 0: Inicio de secuencia:**

Adecuar condiciones de operación. Consiste en propiciar un ambiente limpio, a cierta temperatura y humedad para que el sistema trabaje en forma normal y con las condiciones adecuadas de seguridad principalmente para el personal de operación y del equipo.

Calibración de la centrífuga. Consiste en realizar pruebas de peso (tara) para que la centrífuga proporcione el producto con las condiciones de peso adecuadas.

Selección de modo de operación de la centrífuga. La selección del modo de operación consiste en indicar al equipo la forma de operación con la que se va a trabajar, esta puede ser: manual, automática, programa y mantenimiento.

Presurización del panel de Operación. Esta operación consiste en inyectar aire en el interior del panel de control provocando así que exista una presión mayor que en el exterior, esto se hace con el fin de no permitir la entrada de gases o mezclas explosivas dentro de este y provocar una explosión.

#### **Estado 1: Inertización del equipo y control de oxígeno.**

La inertización de la centrífuga consiste en mantener una atmósfera no explosiva en el interior del equipo, esto se logra mediante la inyección de nitrógeno y manteniendo un nivel muy bajo de oxígeno en un rango del 2% al 8% máximo, logrando así esta condición de no explosividad.

#### **Estado 2: Llenado y centrifugado.**

La centrífuga recibe el producto en solvente, esto con el fin de transportarlo por tubería hasta la canasta de la centrífuga a este fluido se le conoce como “aguas madres o licores madres”, el proceso de llenado y centrifugado finaliza hasta que se ha alcanzado el peso indicado en la receta y que no existan alarmas activas.

**Estado 3: Ecurrido 1**

El escurrido inicia al termino del tiempo programado en el llenado y centrifugado, la centrífuga aumenta su velocidad hasta alcanzar la velocidad programada por el tiempo establecido y posteriormente reduce su velocidad hasta llegar a 0 r.p.m. y el licor es descargado en el tanque de aguas madres.

**Estado 4: Lavado 1**

El lavado 1 inicia después de escurrir todos los licores sobrantes al tanque de aguas madres, este proceso inicia con la aplicación de solvente en la canasta de la centrífuga mediante la misma tubería de llenado, al pasar el solvente por la tubería elimina residuos dejados por el paso de las aguas madres. Al término del tiempo de llenado de solvente de lavado 1 la centrífuga inicia el aumento de velocidad hasta alcanzar la indicada en el programa.

**Estado 5: Ecurrido 2**

El escurrido inicia al termino del tiempo programado en el lavado 1, la centrífuga aumenta su velocidad hasta alcanzar la velocidad programada por el tiempo establecido y posteriormente reduce su velocidad hasta llegar a 0 r.p.m. y el escurrido es descargado en el tanque de aguas madres.

**Estado 6: Lavado 2**

El lavado 2 inicia después de escurrir todos los licores sobrantes al tanque de aguas madres, este proceso inicia con la aplicación de solvente en la canasta de la centrífuga mediante la misma tubería de llenado, al pasar el solvente por la tubería elimina residuos dejados por el paso de las aguas madres en el llenado y en el lavado 1. Al término del tiempo de llenado de solvente de lavado 2 la centrífuga inicia el aumento de velocidad hasta alcanzar la indicada en el programa.

**Estado 7: Ecurrido 3**

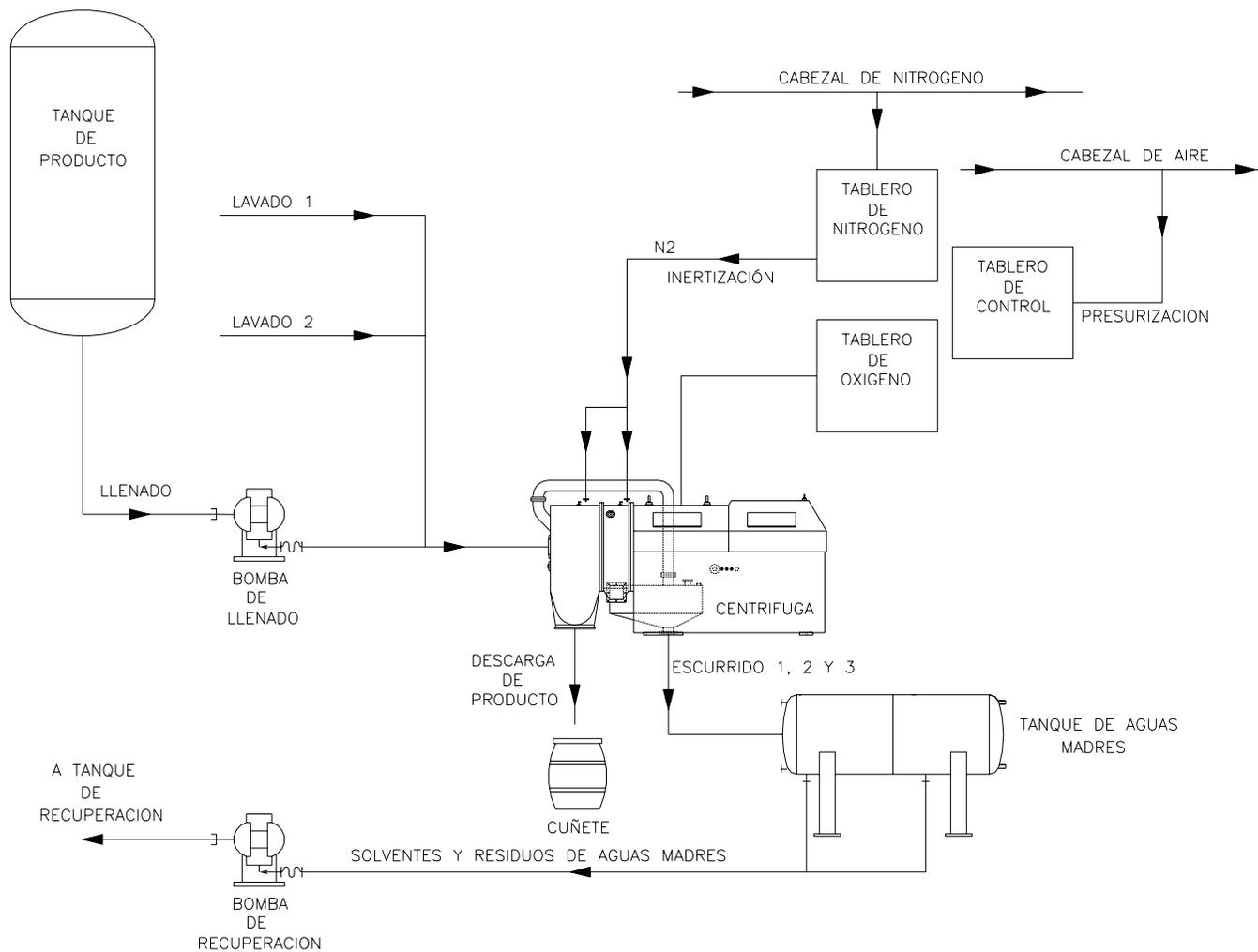
El escurrido inicia al término del tiempo programado en el lavado 2, la centrífuga aumenta su velocidad hasta alcanzar la velocidad indicada en el programa por el tiempo establecido y posteriormente reduce su velocidad hasta llegar a 0 r.p.m. y el escurrido es descargado en el tanque de aguas madres.

**Estado 8: Descarga**

Al terminar la secuencia de escurrido 3, la centrífuga debe reducir la velocidad el sistema registra el peso de la canasta y envía la señal de abrir a la canasta, en este punto la centrífuga inicia la descarga de producto húmedo a los cuñetes.

**Estado 9: Descarga de aguas madres**

La descarga se realiza mediante una bomba colocada a la salida del tanque de agua madres, los "licores madre" son enviados a un tanque para la recuperación de producto, en el caso de que este se filtre por las paredes de la canasta, la descarga del solvente se efectúa hasta un tanque recuperador que realiza el proceso de recuperar los solventes para su uso posterior en el lavado.



**Fig. 1.3 Diagrama general de la centrifuga.**

---

## **CAPITULO II**

### **INSTRUMENTACIÓN APLICADA A LA CENTRÍFUGA**

#### **OBJETIVO:**

**Dar a conocer las diferentes variables que se encuentran involucradas dentro del proceso de secado del producto en una centrífuga, así como los instrumentos y dispositivos adecuados que se utilizan para medirlas y controlarlas.**

---

## II. 1 GENERALIDADES

Los instrumentos son herramientas indispensables que sirven para conseguir y conservar la calidad con que se identifica el producto que se está manufacturando. Se utilizan para controlar las variables de un proceso o sistema en forma tan exacta como se necesite para satisfacer las especificaciones del producto en lo que respecta a composición, forma, textura, color, pureza, acabado, etc.

El instrumento o sistema de instrumentos puede ser mecánico, neumático, hidráulico, eléctrico, electrónico o una combinación de dos o más formas básicas. Cada instrumento o sistema de instrumentos tienen tres funciones básicas que son:

1. Elemento sensor
2. Dispositivo intermedio de transferencia
3. Dispositivo final

El dispositivo de entrada debe captar la señal y transferirla a algún sistema de salida. El tipo de instrumento o sistema depende de las variables que se van a controlar o a medir y de la rapidez y la precisión con que se debe efectuar la medición o el control.

La automatización, que requiere del control y la recopilación de datos por computadora, ha fomentado el uso de instrumentos para mediciones y control, tanto de una sola estación como de sistemas completos de todas las industrias modernas. Estos van desde una simple estación de control manual hasta un complejo centro de actividad y control utilizando computadoras. Para cada aplicación debe existir una comprensión clara y concisa del funcionamiento de cada instrumento y de sus limitaciones en el sistema de control. Es esencial que se conozca la teoría adecuada, la operación funcional y las interacciones entre los componentes en el proceso que se va a medir o controlar.

La utilidad de un instrumento en cualquier sistema de medición y control depende de la medida en que se pueda poner en marcha con éxito un dispositivo de control y del grado de seguridad con que se logre reproducir la iniciación del control. Tanto la exactitud como la seguridad de un instrumento dependen de su construcción y de la manera en que conserve su calibración. Un instrumento mal calibrado produce un riesgo de medición y no sirve al utilizarlo para medir. Para que un instrumento industrial pueda ser utilizado en procesos se debe calibrar de acuerdo con una norma ya aceptada.

La instrumentación hace posible la producción en masa y permite establecer y mantener límites superiores e inferiores de calidad. El uso de las normas de calibración fija las mediciones y controles en la fabricación y permite que un productor se especialice en un artículo y actúe como abastecedor de otros fabricantes o grupo de ensambladores.

La medición y el control industrial, junto con su instrumentación, representan una inversión multimillonaria que puede alcanzar una gran plusvalía.

## II. 2 CLASIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS

Los instrumentos de medición y control se encuentran clasificados en varias formas, comúnmente se consideran dos clasificaciones básicas:

- a) De acuerdo a la función del instrumento.
- b) De acuerdo a la variable de proceso.

### **a) Instrumentos de acuerdo a su función:**

**Instrumentos ciegos:** Son aquellos que no tienen indicación visible de la variable, la medición se muestra en un indicador instalado en campo o en el software del sistema de control.

**Instrumentos indicadores:** Disponen de un índice y de una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable. Según la amplitud de la escala se dividen en indicadores concéntricos y excéntricos. Existen también indicadores digitales que muestran la variable en forma numérica con dígitos.

Instrumentos Registradores: Registran con trazo continuo o a puntos la variable, pueden ser circulares o de gráfico rectangular o alargado según sea la forma del gráfico.

Elementos primarios: Están en contacto con la variable y utilizan o absorben energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en repuesta a la variación de la variable controlada. El efecto producido por el elemento primario puede ser un cambio de presión, fuerza, posición, medida eléctrica, etc.

Transmisores: Captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática del margen de 3 a 15 psi (libras por pulgada cuadrada) o electrónica de 4 a 20 mA de c.c. El elemento primario puede formar o no parte integral del transmisor.

Transductores: Reciben la señal de entrada función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no a una señal de salida, como por ejemplo un relevador, un transmisor, un convertidor I/P, etc.

Convertidores: Son aparatos que reciben una señal de entrada neumática (3 a 15 psi) o electrónica (4 a 20 mA) procedente de un instrumento y después de modificarla envían la resultante en forma de señal de salida estándar.

Controladores: Comparan la variable controlada (presión, nivel, temperatura) con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación. La variable controlada la pueden recibir directamente, como controladores locales o bien indirectamente en forma de señal neumática, electrónica o digital procedente de un transmisor.

Elemento final de control: Reciben la señal del controlador y modifican el caudal del fluido o agente de control. En el control neumático, el elemento suele ser una válvula neumática o un servomotor neumático que efectúa su carrera completa de 3 a 15 psi. En el control electrónico la válvula o el servomotor son accionados a través de un convertidor de intensidad a presión (I/P) o señal digital a presión que convierte la señal electrónica de 4 a 20 mA o digital a neumática 3-15 psi. En el control eléctrico el elemento suele ser una válvula motorizada que efectúa su carrera accionada por un servomotor eléctrico.

#### **b) Instrumentos de acuerdo a la variable de proceso:**

De acuerdo a la variable de proceso, los instrumentos se dividen en instrumentos de:

- Flujo
- Nivel
- Presión
- Temperatura
- Densidad
- Humedad
- Viscosidad
- Posición
- Velocidad
- pH
- Conductividad
- Frecuencia
- Fuerza
- Turbidez
- Vibración
- Presión diferencial
- Corriente
- Voltaje
- Peso
- Consistencia

Esta clasificación corresponde específicamente al tipo de las señales medidas siendo independiente del sistema empleado en la conversión de la señal de proceso.

## II.3 VARIABLES DE MEDICIÓN Y CONTROL EN LA CENTRÍFUGA.

### II.3.1 Medición de flujo.

La aplicación de la medición de flujo o gasto de fluidos o sea de una sustancia que fluye cuando se somete a un esfuerzo de deslizamiento. El flujo a diferencia de la presión y la temperatura no afecta las propiedades físicas y químicas de las sustancias por la circulación, sin embargo cuando se usan flujos para realizar una mezcla de productos o una reacción química, sí afectan sus propiedades haciéndose necesario en estos casos efectuar flujos precisos ya que si esto no sucede, influirá sobre muchas propiedades de la mezcla o de la reacción química. El flujo no solamente se mide en los procesos industriales porque afecta las sustancias que intervienen en el proceso sino por las limitaciones de capacidad y cantidad impuestas por el diseño de las instalaciones usadas en el equipo de proceso.

Medidor de flujo: Es el dispositivo que mide la cantidad de flujo en un fluido en movimiento en un conducto abierto y cerrado. Generalmente consiste de un elemento primario y otro secundario. En la práctica es aceptable hacer una diferencia entre los medidores de flujo por su principio de aplicación, tal como: presión diferencial, velocidad, área, fuerza, etc. y de acuerdo a su tecnología aplicada como orificio de flujo, turbina, vortex, ultrasónico, magnético, etc. El flujo puede encontrarse en estado líquido, gaseoso, vapor de agua, vapores de compuestos químicos, sólidos en forma de polvos, etc. Las mediciones de flujo se representan en unidades de volumen por unidades de tiempo, conociéndose como: Gasto.

Unidades de Medición de flujo:

FASE DEL FLUJO	UNIDADES		
LIQUIDO	gpm	lpm	m <sup>3</sup> /hr.
GAS	SCFM/m	m <sup>3</sup> N/MIN	lbs/hr
VAPOR	Lbs/hr	Kg/hr	

Para el proceso de centrifugado en la medición del flujo se tienen las siguientes características.

- Se requiere medir la cantidad de flujo que llega a la canasta.
- El fluido tiene sólidos en suspensión.

Debido a que cualquier medidor de presión diferencial necesita tomas antes y después del medidor, estas tomas de presión acumulan el producto con el paso del tiempo provocando obstrucciones y mediciones erróneas además de degenerar la calidad del producto final, de acuerdo a lo anterior la solución es el uso de un medidor de flujo magnético (**Ver fig. 2.1**) es ideal para líquidos viscosos y corrosivos, así como para aquellos con sólidos en suspensión. Los medidores magnéticos son medidores de velocidad, por lo tanto la exactitud no esta modificada por la presión, densidad o viscosidad.



**Fig. 2.1 Medidor de flujo magnético.**

### II.3.2 Medición de nivel.

La medición del nivel de líquidos y sólidos es una de las variables que se encuentra con más frecuencia en la industria. En muchos casos de los procesos que emplean líquidos contenidos en recipientes, el nivel particular del líquido en cada recipiente puede ser de importancia primordial para la operación del proceso debiéndose mantener a una altura predeterminada sin tomar en cuenta las condiciones de carga del proceso.

#### Métodos para la medición de nivel

El nivel de líquidos se mide por dos métodos que son:

a) Métodos directos: Estos se efectúan comparando directamente la altura del nivel con un plano de referencia, entre los mecanismos más comunes se tienen los indicadores de nivel de cristal, la regla graduada, mecanismos de flotador, etc. Los métodos directos de medición de nivel son los más sencillos y se pueden catalogar como auxiliares de los indirectos, ya que en su mayoría se utilizan como indicadores de campo.

b) Métodos indirectos: La medición se efectúa tomando ciertas características del líquido, como densidad, capacitancia, etc. y se dividen de la siguiente forma:

1. Medidores del tipo hidrostático.
2. Elementos tipo desplazamiento.
3. Sistemas eléctricos y electrónicos.

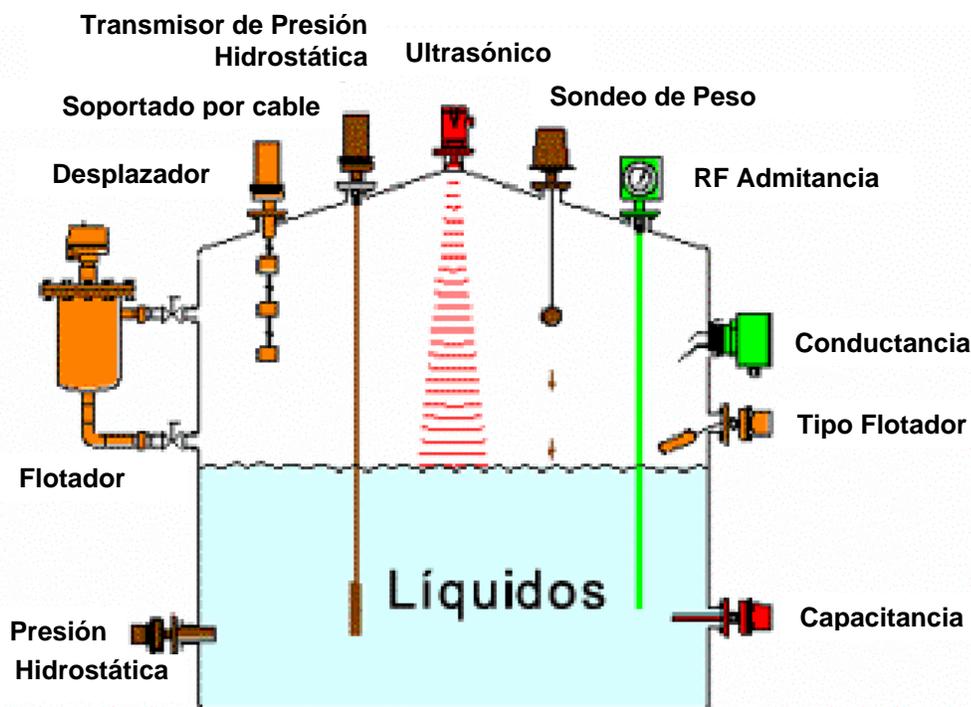
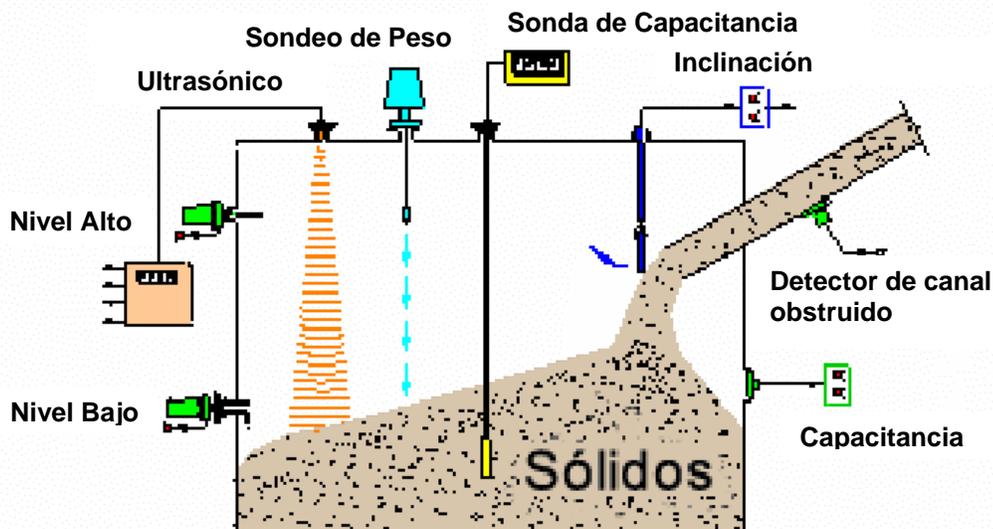


Fig. 2.2 Medidores de nivel para líquidos.



**Fig. 2.3 Medidores de nivel para sólidos.**

Para el proceso de centrifugado la medición de nivel se realiza en el tanque de aguas madres, la descarga de este equipo debe ser continua, pero no es requerido conocer exactamente el nivel de almacenamiento en este tanque, debido a esto es suficiente conocer el nivel mínimo (LSL) para paro de la bomba de recuperación el nivel máximo (LSH) para arranque de la misma y el de muy alto nivel (LSHH) para la activación del autohold. Este control de nivel se logra mediante interruptores de nivel colocados en 3 puntos del tanque, los cuales serán los encargados de accionar el arranque y paro de la bomba.



**Fig. 2.4 Interruptor de nivel.**

Unidades de Medición de Nivel:

FASE DEL FLUJO	UNIDADES		
LIQUIDO	%	m.	mm.
SÓLIDOS	%	m.	mm.

### II.3.3 Medición de presión.

Las mediciones de presión encuentran una gran aplicación en las industrias de proceso o de manufactura y sus principios son utilizados para formar base para otros instrumentos como termómetros de presión, los indicadores de nivel líquidos y los medidores de presión diferencial.

El control de la presión en los procesos industriales proporciona una condición de operación segura. Cualquier recipiente o tubería posee cierta presión máxima de seguridad, variando esto de acuerdo con el material y la construcción. Las presiones excesivas no solo pueden provocar la destrucción del equipo, sino que también, durante el proceso de destrucción puede provocar al personal o al equipo adyacente situaciones peligrosas particularmente cuando están implicados fluidos inflamables o corrosivos.

Por otro lado la presión puede tener efectos directos o indirectos en el valor de las variables del proceso. En tales casos, su valor absoluto medido o controlado con precisión es de gran importancia ya que afectaría la pureza de los productos, sacando estos de especificación.

Unidades de Medición de presión:

FASE DEL FLUJO	UNIDADES		
	LIQUIDO - GAS - VAPOR	Kg/cm <sup>2</sup>	mmHg
" H <sub>2</sub> O		" Hg	Atm.
bar		psi	

Para la medición de presión se utilizan diferentes instrumentos dependiendo si se requiere una medición local o si se necesita indicar la medición en un sistema para tomar una medida correctiva, si es el caso se pueden considerar los transmisores, interruptores o controladores.

#### Clasificación de los instrumentos de presión:

Los instrumentos para medición de presión pueden ser:

- Indicadores
- Registradores
- Transmisores
- Interruptores
- Controladores.

Para el caso de medición de presión en este trabajo se requiere de manómetros (PI) en línea y en tablero para que el operador tome las medidas necesarias en caso de un aumento considerable o peligroso en la presión, de igual forma para el control del sistema para el caso de presión se requiere de un transmisor de presión (PIT) que cense dentro de la centrífuga para evitar peligros al personal o daños al equipo. Para el caso del panel de operación local es necesario un interruptor de presión diferencial (PDSL) que compare la presión interna del tablero con la externa para evitar que los gases explosivos se introduzcan en él (presurización).



Manómetro



Indicador de presión diferencial



Transmisor de presión

*Fig. 2.5 Instrumentos para medición de presión.*

### II.3.4 Medición de Temperatura.

La temperatura es el grado relativo de calor o frío que tiene un cuerpo, la temperatura es uno de los factores de gran importancia en los procesos químicos ya que muchas de las propiedades de las sustancias se ven afectadas por ella.

#### Efectos producidos por la temperatura:

1. Aumento de las dimensiones (dilatación).
2. Aumento de presión o volumen constante.
3. Cambio de F.E.M. inducida.
4. Aumento de la resistencia.
5. Aumento en radiación superficial.
6. Cambio de estado sólido a líquido.
7. Cambio de calor.

Observando cada una de las propiedades en los materiales podemos medir la temperatura observando los efectos de los cuerpos. Todos los instrumentos de medición de temperatura cualquiera que fuese su naturaleza dan la misma lectura en cero por ciento (0%) y 100%, si se calibra adecuadamente, pero en otros puntos generalmente la lectura no corresponderá porque las propiedades de expansión de los líquidos varían, en este caso se hace una elección arbitraria y, para muchos fines será totalmente satisfactoria, sin embargo es posible definir una escala de temperatura de un gas ideal como base suprema de todo trabajo científico.

Las unidades de temperatura son °C, °F, °K, °Rankine, la conversión más común es de °C a °F.

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(^{\circ}\text{F}) - 32 / 1.8$$

$$T(^{\circ}\text{F}) = 1.8 T(^{\circ}\text{C}) + 32$$

Los elementos primarios de medición y temperatura, son transductores que convierten la energía térmica en otra o en un movimiento. La diferencia ente el calor y temperatura, es que el calor es una forma de energía y la temperatura es el nivel o valor de esa energía.

#### Termómetros

Son instrumentos que se utilizan para medir la temperatura de los cuerpos, su funcionamiento se basa en la propiedad que tienen algunas sustancias de variar su volumen con la temperatura, pueden usarse en ellos sustancias sólidas, líquidas o gaseosas como termométricas, con la única exigencia que la variación de volumen sea en el mismo sentido de la temperatura.

El termómetro de líquido en vidrio es uno de los tipos más comunes de dispositivos de medición de temperatura y se muestra en la figura siguiente:



**Fig. 2.6 Termómetros bimetálicos.**

### RTD (Resistance Temperature Detector):

Los RTD son sensores de temperatura resistivos. En ellos se aprovecha el efecto que tiene la temperatura en la conducción de los electrones para que, ante un aumento de temperatura, haya un aumento de la resistencia eléctrica que presentan. Los sensores RTD suelen ir asociados a montajes eléctricos tipo Puente de Wheatstone, que responden a la variación de la resistencia eléctrica por efecto de la temperatura para originar una señal analógica de 4-20 mA que es la que se utiliza en el sistema de control correspondiente como señal de medida.

Un tipo de RTD son las Pt100 o Pt1000. Estos sensores deben su nombre al hecho de estar fabricados de platino (Pt) y presentar una resistencia de 100ohms o 1000ohms respectivamente a 0°C. Son dispositivos muy lineales en un gran rango de temperaturas amplio



**Fig. 2.7 RTD PT100.**

### II.3.5 Medición de vibración.

Se dice que un cuerpo vibra cuando experimenta cambios alternativos, de tal modo que sus puntos oscilen sincrónicamente en torno a sus posiciones de equilibrio, sin que el campo cambie de lugar.

Como otro concepto de vibración, se puede decir que es un intercambio de energía cinética en cuerpos con rigidez y masa finitas, el cual surge de una entrada de energía dependiente del tiempo. Este intercambio de energía puede ser producido por:

- Desequilibrio en maquinas rotatorias
- Entrada de energía acústica
- Circulación de fluidos o masas
- Energía electromagnética

Sea cualquiera la causa de la vibración, su reducción es necesaria debido a diversas razones entre las cuales tenemos:

- La excesiva vibración puede limitar la velocidad de procesamiento.
- La vibración es responsable de la pobre calidad de los productos elaborados por maquinas-herramientas.
- La vibración de maquinarias puede resultar en radiación de ruido.
- La vibración puede alcanzar a otros instrumentos de precisión de otras fuentes, y causar fallas de funcionamiento.

La medición de la vibración se puede definir como el estudio de las oscilaciones mecánicas de un sistema dinámico. Las mediciones de vibración deben ser hechas con la finalidad de producir los datos necesarios, para realizar significativas conclusiones del sistema bajo prueba. Estos datos pueden ser usados para minimizar o eliminar la vibración, y por tanto eliminar el ruido resultante. En algunas aplicaciones, el ruido no es el parámetro a controlar, sino la calidad del producto obtenido por el sistema.

Para la medición de vibración en la centrifuga es usado un acelerómetro. Los acelerómetros son dispositivos para medir aceleración y vibración. Estos dispositivos convierten la aceleración de gravedad o de movimiento, en una señal eléctrica analógica proporcional a la fuerza aplicada al sistema, o mecanismo sometido a vibración o aceleración. Esta señal analógica indica en tiempo real, la aceleración instantánea del objeto sobre el cual el acelerómetro está montado.

Los acelerómetros miden la aceleración en unidades “g”. Un “g” se define como la fuerza gravitacional de la tierra aplicada sobre un objeto o persona.

Los acelerómetros son direccionales, esto quiere decir que sólo miden aceleración en un eje. Para monitorear aceleración en tres dimensiones, se emplea acelerómetros multi-ejes (ejes x,y,z), los cuales son ortogonales. Existen dos tipos de acelerómetros a saber: pasivos y activos. Los acelerómetros pasivos envían la carga generada por el elemento sensor (puede ser un material piezoeléctrico), y debido a que esta señal es muy pequeña, estos acelerómetros requieren de un amplificador para incrementar la señal. Los acelerómetros activos incluyen circuitos internos para convertir la carga del acelerómetro a una señal de voltaje, pero requieren de una fuente constante de corriente para alimentar el circuito.

Las opciones de salida eléctrica dependen del sistema utilizado con los acelerómetros. Las opciones analógicas comunes son voltaje, corriente, y frecuencia. Las opciones digitales son las señales paralelas y seriales. Otra opción es usar acelerómetros con una salida de cambio de estado de interruptores o alarmas.



**Fig. 2.8 Acelerómetro.**

### II.3.6 Medición de velocidad.

El variador de velocidad es un dispositivo o conjunto de dispositivos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores. También es conocido como Accionamiento de Velocidad Variable. La maquinaria industrial generalmente es accionada a través de motores eléctricos, a velocidades constantes o variables, pero con valores precisos. No obstante, los motores eléctricos generalmente operan a velocidad constante o cuasi-constante, y con valores que dependen de la alimentación y de las características propias del motor, los cuales no se pueden modificar fácilmente. Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad. Los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores y equipo de aire acondicionado, equipo de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras, etc.

Un variador de velocidad puede consistir en la combinación de un motor eléctrico y el controlador que se emplea para regular la velocidad del mismo. La combinación de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permita cambiar la velocidad de forma continua (sin ser un motor paso a paso) también puede ser designado como variador de velocidad.



**Fig. 2.9 Variador de velocidad.**

### II.3.7 Indicación de posición.

Para indicación de posición se utilizan interruptores que se cierran o abren de acuerdo a las condiciones de válvulas (ZSC) o de partes de la centrífuga (tapas, canasta, etc. ) (YSC, YSO), estos interruptores son contactos secos o del tipo inductivo que se dedican a enviar una señal digital de 24 vdc al sistema cuando se presenta o se activa una condición, para el caso específico de este proyecto se usan para indicar la posición de cierre o apertura de las válvulas, y también para indicar los permisos que actúan para que la maquina trabaje con las condiciones de seguridad estipuladas.



**Fig. 2.10 Indicador de posición.**

### II.3.8 Medición de conductividad.

La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí. También es definida como la propiedad natural característica de cada cuerpo que representa la facilidad con la que los electrones pueden pasar por él. Varía con la temperatura. Es una de las características más importantes de los materiales.

La conductividad es la inversa de la resistividad, por tanto, y su unidad es el S/m (siemens por metro)

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

**Conductividad en medios líquidos:** La conductividad en medios líquidos (Disolución) está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos o conductores electrolíticos.

Las determinaciones de la conductividad reciben el nombre de determinaciones conductométricas y tienen muchas aplicaciones como, por ejemplo:

- En la electrólisis, ya que el consumo de energía eléctrica en este proceso depende en gran medida de ella.
- En los estudios de laboratorio para determinar el contenido de sal de varias soluciones durante la evaporación del agua (por ejemplo en el agua de calderas o en la producción de leche condensada).
- Para determinar las solubilidades de electrolitos escasamente solubles y para hallar concentraciones de electrolitos en soluciones por titulación.

La conductividad eléctrica se utiliza para determinar la salinidad (contenido de sales) de suelos y substratos de cultivo, ya que se disuelven éstos en agua y se mide la conductividad del medio líquido resultante. Suele estar referenciada a 25 °C y el valor obtenido debe corregirse en función de la temperatura. Coexisten muchas unidades de expresión de la conductividad para este fin, aunque las más utilizadas son dS/m (deciSiemens por metro), mmhos/cm (milimhos por centímetro) y según los organismos de normalización europeos mS/m (miliSiemens por metro).

**Conductividad en medios sólidos:** Según la teoría de bandas de energía en sólidos cristalinos (véase semiconductor), son materiales conductores aquellos en los que las bandas de valencia y conducción se

superponen, formándose una nube de electrones libres causante de la corriente al someter al material a un campo eléctrico. Estos medios conductores se denominan conductores eléctricos.

Con los instrumentos convencionales, la medida de la conductividad se obtiene aplicando un voltaje entre dos electrodos y midiendo la resistencia de la solución. Las soluciones con conductividad alta producen corrientes más altas. Para contener la intensidad de la corriente en una solución altamente conductiva, es necesario disminuir la superficie de la sonda o incrementar la distancia entre los polos. Por esta razón se deben usar sondas diferentes para rangos de medida diferentes. Sólo el método de 4 anillos puede medir distintos rangos usando una única sonda. Las ventajas de este método respecto al de dos puntas (método amperimétrico) son numerosas: lecturas lineales en un amplio rango, sin ninguna polarización, y sin necesidad de limpiezas exhaustivas por las incrustaciones.



**Fig. 2.11 Conductímetro.**

### II.3.9 Medición de peso.

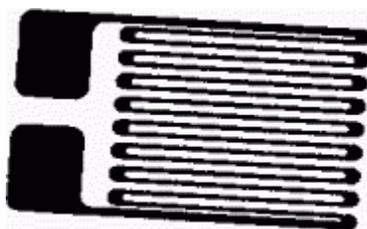
Para la medición de peso en la centrífuga se utilizan celdas de carga, estas se instalan bajo la centrífuga y censan el peso que es aplicado al equipo

El principio básico de una celda de carga esta basado en el funcionamiento de cuatro celdas extensiométricas, dispuestos en una configuración especial.

#### **Celda extensiométrica:**

La celda extensiométrica es básicamente una resistencia eléctrica. El parámetro variable y sujeto a medida es la resistencia de dicha celda. Esta variación de resistencia depende de la deformación que sufre la celda.

Se parte de la hipótesis inicial de que el sensor experimenta las mismas deformaciones que la superficie sobre la cual está pegada. El sensor está constituido básicamente por una base muy delgada no conductora, sobre la cual va adherido un hilo metálico muy fino, de forma que la mayor parte de su longitud está distribuida paralelamente a una dirección determinada, tal y como se muestra en la figura siguiente.



**Fig. 2.12 Celda de carga.**

La resistencia eléctrica del hilo es directamente proporcional a su longitud, o lo que es lo mismo, su resistencia aumenta cuando éste se alarga.

De este modo las deformaciones que se producen en el objeto, en el cual está adherida la celda, provocan una variación de la longitud y, por consiguiente, una variación de la resistencia.

Otro principio de funcionamiento de las celdas se basa en la deformación de elementos semiconductores. Esta deformación provoca una variación, tanto en la longitud como en la sección.

Este tipo de sensor semiconductor posee un factor de celda más elevado que el constituido por hilo metálico.



*Fig. 2.13 Celdas de carga.*

### II.3.10 Análisis de oxígeno.

Para medir la concentración de oxígeno en un área determinada, en este caso la centrífuga se utilizan los analizadores de oxígeno, estos instrumentos sensan la cantidad de oxígeno acumulado en el área, este se indica en ppm (partes por millón) concentrados.



*Fig. 2.14 Analizadores de oxígeno.*

## II.4 VALVULAS.

Una válvula es una pieza mecánica usada para modificar el flujo o el fluido que pasa a través de ella, la acción de la válvula es causado por el movimiento de cierre de un elemento (puede ser una bola, puerta, disco, tapón, etc.) el cual está conectado a un cuello localizado fuera de este y a su vez tiene un sistema para cambiar el control de la posición del elemento de cierre.

Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde una fracción de pulgada hasta 30 ft (9 m) o más de diámetro. Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 20000 lb/in<sup>2</sup> (140 Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 °F (815 °C). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia.

El tipo de válvula dependerá de la función que debe efectuar, sea de cierre (bloqueo), estrangulación o para impedir el flujo inverso. Estas funciones se deben determinar después de un estudio cuidadoso de las necesidades de la unidad y del sistema para los cuales se destina la válvula.

Dado que hay diversos tipos de válvulas disponibles para cada función, también es necesario determinar las condiciones del servicio en que se emplearán las válvulas. Es de importancia primordial conocer las características químicas y físicas de los fluidos que se manejan. En resumen, se debe prestar atención a:

De acuerdo a la función que van a desempeñar en el proceso las válvulas se dividen en:

**Válvulas de Control:** Estas válvulas regulan el paso del flujo dosificando el flujo de acuerdo a la señal que reciben.

**Válvulas On-Off:** Estas válvulas son de cierre o apertura total, no regulan el flujo.

**Válvulas reguladoras de presión:** Estas válvulas regulan presión y flujo en el proceso.

**Válvulas de seguridad:** Estas válvulas son usadas para liberar presión en un punto del proceso y evitar daños.

De acuerdo a su estructura interna o dispositivo de cierre se dividen en:

**Válvula de Mariposa:** Se emplean para cortar caudal y puede efectuar una regulación manual de la presión mejor que con la válvula de esfera. Se fabrica en material plástico en diámetros pequeños y metálicas en diámetros mayores.



**Fig. 2.15 Válvula de mariposa.**

**Válvulas de Bola, de esfera o de corte rápido:** Consiste en una esfera perforada según el eje longitudinal de la tubería en que se coloca. Se emplean para dar paso o cortar en forma rápida el flujo. No sirven para regulación de caudal. Se fabrican en metal o PVC.



**Fig. 2.16 Válvula de bola.**

**Válvulas de Compuerta, o de espejo:** Se emplean para cortar caudal, cerca del cabezal de riego. Posee un volante que mueve un eje en cuya parte inferior se localiza la compuerta. El cierre se produce mediante el desplazamiento vertical de una compuerta.



**Fig. 2.17 Válvula de compuerta.**

**Válvula solenoide:** Es una válvula hidráulica controlada por señales eléctricas. El control eléctrico es realizado por una bobina o electroimán llamado solenoide.

La válvula se abrirá cuando el solenoide reciba una señal eléctrica, que permitirá abrir la comunicación entre la cámara y la atmósfera, mediante el tubo de pilotaje 2.

Se cerrará la válvula cuando el solenoide deje de recibir el impulso eléctrico, permitiendo que el tubo 1 llene la cámara. Según la operación que realiza el solenoide al activarse, a semejanza con las válvulas hidráulicas, las válvulas solenoide pueden ser normalmente cerradas (NC): cuando la solenoide no recibe señal, la válvula está cerrada, o normalmente abiertas (NA): Cuando el solenoide no recibe señal, la válvula está abierta, cerrando al activar el solenoide.



**Fig. 2.18 Válvula solenoide.**

**Válvula macho:** La válvula de macho es de  $\frac{1}{4}$  de vuelta, que controla la circulación por medio de un macho cilíndrico o cónico que tiene un agujero en el centro, que se puede mover de la posición abierta a la cerrada mediante un giro de  $90^\circ$ .



**Fig. 2.19 Válvula macho.**

**Válvula de control neumática:** Este tipo de válvula se divide en 2 partes fundamentales, el Actuador y Cuerpo. Los Actuadores reciben la señal neumática de un controlador de presión, de nivel o de cualquier dispositivo que tenga la capacidad de enviar una señal de 3- 15 psi, esta señal moverá el obturador ubicado en el cuerpo.



**Fig. 2.20** Válvula de control neumática.

---

## **CAPITULO III**

### **CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA ELABORACIÓN DE LAZOS DE CONTROL**

#### **OBJETIVO:**

**Este capítulo tiene la finalidad de indicar las bases y proponer un procedimiento que es requerido para la elaboración de los lazos de control de la centrifuga de acuerdo a la experiencia y a las normas vigentes que se dedican a regular y controlar dicha actividad.**

---

## III.1 INTRODUCCIÓN.

Los lazos de control son una representación gráfica de la forma de interconexión eléctrica de todos aquellos instrumentos que participan en un circuito de control, ya sea del tipo convencional o del tipo de control distribuido. Deberá contener la información necesaria de todos y cada uno de los instrumentos involucrados en el lazo de control, así como de los elementos de interconexión que intervienen desde el instrumento hasta el punto final de entrada al sistema de control.

El documento de lazo de control, se utilizará para las señales de control de tipo analógica o discreta, ya sea en lazos de control cerrados o abiertos, en el que se muestran las conexiones eléctricas, los dispositivos eléctricos, las tuberías y los equipos de procesos asociados con un lazo de control o instrumento.

El lazo de control se asociará a un conjunto de instrumentos de la misma variable, sin embargo: cuando varios instrumentos dan servicio a un equipo o cuando se trate de diferentes variables, entonces se asociarán los instrumentos para formar un solo lazo.

Como ejemplo tenemos

- El control de bajo, alto y/o alto alto nivel en un recipiente
- Control en cascada
- Cuando la operación del elemento final de control depende de más de una variable de proceso.

Para la estandarización y calidad de la información contenida en el diagrama de lazo de control, se deberá considerar la uniformidad en:

- Localización de instrumentos en campo
- Color de cables
- Identificación de cables
- Contenido de tablillas
- Cajas de conexiones
- Identificación de tablillas
- Localización de la señal en Hardware
- Identificación de barreras de seguridad
- Identificación de relevadores
- Instrumentos virtuales (en consola del operador)
- El servicio del diagrama de lazo

## III.2 DEFINICIONES Y SIMBOLOGÍA.

### Definiciones

1. De acuerdo a la Norma **ANSI/ISA-S5.1-1984(R 1992)**. Se definen los siguientes conceptos para un mejor entendimiento del desarrollo de los lazos de control.

**Accesible:** Este término se aplica a un dispositivo o función que puede ser usado o visto por un operador con el propósito de controlar el desempeño de las acciones de control; como ejemplo: cambios en el set-point, transferencia auto-manual o acciones de encendido y apagado.

**Alarma:** Es un dispositivo o función que detecta la presencia de una condición anormal por medio de una señal audible o un cambio visible discreto, o puede tratarse de ambas señales al mismo tiempo, las cuales tienen el fin de atraer la atención.

**Asignable:** Este término se aplica a una característica que permite el cambio (o dirección) de una señal de un dispositivo a otro sin la necesidad de la activación de un interruptor o algún otro elemento.

**Estación auto-manual:** Término empleado como sinónimo de estación de control.

Detrás del panel: Este término se refiere a la posición de un instrumento, el cual ha sido montado en un panel de control, pero no es normalmente accesible al operador.

Binario: Término aplicado a una señal o dispositivo que tiene solo dos posiciones o estados discretos. Cuando es usado en su forma más simple, como en “señal binaria” (lo que es opuesto a señal analógica), el término denota un estado de “encendido-apagado” o de “alto-bajo”.

Burbuja: Símbolo circular usado para denotar e identificar el propósito de un instrumento o función. Puede contener una etiqueta con un número. Es también un sinónimo de balón.

Dispositivo computable o de cómputo

Dispositivo o función que emplea uno o más cálculos u operaciones lógicas, o ambas, y transmite uno o más resultados a las señales de salida.

Configurable: Término aplicado a un dispositivo o sistema cuyas características funcionales pueden ser seleccionadas a través de un programa o de otros métodos.

Controlador: Dispositivo con una salida que varía para regular una variable de control de una manera específica. Un controlador manual varía su salida automáticamente en respuesta a una entrada directa o indirecta de un proceso variable. Un controlador manual es una estación manual de carga y su salida no depende de una medida de un proceso variable pero puede modificarse solamente por medio de un procedimiento manual.

DTI: Diagrama de tubería e Instrumentación. Diagrama que muestra la interconexión de los equipos involucrados en el proceso (equipos mecánicos, motores, fosas, cisternas, tanques, etc.) mediante tuberías, reducciones, derivaciones, etc. de igual forma muestra la instrumentación física en campo y la configurada en el sistema de control asociada al proceso (manómetros, válvulas, indicadores, interruptores, analizadores, transmisores, etc.). Un DTI indica su relación con otros diagramas o equipos mediante flechas de salida y entrada, números de línea para identificar tubería, líneas eléctricas y de comunicación por software.

Estación de control: Una estación de carga manual que también proporciona un control en el cambio de manual a automático de los modos de control dentro de lazo de control, a ésta también se le conoce como estación auto-manual.

Válvula de control: Es un dispositivo, el más comúnmente usado, que actúa manualmente o por sí mismo, que directamente manipula el flujo de uno o más procesos.

Convertidor: Es un dispositivo que recibe información en determinada manera de un instrumento y transmite una señal de salida en otra forma. Un convertidor es también conocido como *transductor*, de cualquier forma, transductor es un término general, y su uso para conversión de señales no es recomendado.

Digital: Término aplicado a una señal o dispositivo que usa dígitos binarios para representar valores continuos o estados discretos.

SCD: Sistema de control distribuido Sistema el cual, mientras es funcionalmente integrado, consiste de subsistemas los cuales pueden ser físicamente separados y colocarse de una forma remota unos de otros.

Elemento final de control: Dispositivo que controla directamente los valores de la variable manipulada en un lazo de control. Generalmente el elemento final de control es una válvula de control.

Función: Propósito que debe cumplir un dispositivo de control.

Identificación: Secuencia de letras o dígitos, o ambos, usados para señalar un instrumento en particular o un lazo.

Instrumentación: Colección de instrumentos o sus aplicaciones con el fin de observar mediciones, control, o cualquier combinación de estos.

Local: Es la localización de un instrumento que no esta ni dentro ni sobre un panel o consola, ni esta montado en un cuarto de control. Los instrumentos locales están comúnmente en el ámbito de un elemento primario o un elemento de control, la palabra “*campo*” es un sinónimo muy usado con local.

**Panel local:** Que no esta en un panel central, los paneles locales están comúnmente en el ámbito de subsistemas de plantas o sub-áreas. El término instrumento local de panel no puede ser confundido con instrumento local.

**Lazo:** 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.

**Estación manual de carga:** Dispositivo o función que tiene un ajuste de salida manual que es usado con un actuador o como más dispositivos. La estación no proporciona un cambio entre un modo de control automático o manual de un lazo de control. La estación puede tener indicadores integrados, luces u otras características. Esto es normalmente conocido como estación manual o cargador manual.

**Medida:** Determinación de la existencia o magnitud de una variable.

**Monitor:** Término general para un instrumento o sistema de instrumentos usados para la medición o conocer la magnitud de una o más variables con el propósito de emplear la información en determinado momento. El término monitor no es muy específico, algunas veces significa analizador, indicador, o alarma.

**Panel:** Estructura que tiene un grupo de instrumentos montados sobre ella. El panel puede consistir de una o varias secciones, cubículos, consolas o escritorios.

**Montado en panel:** Término aplicado a un instrumento que esta montado sobre un panel o consola y es accesible para un operador en uso normal.

**Luz piloto:** Es una luz que indica cual número o condiciones normales de un sistema o dispositivo existe. Una luz piloto es también conocida como una luz de monitor.

**Elemento primario:** Sinónimo de sensor.

**Proceso:** Es cualquier operación o secuencia de operaciones que involucren un cambio de energía, estado, composición, dimensión, u otras propiedades que pueden referirse a un dato.

**Variable de proceso:** Cualquier propiedad variable de un proceso (flujo, nivel, temperatura, presión).

**Programa:** Secuencia respetable de acciones que definen el nivel de las salidas como una compostura de las relaciones al establecimiento de las entradas.

**Controlador lógico programable:** Un controlador, usualmente con entradas y salidas múltiples que contiene un programa alterable, es llamado de esta manera o comúnmente conocida como PLC.

**Sensor:** Parte de un lazo o un instrumento que primero detecta el valor de una variable de proceso y que asume una correspondencia, predeterminación, y estado inteligible o salida. El sensor puede ser integrado o separado de un elemento funcional o de un lazo. Al sensor también se le conoce como detector o elemento primario.

**Set point:** El set point o punto de referencia puede ser establecido manualmente, automáticamente o programado. Su valor se expresa en las mismas unidades que la variable controlada.

**Switch:** Dispositivo que conecta, desconecta, selecciona, o transfiere uno o más circuitos y no esta diseñado como un controlador, un relevador o una válvula de control.

**Punto de prueba:** Proceso de una conexión el cual no esta permanentemente conectado, su conexión es solamente temporal o intermitente a un instrumento.

**Transductor:** Término general para un dispositivo que recibe información en forma de uno o más cuantificadores físicos, modificadores de información y/o su forma si requiere, y produce una señal de salida resultante. Dependiendo de la aplicación un transductor puede ser un elemento primario, un transmisor, un relay, un convertidor u otro dispositivo

Transmisor: Dispositivo que detecta la variable de un proceso a través de un sensor y tiene una salida la cual varía su valor solamente como una función predeterminada de la variable del proceso. El sensor puede estar o no integrado al transmisor.

Tag: Número de Identificación, el tag o número de identificación es una etiqueta que se utiliza para identificar un instrumento, equipo, tablero, etc.

2. Definiciones de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana **NOM-059-SSA1-1993**, Buenas prácticas de fabricación para establecimientos de la industria química farmacéutica dedicados a la fabricación de medicamentos.

Acabado sanitario: Terminación que se le da a las superficies interiores de las áreas con la finalidad de evitar la acumulación de partículas viables y no viables y facilitar su limpieza.

Acondicionamiento: Son las operaciones por las que un producto a granel tiene que pasar para llegar a ser un producto terminado.

Área: Cuarto o conjunto de cuartos y espacios diseñados y construidos bajo especificaciones definidas.

Área limpia: Área diseñada, construida y mantenida con el objeto de tener dentro de límites el número de partículas viables y no viables en superficies y medio ambiente.

Buenas prácticas de fabricación: Conjunto de lineamientos y actividades relacionadas entre sí, destinadas a garantizar que los productos farmacéuticos elaborados tengan y mantengan la identidad, pureza, concentración, potencia, etc. requeridas para su uso.

Calibración: Conjunto de operaciones que determinan, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medición material y los valores conocidos correspondientes a un patrón de referencia.

Concentración: Cantidad del fármaco presente en el medicamento expresada como peso/peso, peso/volumen o unidad de dosis/volumen.

Contaminación: Presencia de entidades físicas, químicas o biológicas indeseables.

Envase primario: Es aquel que contiene un fármaco o preparado farmacéutico y que está en contacto directo con él.

Especificación: Descripción de un material, sustancia o producto, que incluye los parámetros de calidad, sus límites de aceptación y la referencia de los métodos a utilizar para su determinación.

Fabricación: Operaciones involucradas en la producción de un medicamento desde la recepción de materiales hasta su liberación como producto terminado.

Fármaco. Sustancia natural o sintética que tenga alguna actividad farmacológica y que se identifique por sus propiedades físicas, químicas o acciones biológicas, que no se presenten en forma farmacéutica y que reúna condiciones para ser empleada como medicamento o ingrediente de un medicamento.

Materia prima: Sustancia de cualquier origen que se use para la elaboración de medicamentos o fármacos.

Medicamento: Toda sustancia o mezcla de sustancias de origen natural o sintético que tenga efecto terapéutico, preventivo o rehabilitatorio, que se presente en forma farmacéutica y se identifique como tal por su actividad farmacológica, características físicas, químicas y biológicas.

Producto: Es el resultado de un proceso específico.

Producto terminado: Medicamento en su presentación final.

Pureza: Grado en el cual las materias primas, los productos intermedios y a granel, están exentos de materiales extraños.

### Simbología

En instrumentación y control, se emplea un sistema especial de símbolos con el objeto de transmitir de una forma más fácil y específica la información. Esto es indispensable en el diseño, selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control. Un sistema de símbolos ha sido estandarizado por la ISA (Sociedad de Instrumentistas de América). La siguiente información es de la norma: **ANSI/ISA-S5.1-1984(R 1992)**.

#### a) Simbología para identificación de tags de acuerdo a la variable de medición:

	IDENTIFICACION VARIABLE	ELEMENTO PRIMARIO	TRANSMISOR	INDICADOR	REGISTRADOR	CONTROLADOR	INDICADOR CONTROLADOR	REGISTRO CONTROLADOR	INTERRUPTOR	ALARMA				SEÑALIZACION		TOTALIZADOR	CONVERTIDOR NEUMATICO ELECTRICO	VALVULA DE SEGURIDAD	ELEMENTO DE SEGURIDAD	TERMOPOZO	VALVULA DE CONTROL	VISUAL
										ALTO	MUY ALTO	BAJO	MUY BAJO	ALTO	BAJO							
		E	T	I	R	C	IC	RC	S	AH	AHH	AL	ALL	LH	LL	Q	Y	SV	SE	W	V	G
ANALIZADOR	A	AE	AT	AI	AR	AC	AIC	ARC	AS	AAH	AAHH	AAL	AALL	ALH	ALL		AY					
CONDUCTIVIDAD	C	CE	CT	CI	CR	CC	CIC	CRC	CS	CAH	CAHH	CAL	CALL	CLH	CLL		CY				CV	
VOLTAJE (FEM)	E		ET	EI	ER	EC	EIC	ERC	ES	EAH	EAHH	EAL	EALL	ELH	ELL							
FLUJO	F	FE	FT	FI	FR	FC	FIC	FRC	FS	FAH	FAHH	FAL	FALL	FLH	FLL	FQ	FY				FV	FG
FLUJO PROPORCIONAL	FF			FFI	FFR	FFC	FFIC	FFRC	FFS	FFAH	FFAHH	FFAL	FFALL	FFLH	FFLL	FFQ	FFY				FFV	
MANUAL	H					HC	HIC		HS								HY				HV	
CORRIENTE	I			II	IR					IAH	IAHH	IAL	IALL				IQ					
POTENCIA	J																					
NIVEL	L	LE	LT	LI	LR	LC	LIC	LRC	LS	LAH	LAHH	LAL	LALL	LLH	LLL		LY				LV	LG
NIVEL DIFERENCIAL	LD	LDE	LDT	LDI	LDR	LDC	LDIC	LDRC	LDS	LDAH	LDAAH	LDAL	LDALL	LDLH	LDLL		LDY				LDV	
PRESION	P	PE	PT	PI	PR	PC	PIC	PRC	PS	PAH	PAHH	PAL	PALL	PLH	PLL		PY	PSV	PSE		PV	
PRESION DIFERENCIAL	PD	PDE	PDT	PDI	PDR	PDC	PDIC	PDRC	PDS	PDAH	PDAHH	PDAL	PDALL	PDLH	PDLL		PDY				PDV	
CANTIDAD	Q			QI	QR					QAH	QAHH	QAL	QALL			QQ						
VELOCIDAD	S	SE	ST	SI	SR	SC	SIC	SRC	SS	SAH	SAHH	SAL	SALL	SLH	SLL						SV	
TEMPERATURA	T	TE	TT	TI	TR	TC	TIC	TRC	TS	TAH	TAHH	TAL	TALL	TLH	TLL		TY		TSE	TW	TV	
TEMPERATURA DIFERENCIAL	TD	TDE	TDT	TDI	TDR	TDC	TDIC	TDRC	TDS	TDAH	TDAHH	TDAL	TDALL	TDLH	TDLL		TDY				TDV	
VIBRACION	V	VE		VI					VS	VAH	VAHH	VAL	VALL	VLH	VLL							
PESO	W			WI	WR		WIC	WRC		WAH	WAHH	WAL	WALL			WQ						
MISCELANEO	X	XE	XT	XI	XR	XC	XIC	XRC	XS	XAH	XAAH	XAL	XALL	XLH	XLL		XY				XV	
POSICION	Z	ZE	ZT	ZI	ZR	ZC	ZIC	ZRC	ZS	ZAH	ZAAH	ZAL	ZALL	ZLH	ZLL							

Fig. 3.1 Tabla de variables de medición

#### b) Simbología para identificación de líneas de instrumentos:



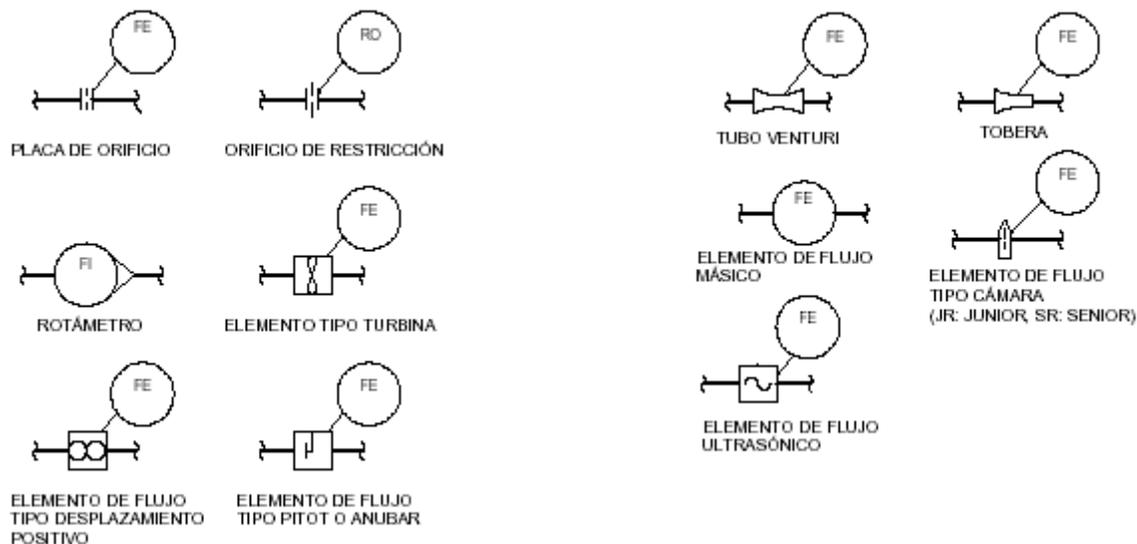
Fig. 3.2 Simbología de líneas de señales para instrumentos

**c) Simbología para identificación de instrumentos:**



**Fig. 3.3 Simbología general para instrumentos.**

**d) Simbología para elementos de flujo:**



**Fig. 3.4 Simbología general para instrumentos de flujo.**

e) Simbología para válvulas y actuadores:

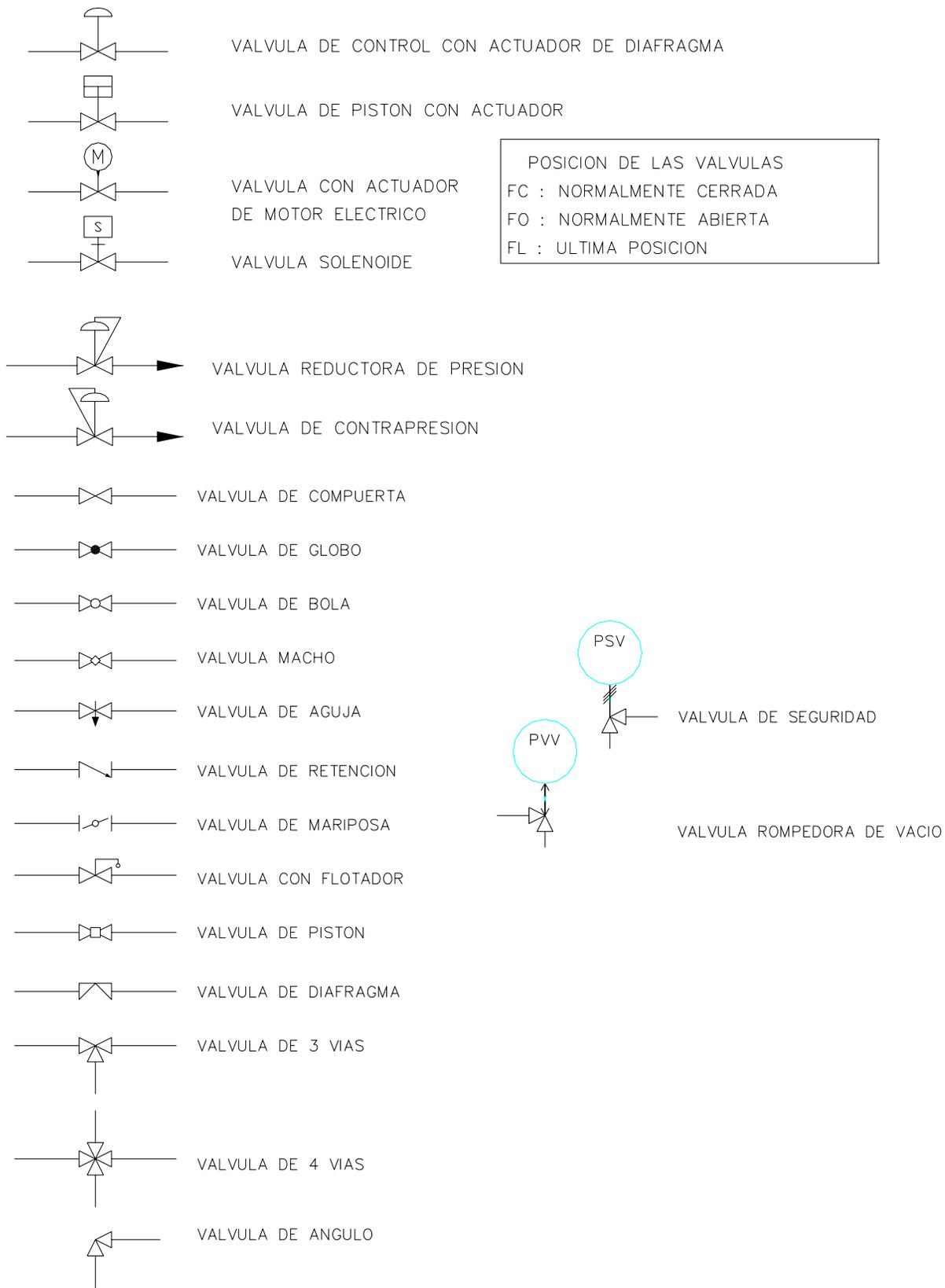


Fig. 3.5 Simbología general para válvulas y actuadores.

### III.3 DOCUMENTOS TÉCNICOS.

Dentro del desarrollo de la Ingeniería de detalle, para el área de Instrumentación y control, existen diferentes documentos que son necesarios generar para la construcción, fabricación, cableado, calibración, supervisión, etc. de los diferentes dispositivos y sistemas que forman al proyecto.

Estos documentos son desarrollados basándose en las bases de diseño, los datos requeridos por el proceso, los arreglos mecánicos de los diferentes equipos, los materiales y especificaciones de las tuberías, las condiciones generales del lugar donde se desarrolla el proyecto, los diseños arquitectónicos estructurales y civiles, diseños eléctricos en general, especificaciones y normas aplicables para el caso específico. etc.

A continuación se enlistan los diferentes documentos que son desarrollados por el área de Instrumentación y control:

**Índice de instrumentos:** Documento que enumera a todos los instrumentos que se encuentran involucrados dentro del proyecto, estos pueden ser físicos o configurados en el sistema de control. El índice en general incluye datos necesarios para un control de los instrumentos como: tag, servicio, tipo de instrumento, dti (diagrama de tubería e instrumentación), Hoja de datos, Marca, modelo, etc.

**Sumario de Entradas y salidas:** Listado que muestra todos los instrumentos en campo que envían o reciben señal, estas pueden ser: Digitales (24VCD, 120 VCA), Analógicas (4-20 mA), Elementos de temperatura(RTD) y se dividen en: DI (entradas digitales), DO (salidas digitales), AI (Entradas Analógicas), AO (salidas analógicas).

**Típicos de Instalación:** Esquema de montaje que incluye los accesorios, equipos y elementos necesarios para que los instrumentos sean montados correctamente en campo.

**Especificación de Instrumentos:** Documentos que especifican las características físicas, mecánicas, eléctricas, etc. de cada instrumento, también conocidas como hojas de datos, en este documento se dan las características particulares de los instrumentos.

**Diagramas Lógicos:** Diagrama que muestra la secuencia lógica de los interlocks (candados internos) encargados de la acción de los elementos (apertura y cierre de válvulas, arranque / paro de motores, activación de interruptores de presión, flujo, nivel y temperatura, etc.) de acuerdo a los requerimientos del proceso, este documento incluye solo los elementos digitales.

**Diagramas Funcionales:** Diagrama que muestra la secuencia de operación de los instrumentos analógicos, de acuerdo a los requerimientos del proceso (apertura, modulación y cierre de válvulas de control, entrada de transmisores al sistema de control, etc.)

**Diagramas de Alambrado de Instrumentos:** Este documento contempla la conexión de cada instrumento hasta el sistema de control contemplando el paso por cada uno de los dispositivos, elementos hasta la tarjeta del sistema de control. (cajas unión, relevadores, barreras de seguridad, clemas y tablillas, fusibles, etc.), Usados para el control de entradas y salidas en tarjetas del sistema de control.

**Layout de tableros:** Este documento es un esquemático que incluye dimensiones, arreglo interno del tablero de control donde se encuentran alojados: tablillas, clemas, relevadores, barreras de seguridad, dispositivos de protección, etc.

**Lazos de control:** Son diagramas de interconexión de los instrumentos desde campo hasta su canalización al sistema de control: PLC o SCD, los diagramas de lazo muestran tablillas, cables, dispositivos de interconexión, etc. son utilizados para el cableado en campo de los instrumentos, localización de fallas y para mantenimiento de cada uno de ellos.

**Plano de Rutas eléctricas:** El plano de rutas muestra el direccionamiento del cableado y su canalización hasta el sistema de control, ya sea local o remoto, así como también el paso por cajas unión u otro equipo.

**Plano de Rutas neumáticas:** El plano de rutas neumáticas muestra todos los dispositivos que requieren para su funcionamiento aire (válvulas, tableros que requieren presurización, etc., este viene de cabezales y subcabezales que suministran el fluido).

**Arquitecturas del sistema de control:** Diagrama que muestra los elementos que reciben y envían datos (PLC, SCD, Sistemas de redes, etc.), mediante un protocolo de comunicación o por una vía diferente al par de hilos que se usan para instrumentos( fibra óptica, fieldbus, ethernet, devicenet, etc.)

**Lista de Materiales:** Listado que comprende los materiales necesarios para la instalación, cableado, soporte, alimentación, etc. de los instrumentos de un proyecto, se dividen en listas de materiales mecánico, y eléctrico.

**Cálculo de válvulas de control:** Documento conocido como memoria de calculo donde se indican los cálculos necesarios referentes a las válvulas de control.

Los documentos técnicos necesarios para el inicio de la elaboración de los lazos de control en cualquier desarrollo de la ingeniería de detalle son los siguientes:

- Diagramas de tubería e Instrumentación.
- Índice de Instrumentos.
- Sumario de entradas y salidas.
- Asignación de señales a cajas de conexión.
- Configuración de Hardware del sistema de control.
- Especificación de cable para los diferentes tipos de señales.
- Filosofía de operación.

### III.4 GENERACION DE LAZOS DE CONTROL.

El objetivo de este procedimiento es presentar un método para la elaboración de los lazos de control de instrumentos en la ingeniería de detalle de cualquier proyecto.

#### III.4.1 Procedimiento para la preparación de los lazos de control.

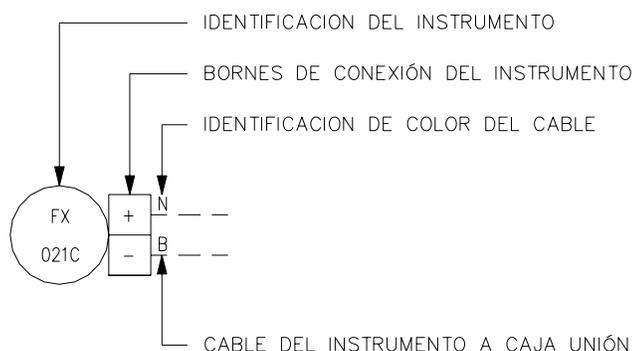
- Basándose en los DTI's seleccionar que instrumentos requieren de un lazo de control, esto es seleccionado solo aquellos que envían o reciben señal del sistema de control, ya sea PLC o SCD.
- Agrupar el número de lazos por tipo de variable (flujo, nivel, presión, temperatura, etc.).
- Dividir los lazos agrupados por variable de acuerdo al tipo de señal que manejan (DI, DO, AI, AO, RTD).
- Generar el documento de asignación de cajas unión para agrupar las señales de acuerdo al tipo de señal en cada una de las JB.
- En el documento de asignación de cajas unión nombrar cada uno de los multiconductores que saldrán de las cajas unión para la identificación en campo.
- Generar el documento de "Sumario de entradas y salidas" apoyándose en el índice de instrumentos para asignar a cada señal un canal en las tarjetas del sistema de control propuesto.
- En el sumario de entradas y salidas indicar los elementos a los que se interconectará la señal antes de llegar a la tarjeta de control del sistema.
- Llenar las columnas indicadas en el formato (Instrumentos en campo y al frente del tablero) tomando como base la descripción del proceso, la filosofía de operación de la planta, los DTI's, el plano de localización de instrumentos y la simbología para elaborar lazos de control.
- Complementar el lazo con la identificación del instrumento (en campo y tablero de control), descripción del lazo, tipo de señal, número de DTI.
- En lo posible se hará un solo dibujo que involucre todos los instrumentos relacionados con el lazo de control, en el caso de existir mas de un dibujo se indicara con referencia cruzada uno del otro.

- En general se tratará de realizar el diagrama con una distribución apropiada de tal forma que quede espacio suficiente para incorporar toda la información adicional requerida.
- El dibujo representará en una forma amplia y detallada cada uno de los puntos de medición y control representados en los diagramas de tuberías e instrumentación (DTI).
- En general todas las interconexiones eléctricas entre el elemento sensor, el transmisor, receptor y el elemento final de control deberán ser detallados indicando tipo de señal, alimentación eléctrica, identificación de Bornes, localización, etc.
- Todos los instrumentos deberán estar bien identificados de acuerdo con su No. de tag. Además también llevarán referencias del equipo o línea de proceso en el que se deberán instalar.
- En cada interconexión se deberá indicar el No. de circuito, indicando No. de hilos, No. de circuito y No. de caja de conexión.

### III.4.2 Requerimientos específicos en el diagrama

#### 1. Campo

En este punto se indicaran en forma gráfica los instrumentos de campo (Elementos, primarios o Elementos finales de control). Se indicará la línea o equipo donde se localizan, tag del instrumento, bornes del instrumento, interconexión entre instrumentos de campo (si existe), suministro eléctrico del instrumento cuando se requiera, suministro neumático donde aplique etc. Los símbolos utilizados



**Fig. 3.6 Identificación de instrumentos en campo.**

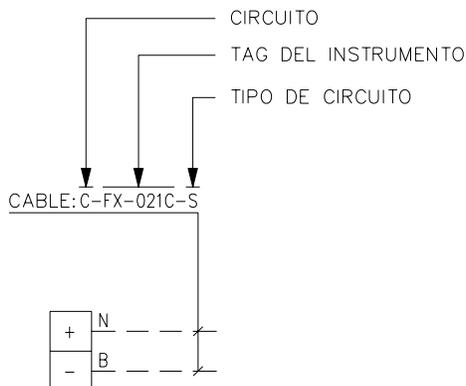
**Identificación del instrumento:** Mediante la simbología de la norma Isa **ANSI/ISA-S5.1-1984(R 1992)** se indica el tag del instrumento completo.

#### **Bornes de conexión de instrumentos:**

+	Positivo
-	Negativo
C	Común
NA	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
L	Línea
N	Neutro
GND	Tierra física
SHD	Pantalla de cable

**Identificación de colores del cable:**

B	Blanco
N	Negro
R	Rojo
S/C	Sin color o desnudo

**Identificación del cable:****Fig. 3.7 Identificación cable (Instrumento a JB).**

El cable se etiqueta mediante tres elementos que aseguran una rápida identificación en campo, estos son:

**Circuito:** El cual se indica con la letra "C"

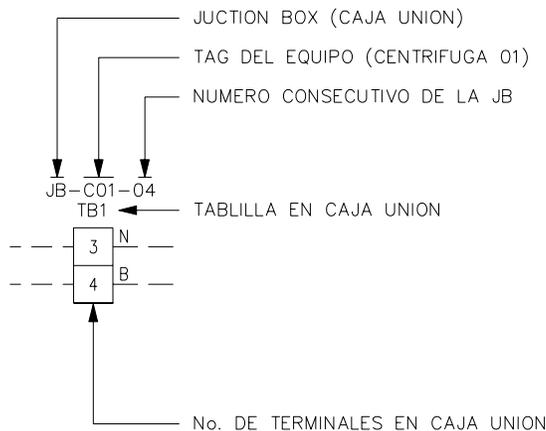
**Tag del Instrumento:** Se indica el tag del instrumento al que está conectado el cable.

**Tipo de circuito:** El tipo de circuito indica si este es de señal hacia o del sistema de control o de alimentación hacia el instrumento.

S	Señal
F	Fuerza (alimentación)

**2. Caja de distribución o caja unión**

Para identificar las cajas unión en la agrupación de señales se requiere indicar en este punto el número de identificación de la caja unión (Tag), identificación de la tablilla terminal, número de bornes de conexión de cada tablilla terminal, su conexión a tierra donde aplique y su número de identificación del circuito.

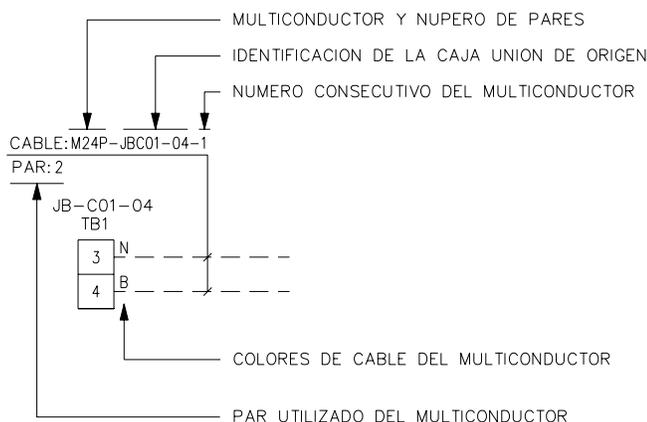
**Identificación de la caja unión:****Fig. 3.8 Identificación de caja unión (JB).**

**Caja unión(JB):** Se identifica en este proyecto mediante una estructura de 3 secciones, la primera indica que es una JB (caja unión), la segunda identifica el equipo al cual está relacionada (centrífuga C01), y la tercera indica el numero consecutivo de JB que se esta utilizando el ejemplo se indica la caja No. 4.

**Identificación de Tablilla:** La tablilla se identifica por medio de las siglas "TB" y el número consecutivo 1, 2, 3, etc. dependiendo de las que se encuentren dentro de la caja unión.

**No. De Terminales en caja unión:** Se identifican mediante un número consecutivo tanto físicamente en las clemas de la caja unión y en el lazo de control.

**Identificación del multiconductor:** Para la identificación del multiconductor que sale de la caja unión se sigue el siguiente criterio:



**Fig. 3.9 Identificación del multiconductor.**

El multiconductor se identifica de acuerdo a lo siguiente:

**Tipos de cables pares o triadas:**

P Pares  
T Triadas

**Cantidad de pares o triadas:**

12P	12 pares
24P	24 pares
2T	2 Triadas

**Caja unión de origen:** Se indica la caja unión de origen del multiconductor para una rápida identificación en campo.

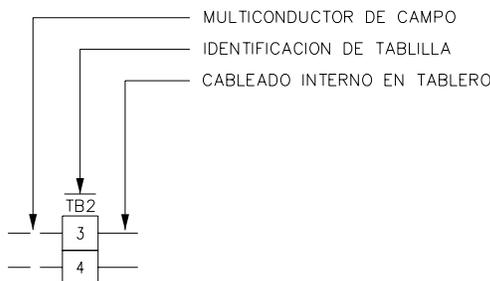
**Numero consecutivo del multiconductor:** En ocasiones se utilizan más de un multiconductor en una JB y por consiguiente se identifican por medio del último dígito que es el consecutivo de cada uno de los cables.

**Colores de cable del multiconductor:** Los colores de cable para tener uniformidad deben ser del mismo color que de los pares individuales de los instrumentos, para este caso negro y blanco, y para los especiales (elementos de temperatura RTD) se indican negro, blanco y rojo.

### 3. Tablero del sistema de Control

Con el fin de ordenar y distribuir todas las conexiones de los instrumentos de campo así como instrumentos auxiliares de control (relevadores) hacia la interconexión con el sistema, se utiliza un gabinete de entradas y salidas. La distribución de las conexiones de este gabinete se indicará en este punto, indicando específicamente el número de tablilla terminal destinada para cada instrumento, número de identificación de bornes de la tablilla e identificación del gabinete. También se indicara la conexión de los instrumentos de campo con el sistema por medio de tarjetas de entrada y salida, relevadores, barreras de seguridad, amplificadores, interruptores, etc. esto involucra cualquier elemento o dispositivo que la señal recorra hasta su llegada a la tarjeta del sistema.

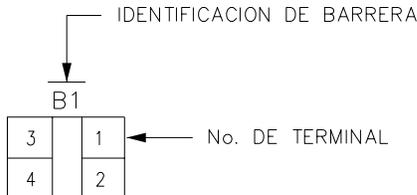
Una vez que el multiconductor ha llegado al tablero del PLC o del sistema de control, se identifica la tablilla y las clemas que lo interconectan, se representa con línea punteada hasta este punto para diferenciarlo con el cableado interno mediante líneas continuas.



**Fig. 3.10 Identificación de tablilla en el tablero.**

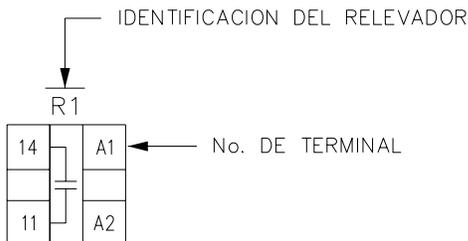
#### Identificación de los elementos de Interconexión dentro del tablero:

**a) Barreras de seguridad:** Las barreras de seguridad se identifican por medio de una "B" y un número consecutivo, se deben indicar las terminales a las cuales se conectarán los cables.



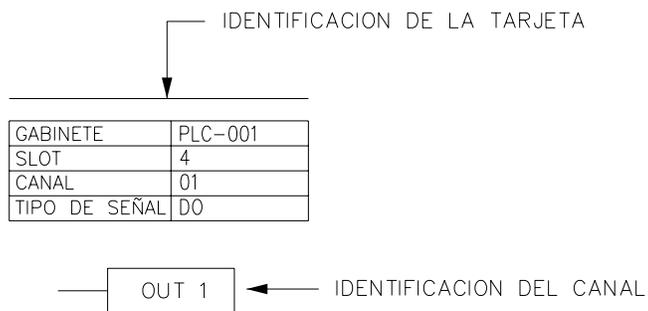
**Fig. 3.11 Identificación de las barreras de seguridad.**

**b) Relevadores:** Los relevadores se identifican mediante la letra "R" y un número consecutivo, al igual que las barreras se deben indicar las terminales del componente. Para el caso especial de los relevadores, los bornes "A1 y A2" indican las terminales de la bobina.



**Fig. 3.12 Identificación de relevador.**

### c) Identificación de la tarjeta de entrada o salida del PLC:



**Fig. 3.13 Identificación de la tarjeta del PLC.**

**Gabinete:** Se refiere al tablero del PLC (panel de control), para todos los casos será PLC-001, que es el tag de identificación.

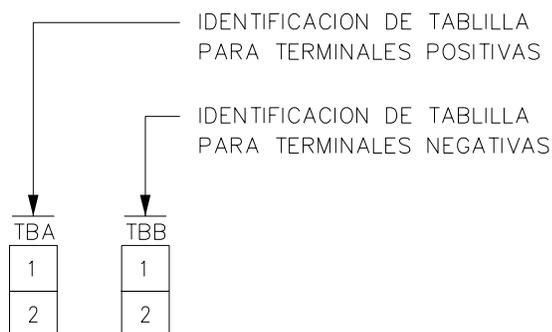
**Slot:** Identifica la ranura del Rack a la cual esta montada la tarjeta.

**Canal:** Indica el canal de la tarjeta a al cual se conecta la señal del instrumento.

**Tipo de señal:** Indica el tipo de señal que se maneja para ese canal y depende del tipo de instrumento y de la tarjeta.

### d) Identificación del bus de alimentación de la fuente de 24 VCD:

Al igual que las demás tablillas de conexión esta se indica con las siglas "TB" y para este caso se utiliza una letra para identificar las terminales positivas "A" y para las negativas "B", para identificar el punto de conexión de los instrumentos que requieren suministro eléctrico o de las salidas del PLC que lo requieran.

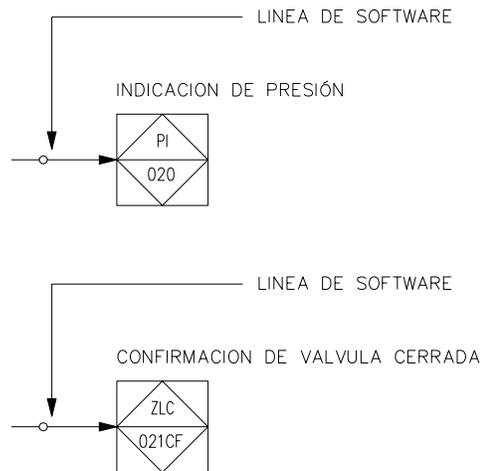


**Fig. 3.14 Identificación del bus de Alimentación.**

#### 4. Pantalla

La información que aquí se requiera será proporcionada por el proveedor del sistema o del programador, y tendrá como fin localizar, identificar y conocer en el sistema en forma gráfica (en pantalla) al instrumento (TAG) y su funcionamiento dentro del sistema (indicar, controlar, alarmar, registrar, etc.) Esta sección se toma directamente del DTI para su configuración dentro del programa con el apoyo del personal encargado del proceso.

Ejemplos:



**Fig. 3.15 Identificación de instrumentos configurados (pantalla).**

Cabe mencionar que este procedimiento es de carácter informativo y de referencia, en la actualidad cada proyecto involucra diferentes métodos y procedimientos para la elaboración de los lazos de control, que van de acuerdo a las necesidades del cliente o a estándares particulares.

### III.4.3 Formato para elaboración de los lazos de control.

Se presenta el formato que se usa para la generación de los lazos de control del proyecto, cabe mencionar que es propuesto, la norma **ANSI/ISA-S5.4-1991 Instruments Loop Diagrams** no restringe el uso de ningún formato para este documento.

CAMPO		TABLERO DE CONTROL PLC-001	PANTALLA
ESCLUSA	CAJA UNION		
NOTAS:			EQUIPO : SERVICIO : No. DE LAZO :
			HOJA DE

**Fig. 3.16 Formato para la elaboración de los lazos de control.**

---

## **CAPITULO IV**

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **OBJETIVO:**

**Desarrollar los diferentes tipos de diagramas de lazo de control de la centrífuga y los documentos necesarios de acuerdo a las normas y consideraciones técnicas vistas en capítulos anteriores.**

---

## IV.1 BASES DE DISEÑO.

### IV.1.1 Filosofía de operación

El proceso de centrifugado de la solución consiste en una secuencia de varios estados según el programa configurado en el sistema de control de la centrifuga. La secuencia completa se describe a continuación:

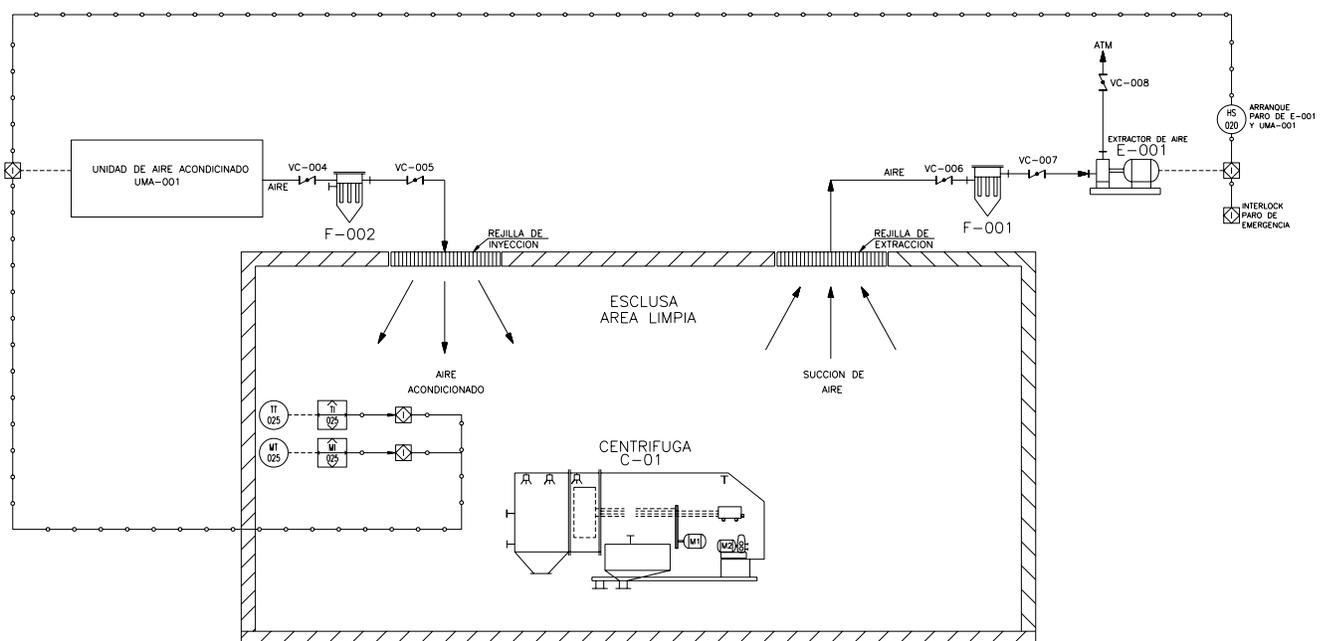
1. Estado 0: Inicio de secuencia:
  - a) Adecuar condiciones de operación.
  - b) Selección de Modo de operación de la centrifuga.
  - c) Purga y Presurización de panel de control.
2. Estado 1: Inertización del equipo y Control de oxígeno.
3. Estado 2: Llenado.
4. Estado 3: Escurrido 1.
5. Estado 4: Lavado 1.
6. Estado 5: Escurrido 2.
7. Estado 6: Lavado 2.
8. Estado 7: Escurrido 3.
9. Estado 8: Descarga de producto final.
10. Estado 9: Descarga de Aguas Madres.

#### DESCRIPCION DE ESTADOS:

##### 1. Estado 0: Inicio de secuencia:

##### a) Adecuar condiciones de operación.

Para iniciar la operación de la centrifuga se deberá arrancar el motor del extractor de aire (**E-001**), desde la pantalla del panel de operación (**PV-01**) y la Unidad Manejadora de Aire (**UMA-001**) mediante el botón en campo (**HS-020**). Debido a que el proceso es para la obtención de un producto de uso farmacéutico la centrifuga se encuentra dentro de una esclusa (área limpia), es importante que no se acumulen gases que puedan generar una atmósfera explosiva dentro de la misma, es por ello que se debe iniciar la secuencia de operación con este paso, la UMA-001 iniciará con la inyección de aire, el transmisor (**TT-025**) mide la temperatura de la esclusa que no debe ser mayor a 22°C, mientras que el transmisor (**MT-025**) mide la humedad que no sea mayor a 45%, la extracción de aire de la esclusa es trabajo del equipo E-001, este libera el aire extraído hacia la atmósfera. (*Ver fig. 4.1*)



**Fig. 4.1 Control de aire acondicionado a esclusa.**

## b) Selección de Modo de operación de la centrifuga.

**1. Automático:** El PLC revisa que todos los interlocks (candados internos) de seguridad estén en su condición segura para poder iniciar la operación en modo automático, en caso de que alguno de ellos no esté presente, mandará el aviso correspondiente, para que se tomen las medidas correctivas.

La operación en modo "Automático" consiste de la tara, carga, escurrido 1, lavado 1, escurrido 2, lavado 2, escurrido 3, descarga y reinicio de la secuencia en automático.

Dentro de la operación en automático se encuentra con las siguientes condiciones:

- AutoHold. Cuando alguna condición anormal de operación se presenta, el sistema envía la alarma correspondiente y mantiene a la centrifuga en el estado en que se presentó la condición anormal, hasta que esta sea corregida.

- AutoStop. Cuando alguna condición crítica de operación se presenta el sistema envía la alarma correspondiente y manda un paro automático a la centrifuga, cumpliendo todo el ciclo de operación hasta el paso de descarga, y al finalizar éste, el modo de operación es cambiado a "manual".

**2. Manual:** El operador tiene acceso para poder operar todas las funciones de la centrifuga de manera independiente.

La operación en modo "Manual" consiste de la apertura y cierre de la canasta, la operación del eje principal, la apertura y cierre de las válvulas de lavado, escurrido y la tara (pesado).

Durante toda la operación en modo manual todos los interlocks de seguridad deben cumplirse y en caso que alguno se presente, el sistema enviará la alarma correspondiente y detiene la operación manual.

**3. Programa:** Para la selección de este modo es necesario que la centrifuga esté detenida y en modo manual y es utilizado para:

- Calibración del sistema de pesado
- Selección de receta (Selección de etapas de acuerdo al producto)
- Creación de nuevas recetas
- Modificación de parámetros en recetas existentes.

**4. Mantenimiento:** Para la selección de este modo es necesario que la centrifuga no se encuentre en funcionamiento, en modo manual y con el nivel de acceso de mantenimiento es posible la operación manual e independiente de cada uno de los dispositivos de control de la centrifuga (señales de entrada y salida del PLC) para poder realizar las tareas de mantenimiento.

## c) Purga y Presurización de panel de control.

Para presurizar el tablero de control se sigue la siguiente filosofía de operación:

Abrir manualmente la válvula de presurizado de alto flujo (**HV-002**) del gabinete durante 60 seg. y el indicador de control de presión del gabinete(**PI-128**), la manecilla debe desplazarse de la sección "LOW" a la sección "HIGH". Con la válvula de control de presión (**HV-003**) regular la presión hasta que la manecilla en el indicador de control de presión (**PI-128**) del gabinete baje y se mantenga en la sección "SAFE". Después de que el (**PDSL-011**) verifica que la presión del interior del gabinete es mayor a la del exterior oprimir el botón "RESET" (**HS-013**) y 10 segundos después se inicia la operación de la centrifuga C-01.

Las válvulas (**PCV-209**) y (**PCV-210**) mantienen regulados el flujo y la presión del aire hacia el panel. La temperatura dentro del panel de operación es controlada por el interruptor (**TSH-044**) y la válvula (**XV-074**) que permitirá el paso de más aire al tablero en caso de que este sobrepase el calibrado en el interruptor. Para proteger de una sobrepresión el tablero cuenta con la válvula de seguridad (**PSV-281**) que es la encargada de liberar presión hacia la atmósfera.

En caso de existir alguna situación de peligro dentro de la esclusa, por una razón externa, falla de algún equipo o cualquier causa que implique peligro al equipo o al personal se cuenta con el botón de paro de emergencia (**HSE-008**) al activarlo este botón detendrá de inmediato el equipo y suspenderá el suministro de energía a los motores

de la centrifuga; solo mantendrá en funcionamiento al extractor (**E-001**) y a la (**UMA-001**), además se tendrá una indicación visual de emergencia mediante (**XL-008**).

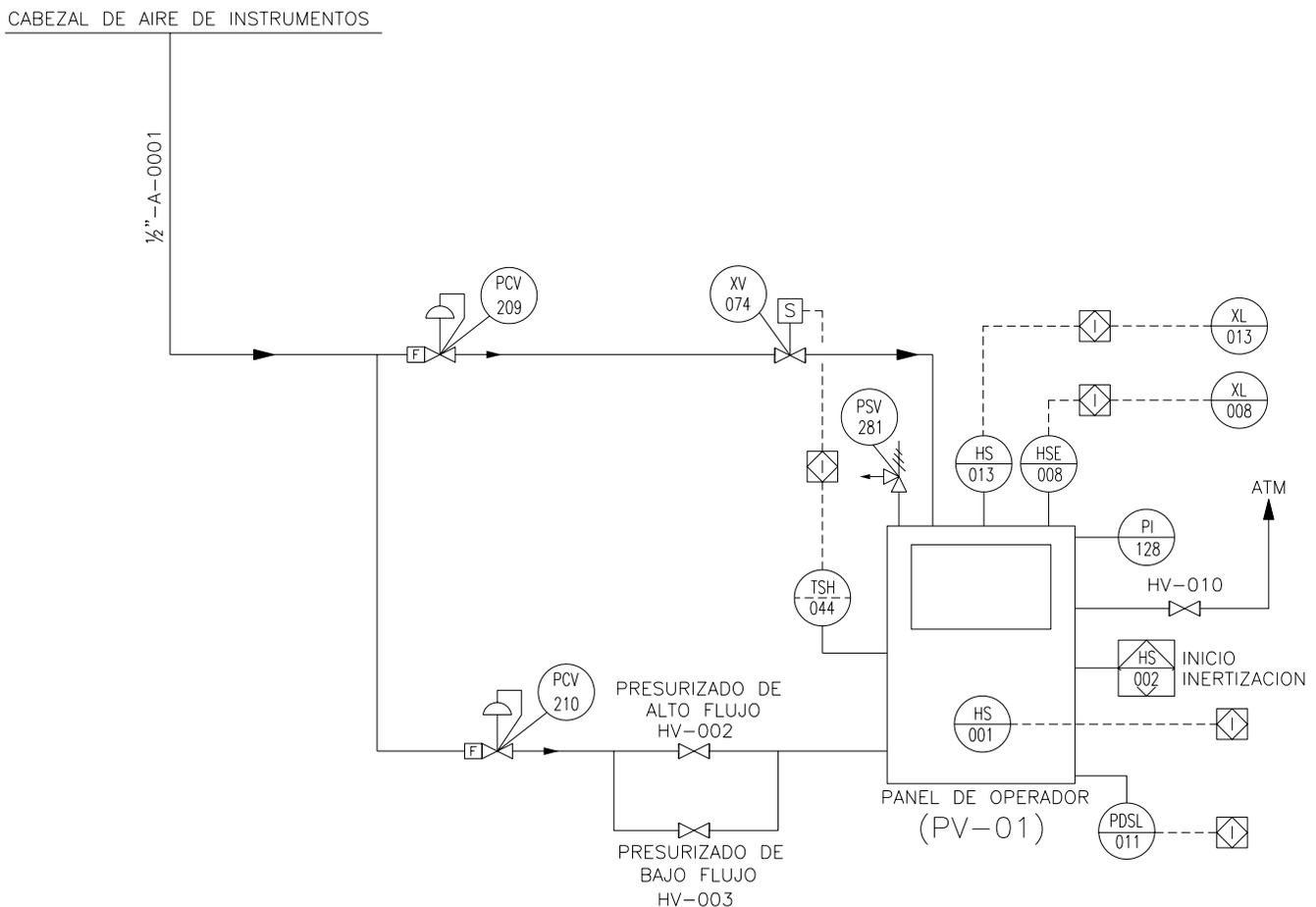
El botón reset (**HS-013**), se utiliza cuando se requiere volver a las condiciones iniciales o cuando se opera en modo manual y la luz indicadora (**XL-013**) se activara al seleccionar esta opción.

El manómetro (**PI-128**) mide la presión dentro del panel para indicar al operador una posible sobrepresión y que se mantenga en el rango de "SAFE" Seguro. (**Ver fig. 4.2**)

Para purgar el tablero de operación se sigue la siguiente secuencia:

En caso de que se requiera abrir el panel de operación por mantenimiento u otra razón es necesario purgarlo o despresurizarlo, esto quiere decir que se debe extraer el aire del interior del tablero, y se sigue con la siguiente secuencia:

- Verificar que la centrifuga no se encuentre en operación.
- Seleccionar el programa en modo de mantenimiento, para evitar que se activen alarmas al momento de abrir el panel.
- Cerrar manualmente la válvula **HV-003** y **HV-002**, para no permitir el paso de aire al tablero.
- Abrir la válvula manual **HV-010** lentamente, esta empezará a sacar el aire contenido dentro del tablero.
- Una vez que el **PDSL-011** marque "0" entonces ya se podrá abrir el tablero sin problema.

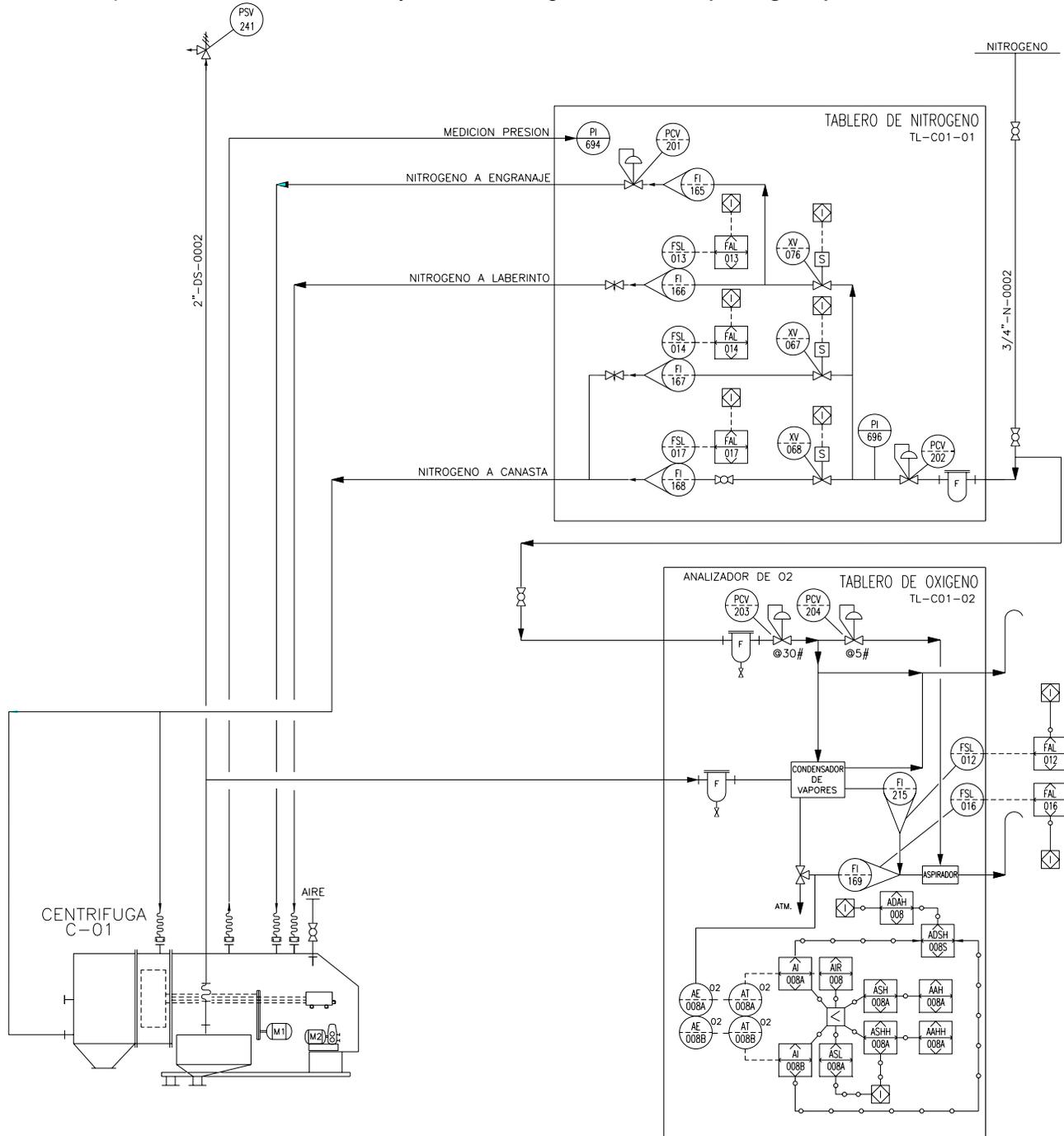


**Fig. 4.2 Diagrama de purga y presurización del panel de control.**

## 2. Estado 1: Inertización del equipo y Control de Oxígeno.

### Inertización:

La inertización de gases en la centrífuga consiste en mantener una atmósfera no explosiva en el interior de los equipos, lo que se puede conseguir procurando en estos espacios confinados una atmósfera muy rica o muy pobre en gases explosivos, es decir, mantener la mezcla de gas y oxígeno por debajo del Límite Inferior de Explosividad (L.I.E.) o por encima del Límite Superior de Explosividad (L.S.E.) el objetivo es que la proporción gas-oxígeno nunca se encuentre en la zona explosiva, esto es, entre el LIE y el LSE, límites inferior y superior de explosividad, respectivamente, pues porque si se encuentra por debajo del límite inferior de explosividad, la mezcla no es lo suficientemente densa como para provocar una explosión, mientras que si se halla por encima del límite superior es excesivamente rica y carece de oxígeno suficiente. **(Ver fig. 4.3)**



**Fig. 4.3 Diagrama de Inertización y control de niveles de oxígeno.**

Desde la pantalla **(PV-01)**, el operador debe pulsar el interruptor de inicio de inertización **(HS-002)** en ese momento el tablero de nitrógeno envía la señal de abrir las válvulas **XV-068** (válvula de alto flujo de N<sub>2</sub>), **XV-067** (válvula de bajo flujo de N<sub>2</sub>) y **XV-076** (válvula de laberinto) hacia la C-01 para inertizar el sistema.

Cuando la centrifuga alcanza la condición de O<sub>2</sub> menor del 8%, el sistema de control de Nitrógeno envía la señal de cerrar la válvula **XV-068**, la válvula **XV-076** debe permanecer abierta durante toda la operación de la centrifuga y la válvula **XV-067** se mantiene operando en base al % de O<sub>2</sub> indicado en los parámetros.

Los rotámetros **FI-166**, **FI-167** Y **FI-168** indican el flujo de nitrógeno hacia la centrifuga y en caso de existir un bajo flujo del nitrógeno por alguna razón externa o interna (por ejemplo falla en el suministro del cabezal) los interruptores de flujo **FSL-013**, **FSL-014**, Y **FSL-017** enviarán la señal de paro al PLC para el accionamiento de las alarmas **FAL-013**, **FAL-017** o **FAL-017**, y en su caso el paro total de la centrifuga.

El manómetro **PI-696** censa la presión en la línea de entrada del nitrógeno y la válvula **PCV-202** mantiene el flujo y la presión regulada en la entrada del tablero. El manómetro **PI-694** censa la presión dentro de la centrifuga, mientras que la válvula **PCV-201** mantiene regulado el flujo de nitrógeno hacia el engranaje de la centrifuga medido por el **FI-165**. (*Ver fig. 4.3*)

### Análisis de Oxígeno en la centrifuga:

El análisis de oxígeno se realiza mediante un tablero que incluye 2 sensores de oxígeno **(AE-008A)** y **(AE-008B)** y 2 transmisores **(AT-008A)** y **(AT-008B)**, a este tipo de sistema se le llama redundante, esto es debido a la importancia que tiene el análisis de O<sub>2</sub> en el equipo, si alguno de ellos falla o se descalibra el otro continuará funcionando hasta que sea corregido el problema, en dado caso que alguno presentara algún problema de medición se realiza una comparación entre las dos mediciones, la diferencia de %O<sub>2</sub> entre ellos no debe ser mayor a 3% por mas de 30 seg. Esto se logra mediante la configuración en el sistema de los siguientes instrumentos:

INSTRUMENTO		FUNCION
AE-008A	Sensor de Oxigeno A	Medición de nivel de O <sub>2</sub>
AT-008A	Transmisor de nivel de oxígeno A	Transmisión al PLC de nivel de O <sub>2</sub>
AE-008B	Sensor de Oxigeno B	Medición de nivel de O <sub>2</sub>
AT-008B	Transmisor de nivel de oxígeno B	Transmisión al PLC de nivel de O <sub>2</sub>
AI-008A	Indicador de nivel de oxígeno A	Indicación de nivel de O <sub>2</sub> en Sistema
AI-008B	Indicador de nivel de oxígeno B	Indicación de nivel de O <sub>2</sub> en Sistema
AIR-008	Registrador de niveles de oxígeno	Registro de niveles de O <sub>2</sub> (Histórico)
ASH-008A	Interruptor por alto nivel de oxígeno	Envío de señal de alarma por O <sub>2</sub> alto
AAH-008A	Alarma por alto nivel de oxígeno	Indicación visual de alto nivel de O <sub>2</sub>
ASHH-008A	Interruptor por muy alto nivel de oxígeno	Envío de señal de alarma por muy alto nivel de O <sub>2</sub> y paro de centrifuga.
AAHH-008A	Alarma por muy alto nivel de oxígeno	Indicación visual de muy alto nivel de O <sub>2</sub>
ASL-008A	Interruptor por bajo nivel de oxígeno	Envío de señal para reiniciar función de centrifuga por bajo nivel de O <sub>2</sub>
ADAH-008	Alarma por diferencia mayor al 3% entre medición A y B	Alarma por diferencia de lectura mayor a 3% de los analizadores de O <sub>2</sub>
ADSH-008S	Interruptor por diferencia mayor al 3% entre medición A y B	Interruptor de paro de emergencia por alta diferencia de niveles de O <sub>2</sub>

Los rotámetros **FI-169** y **FI-215** indican el flujo para el análisis de O<sub>2</sub>, en caso de falla de estos los interruptores de flujo **FSL-012** Y **FSL-016**, enviaran la señal a las alarmas **FAL-012** Y **FAL-016** para las acciones correctivas necesarias o el paro total del equipo. Las válvulas **PCV-203** y **PCV-204**, mantienen regulado el flujo de nitrógeno hacia el panel.

Como protección adicional en caso de sobrepresión en el equipo por nitrógeno se instala la válvula de seguridad **PSV-241**, esta válvula desfoga la presión excedente de acuerdo a un punto de ajuste calculado en su resorte para evitar alguna explosión por sobrepresión. (*Ver fig. 4.3*)

### 3. Estado 2: Llenado.

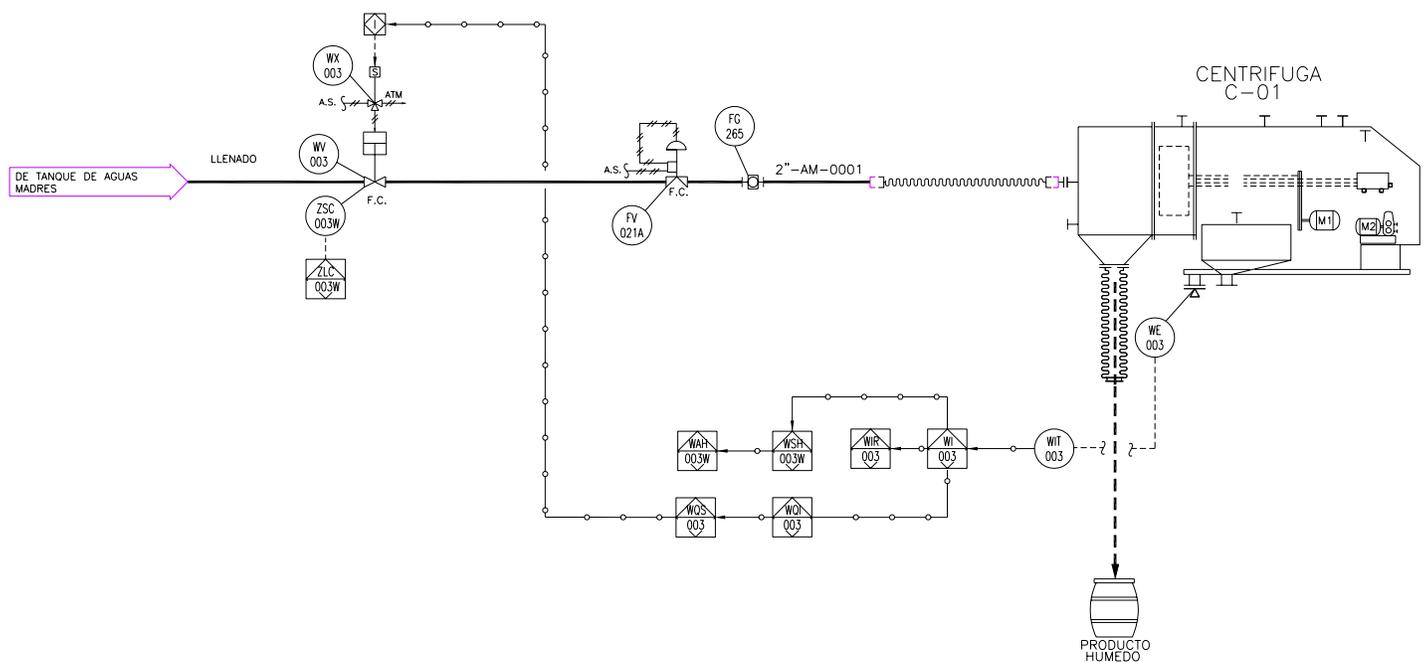
Para iniciar el arranque con la centrífuga ya inertizada se pulsa el botón del panel de control **HS-001** esto inicia con la operación de la centrífuga, en este momento los motores de la centrífuga arrancan en forma automática.

Las siguientes condiciones deben cumplirse para que la centrífuga inicie su operación:

- La tapa de la centrífuga C-01 debe estar cerrada.
- La canasta debe estar en posición "dentro".
- La velocidad de la canasta debe ser cero (r.p.m).
- La temperatura de los baleros debe estar por debajo de los 90 °C.
- Nivel de oxígeno  $\leq$  % O<sub>2</sub> (bajo nivel).
- Que no existan alarmas o permisivos activados.

Después de la verificación, la centrífuga inicia con el incremento de su velocidad hasta la indicada en la receta, realizando una tara automática cuando falten 25 r.p.m. para alcanzar la velocidad de llenado indicada en la receta, el sistema envía la señal de abrir a la válvula **FV-021A** y la válvula de llenado **WV-003** que debe permanecer abierta hasta alcanzar en la centrífuga el peso máximo de 35Kg. **WE/WIT-003**. Cuando es alcanzado el peso, la válvula de llenado **WV-003** debe cerrar y la centrífuga escurre los licores madres durante 60 seg. Si al concluir este tiempo y el peso no disminuyó de 35 Kg. se continúa con el siguiente paso.

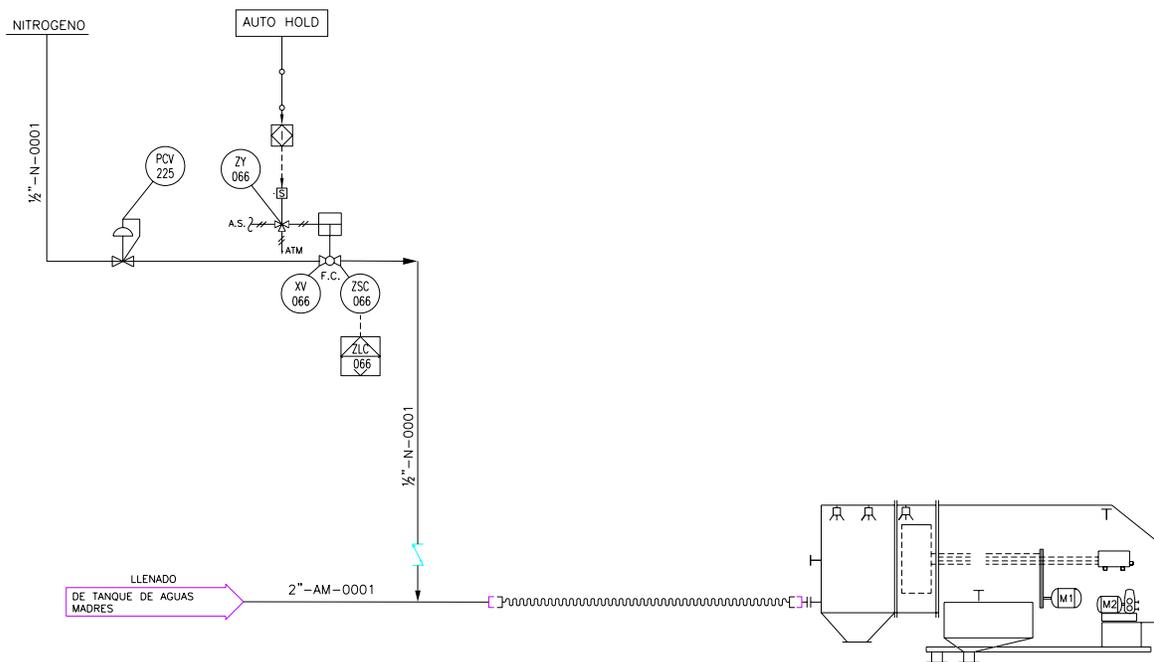
Si el peso disminuye por debajo del valor mínimo programado antes de concluido, el PLC debe enviar la señal de abrir la válvula de llenado **WV-03003** para volver a llenar hasta el peso programado, se repite el escurrido de los licores madres y se mantiene la condición de control hasta que el peso sea igual o mayor a 35 Kg. (**Ver fig. 4.4**)



**Fig. 4.4 Diagrama de llenado de canasta.**

#### Soplado en línea de llenado:

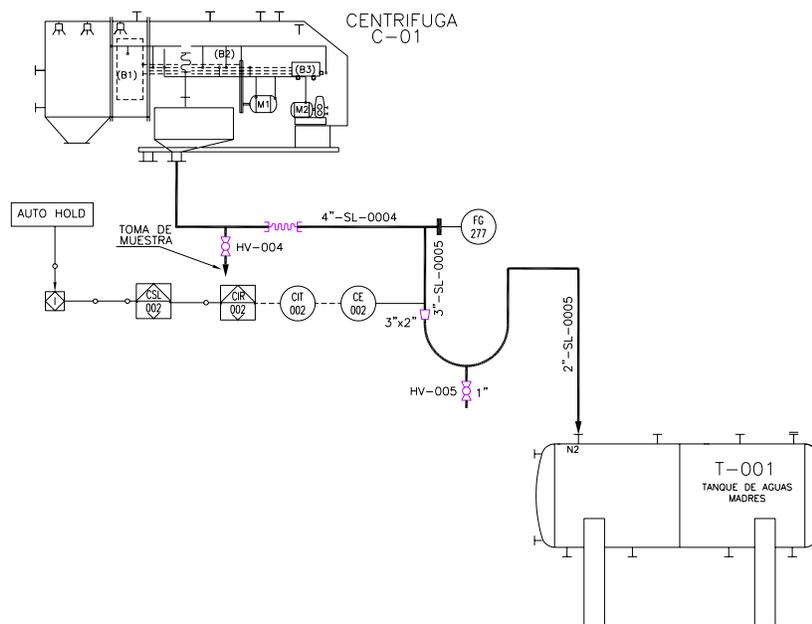
Al finalizar se abre la válvula **XV-066** durante 60 seg. mediante la señal del PLC a la válvula solenoide **ZY-066**, el interruptor de posición **ZSC-066** indicará al sistema que se ha cerrado la válvula en ese lapso de tiempo mediante la indicación del **ZLC-066**. Esto con el fin de hacer un soplado con nitrógeno e inertizar la línea de llenado. (**Ver fig. 4.5**)



**Fig. 4.5 Soplado de línea de llenado.**

#### 4. Estado 3: Ecurrido 1

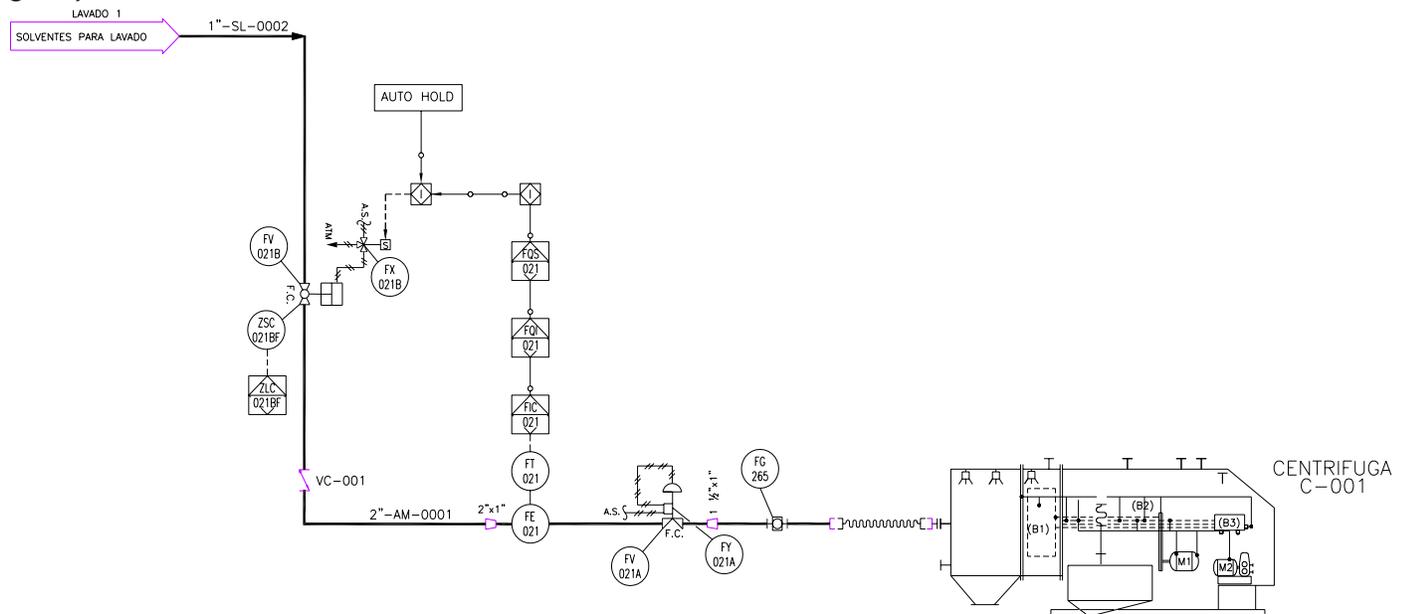
El escurrido 1 inicia al término de la secuencia de llenado, la centrífuga aumenta su velocidad hasta alcanzar la velocidad de 1650 r.p.m. y por el tiempo establecido en el programa (aprox. 5 min.) el líquido contenido en el producto es separado y enviado momentáneamente al depósito interno de la centrífuga, posteriormente reduce su velocidad hasta llegar a 0 r.p.m. y el licor es descargado en el tanque de aguas madres T-001. El escurrido 1 se visualiza mediante la mirilla de flujo FG-27. (Ver fig. 4.6)



**Fig. 4.6 Ecurrido 1 a tanque de aguas madres.**

## 5. Estado 4: Lavado 1

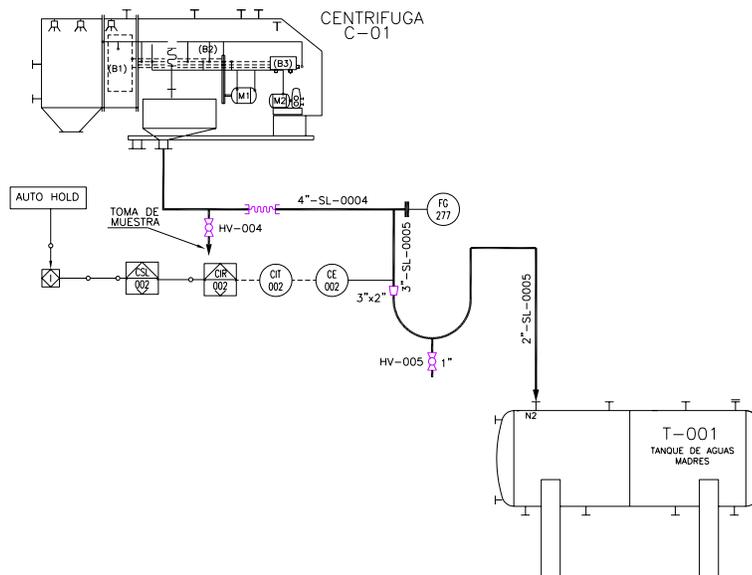
El lavado 1 inicia después de escurrir todos los licores sobrantes al tanque de aguas madres, este proceso inicia con la aplicación de solvente en la canasta de la centrifuga en la misma tubería de llenado mediante la apertura de la válvula **FV-021B** mediante la señal del PLC a la válvula solenoide **FX-021B**, el interruptor de posición **ZSC-021BF** indicará al sistema que se ha cerrado la válvula hasta que el totalizador de flujo **FQI-021** haya contabilizado el volumen programado para el lavado 1 mediante la indicación del **ZLC-066**, al pasar el solvente por la tubería elimina residuos dejados por el paso de las aguas madres en el llenado. Al término de completar el volumen de lavado la centrifuga inicia el aumento de velocidad hasta alcanzar las 1650 r.p.m. (Ver **fig. 4.7**)



**Fig. 4.7 Lavado 1 de producto.**

## 6. Estado 5: Escurrido 2

El escurrido 2 inicia al término de la secuencia de lavado 1, la centrifuga mantiene su velocidad de 1650 r.p.m. y por el tiempo establecido en el programa (aprox. 5 min.) el líquido contenido en el producto es separado y enviado momentáneamente al depósito interno de la centrifuga, posteriormente reduce su velocidad hasta llegar a 0 r.p.m. y el licor es descargado en el tanque de aguas madres **T-001**. El escurrido 1 se visualiza mediante la mirilla de flujo **FG-27**. (Ver **fig. 4.8**)



**Fig. 4.8 Escurrido 2 a tanque de aguas madres.**

## 7. Estado 6: Lavado 2

El lavado 2 inicia después de la etapa de escurrido 2, inicia con la aplicación de solvente en la canasta de la centrífuga mediante la apertura de la válvula **FV-021C** con la señal del PLC a la válvula solenoide **FX-021C**, el interruptor de posición **ZSC-021CF** indicará al sistema que se ha cerrado la válvula hasta que el totalizador de flujo **FQI-021** haya contabilizado el volumen programado para el lavado 2 mediante la indicación del **ZLC-066**. Al término de completar el volumen de lavado la centrífuga inicia el aumento de velocidad hasta alcanzar las 1650 r.p.m. A diferencia del lavado 1 éste está gobernado por la señal de análisis de conductividad del **CIT-002** y del interruptor **CSL-002**, si el solvente de lavado 2 presenta demasiada continuidad entonces el sistema realizará de nuevo el lavado 2 hasta que los niveles de conductividad estén por debajo del permitido. (Ver fig. 4.9)

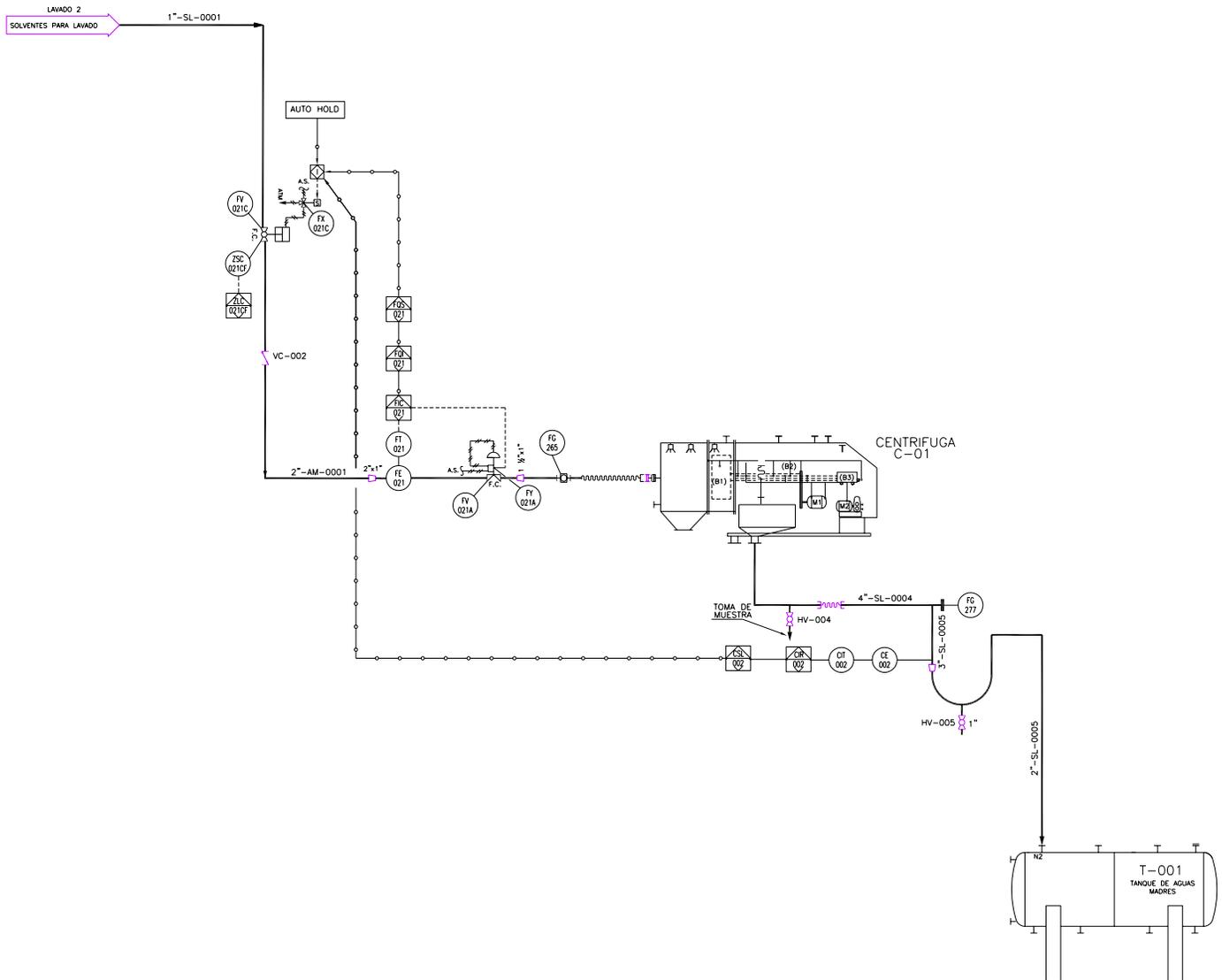
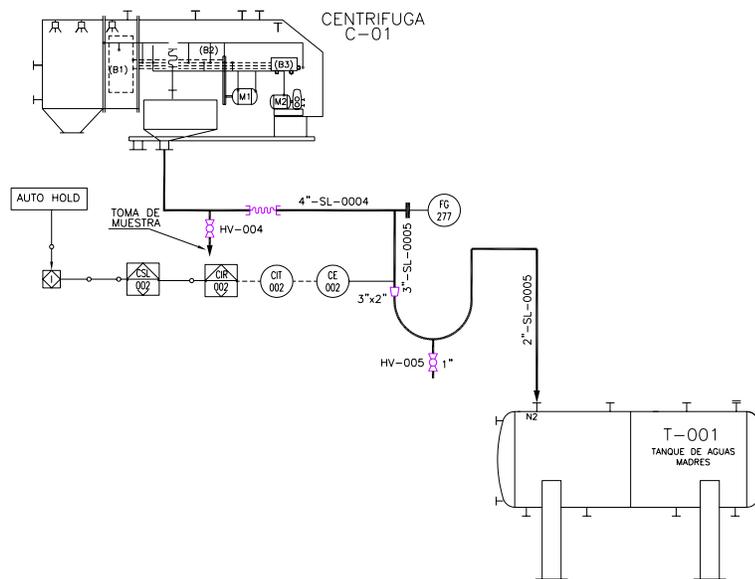


Fig. 4.9 Lavado 2 de producto.

## 8. Estado 7: Ecurrido 3

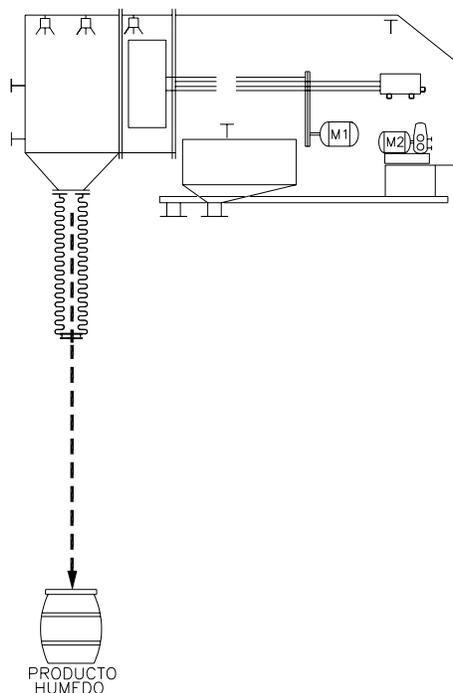
El escurrido 2 inicia al término de la secuencia de lavado 2, la centrífuga mantiene su velocidad de 1650 r.p.m. y por el tiempo establecido en el programa (aprox. 5 min.) el líquido contenido en el producto es separado y enviado momentáneamente al depósito interno de la centrífuga, posteriormente reduce su velocidad hasta llegar a 0 r.p.m. y el licor es descargado en el tanque de aguas madres **T-001**. El escurrido 1 se visualiza mediante la mirilla de flujo **FG-27**. (Ver fig. 4.10)



**Fig. 4.10 Ecurrido 3 a tanque de aguas madres.**

## 9. Estado 8: Descarga

Al terminar la secuencia de escurrido 3, el PLC registra el peso de la canasta y envía la señal de abrirla, en este punto la centrífuga inicia la descarga de producto húmedo a los cuñetes. (Ver fig. 4.11)



**Fig. 4.11 Descarga de producto final.**

## 10. Estado 9: Descarga de Aguas Madres

El tanque **T-001** cuenta con interruptores de nivel, el LSL-03014, LSH-03014 y el LSHH-03014.

El nivel del tanque se controla de acuerdo a las siguientes acciones:

Si el interruptor de alto nivel **LSH-014** se activa, el PLC envía la señal de abrir la válvula **XV-070** (válvula de suministro de aire) para que la bomba neumática **P-001** inicie su operación.

Si el interruptor de bajo nivel **LSL-014** se activa, el PLC envía la señal de cerrar la válvula **XV-070** (válvula de suministro de aire) para que la bomba neumática P-001 detenga su operación.

Si el interruptor de alto-alto nivel **LSHH-014** se activa, el PLC entra en función la condición "AUTO-HOLD", el PLC envía la señal de abrir la válvula XV-070 (válvula de suministro de aire) para que la bomba neumática **P-001** inicien su operación, cuando el interruptor alcanza la posición del interruptor de bajo nivel LSL-014, el PLC envía la señal de cerrar la válvula XV-070 (válvula de suministro de aire) para que la bomba neumática P-001 detenga su operación. (Ver fig. 4.12)

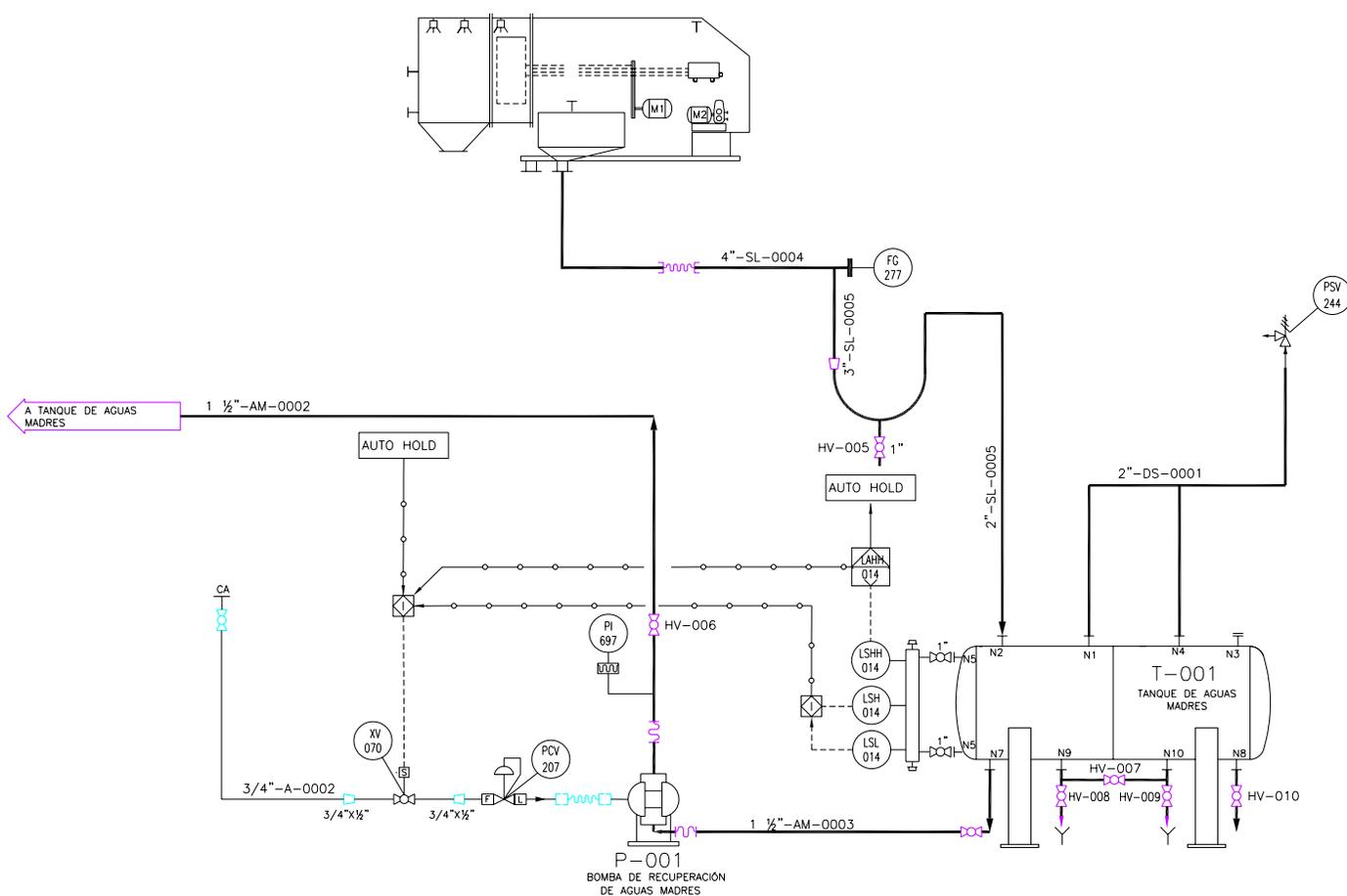


Fig. 4.12 Descarga aguas madres.

## IV.1.2 Condiciones de Seguridad.

Los interlocks (candados internos) y permisivos de seguridad son para asegurar que la operación de la centrífuga sea segura para el personal, equipo y para el proceso. Existen dos niveles de interlocks de seguridad: críticos (por hardware paralelo al software) que activan el paro de emergencia y de operación o equipo (por software) que activan el paro de emergencia operativo.

### a) Paro de Emergencia:

Las siguientes condiciones activan el paro de emergencia y la acción del PLC será cerrar todas las válvulas del proceso y reducir la velocidad de la centrífuga a 0 r.p.m.

- Alta velocidad centrífuga: la centrífuga entrará en paro de emergencia cuando la velocidad de la centrífuga exceda las 1980 r.p.m.
- Canasta abierta: la centrífuga activa el paro de emergencia si la canasta se abre cuando la velocidad de la centrífuga es mayor que 650 r.p.m.
- Paro emergencia manual: cuando el operador lo crea conveniente y active **HSE-008** o en caso de alguna emergencia externa activada por el personal de operación

### b) Emergencia Operativa.

Las siguientes condiciones activan la Emergencia Operativa y la acción del PLC será cerrar todas las válvulas del proceso y reducir la velocidad de la centrífuga a 0 r.p.m.

- Sobre-velocidad de la flecha: esta falla ocurre si la velocidad excede el valor límite configurado por software (1940 r.p.m.)
- Límite de tara excedido: esta falla ocurre si el límite de la tara de 35 Kg. es excedido. Es decir, el peso medido en la centrífuga es mayor que 35 Kg. del peso de la calibración absoluta. La falla puede ocurrir sólo antes de llenar o abrir por primera vez la válvula de lavados.
- Diferencia de velocidad: esta falla ocurre si la velocidad no se encuentra dentro de 10% del set-point por más de 60 segundos, el PLC disminuirá la velocidad al valor mínimo. Si la centrífuga está en la mínima velocidad, y se presenta la falla en el de rango de velocidad, se activará el paro de emergencia.
- Tapa de sección de sólidos abierta: esta falla ocurre cuando la tapa de la canasta no cierra totalmente o no esta abierta totalmente a 0 r.p.m. Si se presenta la falla a una velocidad detectada por encima de 0 r.p.m, el paro de emergencia ocurre.
- Tapa sección de filtrado abierta: esta falla ocurre cuando la tapa de la canasta no cierra totalmente o no esta abierta totalmente a 0 r.p.m.
- Sobrecalentamiento del Motor Principal: esta falla ocurre cuando la temperatura del motor principal se eleva lo suficiente para causar que la protección térmica abra y pare al motor **TSH-004**.
- Canasta abierta por encima de la velocidad máxima de seguridad: esta falla ocurre cuando la canasta no está cerrada y la velocidad rotacional de la máquina excede las 625 r.p.m.
- Seguro activado en la flecha: esta falla ocurre cuando la tapa de la canasta no cierra totalmente o no esta abierta totalmente a 0 r.p.m, se presenta si el seguro de la flecha está activado cuando la velocidad de la canasta es mayor que 0 r.p.m.
- Seguro desactivado en la flecha: esta falla ocurre si la canasta es abierta y el seguro de la flecha no está presente dentro de 2 segundos después de la solicitud de apertura de la canasta.

- Sobrecalentamiento del Motor Axial: esta falla ocurre cuando la temperatura de motor axial se eleva lo suficiente para causar que la protección térmica active el **TSH-005** y pare al motor.
- Posiciones de falla en la inserción de la Canasta: si los interruptores de proximidad sobre la flecha axial no detectan que la posición de la canasta corresponde a la instrucción del PLC, **YSC-022 YSC-023, YSC-024, YSO-022, YSO-023**. Las fallas en las posiciones de la canasta ocurren cuando la posición y/o el cronometrado del movimiento de inserción axial de la canasta excede límites de tiempo, o las indicaciones de los interruptores de proximidad son mecánicamente imposibles (normalmente indicando una falla en el interruptor).
- Falla por vibración **VT-027**: esta falla ocurre si la vibración de la centrífuga alcanza el set point del límite 1 (17.5 mm/s).

### c) Fallas Operativas:

Las fallas operativas son condiciones que requieren la intervención del operador y no están relacionadas con la seguridad, estas fallas están divididas en: Fallas de AUTO-HOLD y Fallas de AUTO-STOP

- **AUTO-HOLD**

Las siguientes condiciones activan el estado de AUTO-HOLD en La centrífuga C-01 y la acción del PLC será mantener la centrífuga en espera en las condiciones que estaba al presentarse la condición de AUTO-HOLD, cerrando o abriendo las válvulas del proceso para tener condiciones seguras y detiene todos los temporizadores y contadores que estén activos (no los restablece); manteniéndola en esta estado hasta que la condición de falla sea corregida y el operador remueva el AUTO-HOLD:

- AUTO-HOLD manual: el operador podría activar desde la interfase de operación en cualquier momento la Instrucción de auto AUTO-HOLD
- Alto-Alto nivel de Oxígeno **ASHH-008A**: esta falla ocurre si el nivel de oxígeno en el interior de centrífuga excede el 8%
- Falla de flujo en la toma de muestra de oxígeno **FSL-012**. esta falla ocurre si hay bajo flujo detectado por el primer sensor de flujo del tablero de oxígeno.
- Falla de flujo en la toma de muestra de oxígeno **FSL-016**. esta falla ocurre si hay bajo flujo detectado por el segundo sensor de flujo del tablero de oxígeno.
- Falla por discrepancia en los sensores de oxígeno: esta falla ocurre cuando se detecta diferencia entre las lecturas de los dos sensores de oxígeno mayor al 3% por un tiempo mayor a 30 segundos.
- Falla en escurrido de lavados: esta falla ocurre cuando el peso excede el set-point definido en la receta para los lavados o cuando expira el tiempo definido en la receta para los para los lavados.
- Falla en volumen de lavado: esta falla ocurre cuando es seleccionado lavado por volumen y el volumen no excede el set-point definido en la receta para los lavados o cuando expira el tiempo definido en la receta para los lavados
- Falla por conductividad de lavados: esta falla ocurre cuando se esta lavando por conductividad y el volumen excede el set-point de volumen o expira el tiempo definido en la receta para los lavados y no ha sido alcanzado el valor de conductividad
- Alto-Alto nivel en tanque **T-001** esta falla ocurre cuando es alcanzado el interruptor de alto-alto nivel LSHH-014.
- Falla en Válvulas de proceso: esta falla ocurre cuando alguna de la siguientes válvulas de proceso no se encuentra en la posición que esta indicada por el PLC:

Falla válvula de producto (**ZSC-003W**)  
Falla válvula de lavado 1 (**ZSC-021AF**)

Falla válvula de lavado 2 (**ZSC-021BF**)  
 Falla válvula de soplado (**ZSC-066**)

- **AUTO-STOP**

Las siguientes condiciones activan el estado de AUTO-STOP en La centrifuga C-01 y la acción del PLC será terminar el proceso hasta su descarga y después parar la centrifuga totalmente. El operador podrá abortar el estado de AUTO-STOP en el cualquier momento antes de ciclo de descarga si la condición que lo origino ha sido corregida previamente:

- AUTO-STOP Manual: el operador podría activar desde la interfase de operación en cualquier momento la Instrucción de AUTO-STOP:
- Alta temperatura de rodamientos **TSH-048**, **TSH-049** y **TSH-050**: esta falla ocurre si la temperatura en cualquiera de los tres rodamientos excede 90°C. (esta falla no puede ser restablecida a menos que la temperatura haya bajado de 90°C y que la centrifuga esta a 0 r.p.m.).
- Falla de alimentación de producto esta falla ocurre cuando expira el tiempo de llenado definido en la receta. Esta falla ocurre comúnmente cuando se termino el producto para la carga de la centrifuga o se bloqueo la línea de carga.
- Falla de bajo flujo de nitrógeno. esta falla ocurre cuando se energiza el solenoide de inyección de bajo volumen de nitrógeno y no se activa no es detectado flujo en 5 segundos por el **FSL-014**.
- Falla de bajo flujo en laberinto. Esta falla ocurre cuando se energiza el solenoide de inyección de nitrógeno al laberinto y no es detectado en 5 segundos flujo en el laberinto por el **FSL-013**.
- Paro sistema de extracción: esta falla ocurre cuando se para el sistema de extracción de aire **E-001** a la cabina de la centrifuga C-01

#### d) Fallas y Avisos

Las siguientes fallas y avisos que son auto-corregidas o que pueden ser corregidas por el operador:

- Alta vibración sobrecalentamiento del Motor Principal: esta falla ocurre cuando la vibración en la centrifuga excede 17.5 mm/s. Durante 3 segundos la velocidad de motor principal comienza a bajar. Si la centrifuga esta en modo automático cambia a Auto-hold previa disminución de la velocidad. Cuando la vibración es menor a 8.75 mm/s. La disminución de velocidad se detiene y la velocidad se mantiene. Esta falla de velocidad es deshabilitada durante el paso de descarga.
- Canasta no vacía: este aviso ocurre sí: Se abrió alguna válvula de proceso (de producto, de lavado o de soplado), la velocidad de la canasta es 0 r.p.m. y se da la instrucción de arranque del motor principal sin hacer antes una descarga este aviso previene el arranque del motor principal de la centrifuga de modo Manual o automático con producto en la canasta.
- Contador de descarga en Cero: este aviso ocurre cuando valor en el contador de descargas es igual a cero.

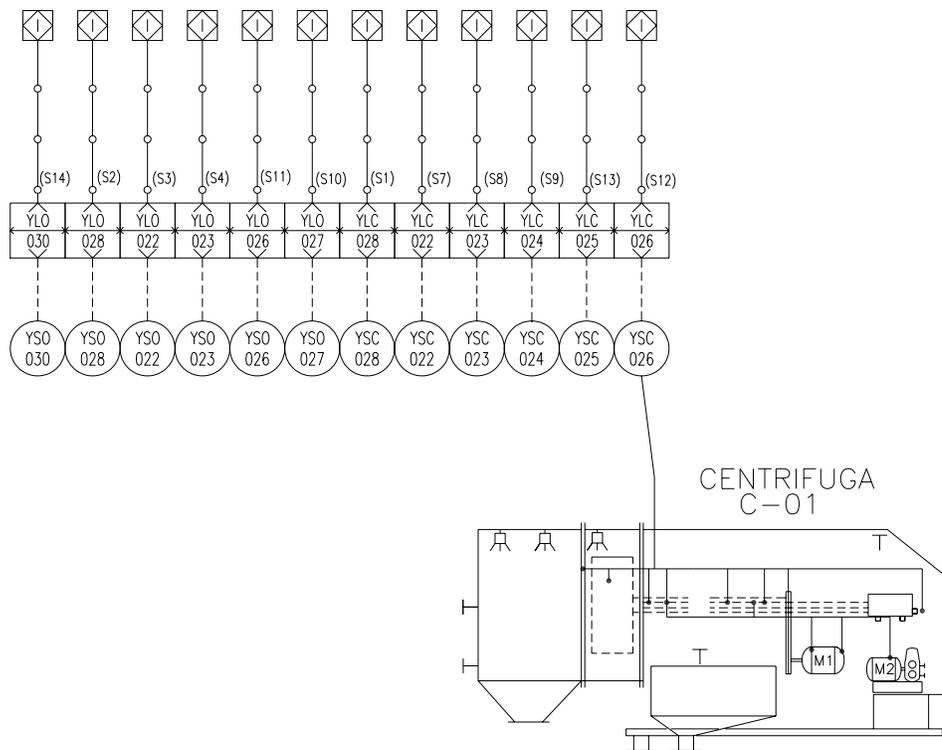
#### e) Control del contenido de oxígeno

Si el límite de alto contenido de oxígeno es alcanzado, las válvulas de alto flujo de inyección de nitrógeno se deberán abrir hasta alcanzar un set-point dentro del rango de 2% al 8%. Una vez alcanzado el set-point la válvula **XV-068** (válvula de alto flujo de nitrógeno) deberá cerrar y sólo deberá permanecer operando la **XV-067** (válvula de bajo flujo de nitrógeno)

## f) Cambio de modo automático a modo manual

La centrífuga C-01 cambia de modo AUTOMÁTICO a modo MANUAL cuando ocurre lo siguiente:

- El límite de vibración es excedido (35 % de su rango).
- Cuando los límites de velocidad del set-point de la centrífuga C-01 varían  $\pm 50$  r.p.m. de la señal enviada por el PLC
- Cuando terminó un Auto-Stop, Si se interrumpe el Auto Stop una vez corregida la falla en la centrífuga C-01 el operador deberá terminar el ciclo en modo Manual.



PERMISIVO	DESCRIPCION
YSC-022	COMPARTIMIENTO CERRADO 1 (S7)
YLC-022	COMPARTIMIENTO CERRADO 1 (S7)
YSO-022	COMPARTIMIENTO ABIERTO 1(S3)
YLO-022	COMPARTIMIENTO ABIERTO 1(S3)
YSC-023	COMPARTIMIENTO CERRADO 2 (S8)
YLC-023	COMPARTIMIENTO CERRADO 2 (S8)
YSO-023	COMPARTIMIENTO ABIERTO 2 (S4)
YLO-023	COMPARTIMIENTO ABIERTO 2 (S4)
YSC-024	COMPARTIMIENTO CERRADO 3 (S9)
YLC-024	COMPARTIMIENTO CERRADO 3 (S9)
YSC-025	COMPARTIMIENTO CERRADO 4 (S13)
YLC-025	COMPARTIMIENTO CERRADO 4 (S13)
YSC-026	COMPARTIMIENTO CERRADO (S12)

**Fig. 4.13 Permisivos y condiciones de seguridad.**

### IV.1.3 Consideraciones de diseño.

Las consideraciones de diseño se establecen de acuerdo al tipo de proyecto y a las características propias del proceso que se lleva a cabo, en ellos se definen los estándares para aplicarlos en todo el diseño, en este caso como se trata de un producto de uso farmacéutico se deben contemplar los siguientes puntos:

#### a) Materiales.

##### **Centrífuga:**

Internos: acero inoxidable.

Externos: acero inoxidable.

##### **Tubería:**

Acero Inoxidable.

Conexión a la centrífuga: mangueras flexibles para evitar daños a tuberías por vibración de la centrífuga.

##### **Instrumentos:**

Internos: acero inoxidable.

Externos: acero inoxidable.

#### b) Condiciones del lugar

##### **Esclusa.**

Temperatura: máxima 22°C

Humedad: máxima 45%

##### **Externas.**

Temperatura: máxima 30°C

Humedad: máxima 60%

#### c) Suministro de Voltaje:

A tablero del PLC: 120 VCA.

A motores principal y axial: 240 VCA

A instrumentos: 24 Vcd.

#### d) Elementos de Interconexión.

1. Para el cableado de los instrumentos hacia el tablero de control del PLC se utilizan cajas unión (JB: Junction Boxes) Las señales analógicas y digitales y de suministro de voltaje deben separarse en diferentes cajas unión para evitar inducción de ruido y así disparos falsos o malas mediciones.

2. Dentro de la caja unión y del tablero del PLC se usan clemas de interconexión sencillas de un nivel.

3. Se utilizan barreras de seguridad intrínseca dentro del tablero de control para evitar arcos en campo que puedan dar origen a una explosión en caso de presentarse una atmósfera explosiva en la esclusa.

4. Para las salidas digitales se usan relevadores para proporcionar la corriente adecuada a las válvulas o elementos que lo requieran sin dañar el canal o la tarjeta del PLC.

5. Para protección de tarjetas, instrumentos, fuentes de alimentación o cualquier elemento se utilizan interruptores termomagnéticos de diferentes capacidades de acuerdo a la carga o grado de protección.

#### e) Tablero de control.

El tablero de control contiene todos los elementos de interconexión y de protección, además del rack del PLC con las tarjetas de entradas y salidas.

## IV.2 DESARROLLO DE LAZOS DE CONTROL.

### IV.2.1 Documentos para elaboración de lazos de control.

Para el desarrollo de los lazos de control se usan documentos que son generados por otras disciplinas e incluso por el mismo departamento de Instrumentación y control, estos documentos deben ser los ya aprobados para construcción.

Estos documentos se describen y presentan a continuación:

#### IV.2.1.1 Diagrama de tubería e Instrumentación.

El diagrama de tubería e instrumentación es la base de todo proyecto para el desarrollo de la ingeniería de detalle y la construcción, como se menciona en puntos anteriores, es importante contar con este documento para el inicio de la generación de los documentos necesarios para este proyecto. A continuación se presenta la nomenclatura utilizada en el DTI del proceso de centrifugado.

#### Listado de servicios para líneas:

AM	Aguas Madres
SL	Solventes de lavado
N	Nitrógeno
A	Aire
DS	Desfogue

#### Nomenclatura:

FC	A falla cierra
FO	A falla abre
Auto-hold	En espera
ATM	Atmósfera
VC	Válvula check
B1	Zona B1
B2	Zona B2
B3	Zona B3
C	Centrifuga
T	Tanque
TL	Tablero local
PV	Panel de operador (panel view)
P	Bomba
UMA	Unidad Manejadora de aire
E	Extractor
F	Filtro de aire

#### Instrumentos:

La nomenclatura de los instrumentos esta de acuerdo a la norma **ANSI-ISA S5.1 (Ver tabla 3.1)**



### IV.2.1.2 Índice de instrumentos.

El índice de instrumentos para la centrifuga se presenta a continuación con todos los instrumentos que se encuentran involucrados dentro del proceso.

INDICE DE INSTRUMENTOS							
EQUIPO: <b>CENTRIFUGA C-01</b>			DIAGRAMA: <b>DTI-C01-001</b>				
No.	TAG	SERVICIO	TIPO DE INSTRUMENTO	SEÑAL	LINEA EQUIPO	LOC	NOTAS
1	AE-008A	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	SENSOR DE OXIGENO	-	TL-C01-02	TL	
2	AT-008A	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	ANALIZADOR DE OXIGENO	AI	TL-C01-02	TL	
3	AE-008B	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	SENSOR DE OXIGENO	-	TL-C01-02	TL	
4	AT-008B	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	ANALIZADOR DE OXIGENO	AI	TL-C01-02	TL	
5	AI-008A	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	INDICADOR DE ANALISIS O2	-	TL-C01-02	PLC	
6	AI-008B	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	INDICADOR DE ANALISIS O2	-	TL-C01-02	PLC	
7	AIR-008	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	REGISTRADOR DE ANALISIS O2	-	TL-C01-02	PLC	
8	ASH-008A	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	INTERRUPTOR DE ALTO NIVEL DE O2	-	TL-C01-02	PLC	
9	AAH-008A	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	ALARMA DE ALTO NIVEL DE O2	-	TL-C01-02	PLC	
10	ASHH-008A	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	INTERRUPTOR POR MUY ALTO NIVEL DE O2	-	TL-C01-02	PLC	
11	AAHH-008A	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	ALARMA POR MUY ALTO NIVEL DE O2	-	TL-C01-02	PLC	
12	ASL-008A	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	INTERRUPTOR POR BAJO NIVEL DE O2	-	TL-C01-02	PLC	
13	ADAH-008	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	ALARMA DIFERENCIA EN NIVEL DE O2	-	TL-C01-02	PLC	
14	ADSH-008S	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	INTERRUPTOR DIFERENCIAL EN NIVEL DE O2	-	TL-C01-02	PLC	
15	FSL-012	TABLERO DE ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02 BAJO FLUJO DE TOMA DE O2	INTERRUPTOR POR BAJO FLUJO	DI	TL-C01-02	TL	
16	FAL-012	TABLERO DE ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02 BAJO FLUJO DE TOMA DE O2	ALARMA POR BAJO FLUJO	-	TL-C01-02	PLC	
17	FSL-016	TABLERO DE ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02 BAJO FLUJO DE TOMA DE O2	INTERRUPTOR POR BAJO FLUJO	DI	TL-C01-02	TL	
18	FAL-016	TABLERO DE ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02 BAJO FLUJO DE TOMA DE O2	ALARMA POR BAJO FLUJO	-	TL-C01-02	PLC	
19	FI-160	TABLERO DE ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	ROTAMETRO	-	TL-C01-02	TL	
20	FI-215	TABLERO DE ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	ROTAMETRO	-	TL-C01-02	TL	
21	PCV-203	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	VALVULA REGULADORA DE PRESION	-	TL-C01-02	TL	
22	PCV-204	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	VALVULA REGULADORA DE PRESION	-	TL-C01-02	TL	
23	CE-002	DESCARGA DE AGUAS MADRES DE C-01	ANALIZADOR DE CONDUCTIVIDAD	-	3'-SL-0005	C	
24	CIT-002	DESCARGA DE AGUAS MADRES DE C-01	TRANSMISOR DE CONDUCTIVIDAD	AI	3'-SL-0005	C	
25	CIR-002	DESCARGA DE AGUAS MADRES DE C-01	REGISTRADOR INDICADOR DE CONDUCTIVIDAD	-	-	PLC	
26	CSL-002	DESCARGA DE AGUAS MADRES DE C-01	INTERRUPTOR POR BAJA CONDUCTIVIDAD	-	-	PLC	
27	FE-021	SUMINISTRO DE AGUAS MADRES Y LAVADOS A C-01	MEDIDOR DE FLUJO MAGNETICO	-	2'-AM-0001	C	
28	FT-021	SUMINISTRO DE AGUAS MADRES Y LAVADOS A C-01	TRANSMISOR DE FLUJO MAGNETICO	AI	2'-AM-0001	C	
29	FIC-021	SUMINISTRO DE AGUAS MADRES Y LAVADOS A C-01	CONTROLADOR INDICADOR DE FLUJO	-	-	PLC	
30	FV-021A	SUMINISTRO DE AGUAS MADRES Y LAVADOS A C-01	VALVULA DE CONTROL	-	2'-AM-0001	C	
31	FY-021A	SUMINISTRO DE AGUAS MADRES Y LAVADOS A C-01	ACTUADOR DE VALVULA	AO	2'-AM-0001	C	
32	FQI-021	SUMINISTRO DE AGUAS MADRES Y LAVADOS A C-01	TOTALIZADOR DE FLUJO	-	-	PLC	
33	FQS-021	SUMINISTRO DE AGUAS MADRES Y LAVADOS A C-01	INTERRUPTOR TOTALIZADOR DE FLUJO	-	-	PLC	
34	FV-021B	SUMINISTRO DE SOLVENTE 1 A C-01 (LAVADO 1)	VALVULA ON-OFF	-	1'-SL-0002	C	
35	FX-021B	SUMINISTRO DE SOLVENTE 1 A C-01 (LAVADO 1)	VALVULA SOLENOIDE	DO	1'-SL-0002	C	
36	ZSC-021BF	SUMINISTRO DE SOLVENTE 1 A C-01 (LAVADO 1)	INTERRUPTOR DE POSICION	DI	1'-SL-0002	C	
37	ZLC-021BF	SUMINISTRO DE SOLVENTE 1 A C-01 (LAVADO 1)	CONFIRMACION DE VALVULA CERRADA	-	-	PLC	
38	FV-021C	SUMINISTRO DE SOLVENTE 2 A C-01 (LAVADO 2)	VALVULA ON-OFF	-	1'-SL-0001	C	
39	FX-021C	SUMINISTRO DE SOLVENTE 2 A C-01 (LAVADO 2)	VALVULA SOLENOIDE	DO	1'-SL-0001	C	
40	ZSC-021CF	SUMINISTRO DE SOLVENTE 2 A C-01 (LAVADO 2)	INTERRUPTOR DE POSICION	DI	1'-SL-0001	C	
41	ZLC-021CF	SUMINISTRO DE SOLVENTE 2 A C-01 (LAVADO 2)	CONFIRMACION DE VALVULA CERRADA	-	-	PLC	
42	FG-265	SUMINISTRO DE SUSPENSION A C-01	MIRILLA DE FLUJO	-	2'-AM-0001	C	
43	FSL-013	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (LABERINTO) TL-C01-01	INTERRUPTOR DE BAJO FLUJO	DI	TL-C01-01	TL	
44	FAL-013	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (LABERINTO) TL-C01-01	ALARMA POR BAJO FLUJO	-	TL-C01-01	PLC	
45	FSL-014	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (BAJO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	INTERRUPTOR DE BAJO FLUJO	DI	TL-C01-01	TL	

INDICE DE INSTRUMENTOS							
EQUIPO: CENTRIFUGA C-01			DIAGRAMA: DTI-C01-001				
No.	TAG	SERVICIO	TIPO DE INSTRUMENTO	SEÑAL	LINEA EQUIPO	LOC	NOTAS
46	FAL-014	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (BAJO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	ALARMA POR BAJO FLUJO	-	TL-C01-01	PLC	
47	FSL-017	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (ALTO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	INTERRUPTOR DE BAJO FLUJO	DI	TL-C01-01	TL	
48	FAL-017	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (ALTO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	ALARMA POR BAJO FLUJO	-	TL-C01-01	PLC	
49	XV-067	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (BAJO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	VALVULA SOLENOIDE	DO	TL-C01-01	TL	
50	XV-068	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (ALTO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	VALVULA SOLENOIDE	DO	TL-C01-01	TL	
51	XV-076	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (LABERINTO) TL-C01-01	VALVULA SOLENOIDE	DO	TL-C01-01	TL	
52	FI-166	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (LABERINTO) TL-C01-01	ROTAMETRO	-	TL-C01-01	TL	
53	FI-167	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (BAJO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	ROTAMETRO	-	TL-C01-01	TL	
54	FI-168	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (ALTO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	ROTAMETRO	-	TL-C01-01	TL	
55	FI-165	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (CAJA DE COJINETES) TL-C01-01	ROTAMETRO	-	TL-C01-01	TL	
56	PCV-201	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (CAJA DE COJINETES) TL-C01-01	VALVULA REGULADORA DE PRESION	-	TL-C01-01	TL	
57	PCV-202	ENTRADA DE N2 A TABLERO TL-C01-01	VALVULA REGULADORA DE PRESION	-	TL-C01-01	TL	
58	PI-694	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (CAJA DE COJINETES) TL-C01-01	MANOMETRO	-	TL-C01-01	TL	
59	PI-696	ENTRADA DE N2 A TABLERO TL-C01-01	MANOMETRO	-	TL-C01-01	TL	
60	WE-003	SISTEMA DE PASAJE DE PRODUCTO SOLIDO DE CENTRIFUGA C-01	CELDA DE CARGA	-	C-01	C	
61	WIT-003	SISTEMA DE PASAJE DE PRODUCTO SOLIDO DE CENTRIFUGA C-01	TRANSMISOR DE PESO	AI	C-01	C	
62	WI-003	SISTEMA DE PASAJE DE PRODUCTO SOLIDO DE CENTRIFUGA C-01	INDICADOR DE PESO	-	C-01	PLC	
63	WIR-003	SISTEMA DE PASAJE DE PRODUCTO SOLIDO DE CENTRIFUGA C-01	REGISTRADOR DE PESO	-	C-01	PLC	
64	WSH-003W	SISTEMA DE PASAJE DE PRODUCTO SOLIDO DE CENTRIFUGA C-01	INTERRUPTOR POR PESO ALTO	-	C-01	PLC	
65	WAH-003W	SISTEMA DE PASAJE DE PRODUCTO SOLIDO DE CENTRIFUGA C-01	ALARMA POR PESO ALTO	-	C-01	PLC	
66	WQI-003	SISTEMA DE PASAJE DE PRODUCTO SOLIDO DE CENTRIFUGA C-01	TOTALIZADOR DE PESO	-	C-01	PLC	
67	WQS-003	SISTEMA DE PASAJE DE PRODUCTO SOLIDO DE CENTRIFUGA C-01	INTERRUPTOR TOTALIZADOR DE PESO	-	C-01	PLC	
68	WV-003	SUMINISTRO DE SUSPENSION A CENTRIFUGA C-01 ETAPA DE LLENADO	VALVULA ON-OFF	-	2"-AM-001	C	
69	WX-003	SUMINISTRO DE SUSPENSION A CENTRIFUGA C-01 ETAPA DE LLENADO	VALVULA SOLENOIDE	DO	2"-AM-001	C	
70	ZSC-003W	SUMINISTRO DE SUSPENSION A CENTRIFUGA C-01 ETAPA DE LLENADO	INTERRUPTOR DE POSICION	DI	2"-AM-001	C	
71	ZLC-003W	SUMINISTRO DE SUSPENSION A CENTRIFUGA C-01 ETAPA DE LLENADO	CONFIRMACION DE VALVULA CERRADA	-	-	PLC	
72	VE-027	VIBRACION EN CENTRIFUGA C-01	SENSOR DE VIBRACION	-	C-01	C	
73	VT-027	VIBRACION EN CENTRIFUGA C-01	TRANSMISOR DE VIBRACION	AI	C-01	C	
74	VI-027	VIBRACION EN CENTRIFUGA C-01	INCIDADOR DE VIBRACION	-	C-01	PLC	
75	VAH-027	VIBRACION EN CENTRIFUGA C-01	ALARMA POR ALTA VIBRACION	-	C-01	PLC	
76	VAHH-027V	VIBRACION EN CENTRIFUGA C-01	ALARMA POR MUY ALTA VIBRACION	-	C-01	PLC	
77	LSH-014	NIVEL EN TANQUE DE AGUAS MADRES T-001	INTERRUPTOR POR ALTO NIVEL	DI	T-001	C	
78	LSHH-014	NIVEL EN TANQUE DE AGUAS MADRES T-001	INTERRUPTOR POR MUY ALTO NIVEL	DI	T-001	C	
79	LAHH-014	NIVEL EN TANQUE DE AGUAS MADRES T-001	ALARMA POR POR MUY ALTO NIVEL	-	T-001	PLC	
80	LSL-014	NIVEL EN TANQUE DE AGUAS MADRES T-001	INTERRUPTOR POR BAJO NIVEL	DI	T-001	C	
81	XV-066	SUMINISTRO DE NITROGENO DE SOPLADO DE TUBERIA DE SUMINISTRO DE SUSPENSION A C-01	VALVULA ON-OFF	-	1/2"-N-0001	C	
82	ZY-066	SUMINISTRO DE NITROGENO DE SOPLADO DE TUBERIA DE SUMINISTRO DE SUSPENSION A C-01	VALVULA SOLENOIDE	DO	1/2"-N-0001	C	
83	ZSC-066	SUMINISTRO DE NITROGENO DE SOPLADO DE TUBERIA DE SUMINISTRO DE SUSPENSION A C-01	INTERRUPTOR DE POSICION	DI	1/2"-N-0001	C	
84	ZLC-066	SUMINISTRO DE NITROGENO DE SOPLADO DE TUBERIA DE SUMINISTRO DE SUSPENSION A C-01	CONFIRMACION DE VALVULA CERRADA	-	-	PLC	
85	XV-070	SUMINISTRO DE AIRE A BOMBA DE P-001	VALVULA SOLENOIDE	DO	3/4"-A-0002	C	
86	TE-048	TEMPERATURA DE ZONA 1(B1)	SENSOR DE TEMPERATURA RTD	RTD	C-01	C	
87	TSH-048	TEMPERATURA DE ZONA 1(B1)	ALARMA POR ALTA TEMPERATURA	-	C-01	PLC	
88	TE-049	TEMPERATURA DE ZONA 1(B2)	SENSOR DE TEMPERATURA RTD	RTD	C-01	C	
89	TSH-049	TEMPERATURA DE ZONA 1(B2)	ALARMA POR ALTA TEMPERATURA	-	C-01	PLC	
90	TE-050	TEMPERATURA DE ZONA 1(B3)	SENSOR DE TEMPERATURA RTD	RTD	C-01	C	

INDICE DE INSTRUMENTOS						
EQUIPO: CENTRIFUGA C-01			DIAGRAMA: DTI-C01-001			
No.	TAG	SERVICIO	TIPO DE INSTRUMENTO	SEÑAL	LINEA EQUIPO	LOC NOTAS
91	TSH-050	TEMPERATURA DE ZONA 1(B3)	ALARMA POR ALTA TEMPERATURA	-	C-01	PLC
92	PI-697	DESCARGA DE BOMBA P-001	MANOMETRO	-	1 1/2"-AM-0002	C
93	PCV-207	SUMINISTRO DE AIRE A BOMBA P-001	VALVULA REGULADORA DE PRESION	-	3/4"-A-0002	C
94	PSV-241	VENTEO DE CENTRIFUGA C-01	VALVULA DE SEGURIDAD	-	2"-DS-0002	C
95	PCV-225	SUMINISTRO DE NITROGENO DE SOPLADO DE TUBERIA DE SUMINISTRO DE SUSPENSION A C-01	VALVULA REGULADORA DE PRESION	-	1/2"-NG-D27	C
96	PIT-010	RECEPTOR DE AGUAS MADRES DE CENTRIFUGA C-01 (PT1)	TRANSMISOR DE PRESION	AI	C-01	C
97	PI-010	RECEPTOR DE AGUAS MADRES DE CENTRIFUGA C-01	INDICADOR DE PRESION	-	C-01	PLC
98	YSC-022	COMPARTIMIENTO CERRADO 1 (S7)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
99	YLC-022	COMPARTIMIENTO CERRADO 1 (S7)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR CERRADO	-	C-01	PLC
100	YSO-022	COMPARTIMIENTO ABIERTO 1(S3)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
101	YLO-022	COMPARTIMIENTO ABIERTO 1(S3)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR ABIERTO	-	C-01	PLC
102	YSC-023	COMPARTIMIENTO CERRADO 2 (S8)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
103	YLC-023	COMPARTIMIENTO CERRADO 2 (S8)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR CERRADO	-	C-01	PLC
104	YSO-023	COMPARTIMIENTO ABIERTO 2 (S4)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
105	YLO-023	COMPARTIMIENTO ABIERTO 2 (S4)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR ABIERTO	-	C-01	PLC
106	YSC-024	COMPARTIMIENTO CERRADO 3 (S9)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
107	YLC-024	COMPARTIMIENTO CERRADO 3 (S9)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR CERRADO	-	C-01	PLC
108	YSC-025	COMPARTIMIENTO CERRADO 4 (S13)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
109	YLC-025	COMPARTIMIENTO CERRADO 4 (S13)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR CERRADO	-	C-01	PLC
110	YSC-026	COMPARTIMIENTO CERRADO (S12)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
111	YLC-026	COMPARTIMIENTO CERRADO (S12)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR CERRADO	-	C-01	PLC
112	YSO-026	EJE BLOQUEADO ABIERTO (S11)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
113	YLO-026	EJE BLOQUEADO ABIERTO (S11)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR ABIERTO	-	C-01	PLC
114	YSO-027	CAJA DE FILTRO ABIERTA (S10)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
115	YLO-027	CAJA DE FILTRO ABIERTA (S10)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR ABIERTO	-	C-01	PLC
116	YSC-028	CAJA DE SOLIDOS CERRADA (S1)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
117	YLC-028	CAJA DE SOLIDOS CERRADA (S1)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR CERRADO	-	C-01	PLC
118	YSO-028	CAJA DE SOLIDOS ABIERTA (S2)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
119	YLO-028	CAJA DE SOLIDOS ABIERTA (S2)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR ABIERTO	-	C-01	PLC
120	YSO-030	CAJA DE FILTRO ABIERTA (S14)	INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD	DI	C-01	C
121	YLO-030	CAJA DE FILTRO ABIERTA (S14)	CONFIRMACION DE INTERRUPTOR ABIERTO	-	C-01	PLC
122	SE-010	FLECHA PRINCIPAL DE CENTRIFUGA C-01 (S5)	SENSOR DE VELOCIDAD	-	C-01	C
123	ST-010	FLECHA PRINCIPAL DE CENTRIFUGA C-01 (S5)	TRANSMISOR DE VELOCIDAD	AI	C-01	C
124	SE-011	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01 (S8)	SENSOR DE VELOCIDAD	-	C-01	C
125	ST-011	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	TRANSMISOR DE VELOCIDAD	AI	C-01	C
126	SIR-011	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	REGISTRADOR DE VELOCIDAD	-	C-01	PLC
127	SI-011	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	INDICADOR DE VELOCIDAD	-	C-01	PLC
128	SIC-011	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	CONTROLADOR DE VELOCIDAD	-	C-01	PLC
129	SSH-011S	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	INTERRUPTOR POR ALTA VELOCIDAD	-	C-01	PLC
130	SAH-011S	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	ALARMA POR ALTA VELOCIDAD	-	C-01	PLC

INDICE DE INSTRUMENTOS							
EQUIPO: CENTRIFUGA C-01			DIAGRAMA: DTI-C01-001				
No.	TAG	SERVICIO	TIPO DE INSTRUMENTO	SEÑAL	LINEA EQUIPO	LOC	NOTAS
131	TSH-004	MOTOR PRINCIPAL DE CENTRIFUGA C-01	INTERRUPTOR POR ALTA TEMPERATURA	DI	C-01	PLC	
132	TAH-004	MOTOR PRINCIPAL DE CENTRIFUGA C-01	ALARMA POR ALTA TEMPERATURA	-	C-01	PLC	
133	SY-VMS302A	MOTOR PRINCIPAL DE CENTRIFUGA C-01	VARIADOR DE VELOCIDAD	AI	C-01	PLC	
134	SY-VMS302B	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	VARIADOR DE VELOCIDAD	AI	C-01	C	
135	TSH-005	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	INTERRUPTOR POR ALTA TEMPERATURA	DI	C-01	C	
136	TAH-005	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	ALARMA POR ALTA TEMPERATURA	-	C-01	PLC	
137	PCV-209	SUMINISTRO DE AIREA SISTEMA DE PRESURIZADO DE GABINETE PV-01 DE CENTRIFUGA C-01	VALVULA REGULADORA DE PRESION	-	PV-01	C	
138	PCV-210	SUMINISTRO DE AIREA SISTEMA DE PRESURIZADO DE GABINETE PV-01 DE CENTRIFUGA C-01	VALVULA REGULADORA DE PRESION	-	PV-01	C	
139	HS-013	BOTON DE RESTABLECIMIENTO (RESET)	INTERRUPTOR MANUAL	DI	PV-01	C	
140	XL-013	INDICACION DE RESTABLECIMIENTO	LUZ INDICADORA	DO	PV-01	C	
141	HSE-008	PARO DE EMERGENCIA DE CENTRIFUGA C-01	BOTON DE PARO DE EMERGENCIA	DI	PV-01	C	
142	XL-008	PARO DE EMERGENCIA DE CENTRIFUGA C-01	LUZ INDICADORA DE PARO DE EMERGENCIA	DO	PV-01	C	
143	POSL-011	SISTEMA DE PRESURIZACION DE GABINETE PV-01 CENTRIFUGA C-01	INTERRUPTOR DE PRESION DIFERENCIAL	DI	PV-01	C	
144	TSH-044	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GABINETE PV-01 CENTRIFUGA C-01	INTERRUPTOR POR ALTA TEMPERATURA	DI	PV-01	C	
145	XV-074	SUMINISTRO DE AIRE A SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE PV-01 DE CENTRIFUGA C-01	VALVULA SOLENOIDE	DO	PV-01	C	
146	PI-128	SISTEMA DE PRESURIZACION DE GABINETE PV-01 DE CENTRIFUGA C-01	MANOMETRO	-	PV-01	C	
147	PSV-281	GABINETE DE PANEL VIEW PV-01	VALVULA DE SEGURIDAD	-	PV-01	C	
148	PSV-244	VENTEO DE T-001	VALVULA DE SEGURIDAD	-	2"-DS-0001	C	
149	HS-020	ARRANQUE / PARO DE MOTOR DE EXTRACTOR DE AIRE E-001 DESDE SISTEMA Y UMA-001	BOTON DE PARO / ARRANQUE	DI	E-001 / UMA-001	PLC	
150	HS-001	ARRANQUE / PARO DE C-01 DESDE PV-01.	BOTON DE PARO / ARRANQUE	DI	C-01	C	
151	HS-002	INICIO DE INERTIZACION EN CENTRIFUGA (DESDE PANEL PV-01)	BOTON DE PARO / ARRANQUE	-	PV-01	PLC	
152	FG-277	FLUJO EN LINEA DE DESCARGA DE AGUAS MADRES	MIRILLA DE FLUJO	-	4"-SL-0004	C	
153	TT-025	MEDICION DE TEMPERATURA EN ESCLUSA	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	AI	-	C	
154	TI-025	MEDICION DE TEMPERATURA EN ESCLUSA	INDICADOR DE TEMPERATURA	-	-	-	
155	MT-025	MEDICION DE HUMEDAD EN ESCLUSA	TRANSMISORE DE HUMEDAD	AI	-	C	
156	MI-025	MEDICION DE HUMEDAD EN ESCLUSA	INDICADOR DE HUMEDAD	-	-	-	

## NOMENCLATURA

C	INSTRUMENTO UBICADO EN CAMPO
PLC	INSTRUMENTO CONFIGURADO EN PLC
TL	INSTRUMENTO UBICADO EN TABLERO LOCAL
DO	SALIDA DIGITAL
DI	ENTRADA DIGITAL
AI	ENTRADA ANALOGICA
AO	SALIDA ANALOGICA
NOTA:	PARA NOMENCLATURA EN INSTRUMENTOS VER CAPITULO III

### IV.2.1.3 Sumario de entradas y salidas.

El sumario de entradas y salidas muestra todos los instrumentos que reciben o envían señal, es utilizado para la asignación de señales a las diferentes tarjetas del controlador lógico programable (PLC) este es obtenido directamente del índice de instrumentos. El objetivo del sumario de entradas y salidas es determinar el tamaño y la capacidad del controlador lógico programable (PLC) en función del número de entradas y salidas requeridas.

SUMARIO DE ENTRADAS Y SALIDAS							
EQUIPO: <b>CENTRIFUGA C-01</b>				RACK: <b>PLC-01</b>			
No.	TAG	SERVICIO	TARJETA	CANAL	TIPO SEÑAL	LOC	NOTAS
<b>DI</b>							
1	FSL-012	TABLERO DE ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02 BAJO FLUJO DE TOMA DE O2	1	0	DI	TL	
2	FSL-016	TABLERO DE ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02 BAJO FLUJO DE TOMA DE O2	1	1	DI	TL	
3	ZSC-021BF	SUMINISTRO DE SOLVENTE 1 A C-01 (LAVADO 1)	1	2	DI	C	
4	ZSC-021CF	SUMINISTRO DE SOLVENTE 2 A C-01 (LAVADO 2)	1	3	DI	C	
5	FSL-013	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (LABERINTO) TL-C01-01	1	4	DI	TL	
6	FSL-014	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (BAJO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	1	5	DI	TL	
7	FSL-017	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (ALTO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	1	6	DI	TL	
8	ZSC-003W	SUMINISTRO DE SUSPENSION A CENTRIFUGA C-01 ETAPA DE LLENADO	1	7	DI	C	
9	LSH-014	NIVEL EN TANQUE DE AGUAS MADRES T-001	1	8	DI	C	
10	LSHH-014	NIVEL EN TANQUE DE AGUAS MADRES T-001	1	9	DI	C	
11	LSL-014	NIVEL EN TANQUE DE AGUAS MADRES T-001	1	10	DI	C	
12	ZSC-066	SUMINISTRO DE NITROGENO DE SOPLADO DE TUBERIA DE SUMINISTRO DE SUSPENSION A C-01	1	11	DI	C	
13	YSC-022	COMPARTIMIENTO CERRADO 1 (S7)	1	12	DI	C	
14	YSO-022	COMPARTIMIENTO ABIERTO 1(S3)	1	13	DI	C	
15	YSC-023	COMPARTIMIENTO CERRADO 2 (S8)	1	14	DI	C	
16	YSO-023	COMPARTIMIENTO ABIERTO 2 (S4)	1	15	DI	C	
17	YSC-024	COMPARTIMIENTO CERRADO 3 (S9)	2	0	DI	C	
18	YSC-025	COMPARTIMIENTO CERRADO 4 (S13)	2	1	DI	C	
19	YSC-026	COMPARTIMIENTO 5 CERRADO (S12)	2	2	DI	C	
20	YSO-026	EJE BLOQUEADO ABIERTO (S11)	2	3	DI	C	
21	YSO-027	CAJA DE FILTRO ABIERTA (S10)	2	4	DI	C	
22	YSC-028	CAJA DE SOLIDOS CERRADA (S1)	2	5	DI	C	
23	YSO-028	CAJA DE SOLIDOS ABIERTA (S2)	2	6	DI	C	
24	YSO-030	CAJA DE FILTRO ABIERTA (S14)	2	7	DI	C	
25	TSH-004	MOTOR PRINCIPAL DE CENTRIFUGA C-01	2	8	DI	PLC	
26	TSH-005	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	2	9	DI	C	
27	HS-013	BOTON DE RESTABLECIMIENTO (RESET)	2	10	DI	C	
28	HSE-008	PARO DE EMERGENCIA DE CENTRIFUGA C-01	2	11	DI	C	
29	PDSL-011	SISTEMA DE PRESURIZACION DE GABINETE PV-01 CENTRIFUGA C-01	3	0	DI	C	
30	TSH-044	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GABINETE PV-01 CENTRIFUGA C-01	3	1	DI	C	
31	HS-020	ARRANQUE / PARO DE MOTOR DE EXTRACTOR DE AIRE E-001 DESDE SISTEMA	3	2	DI	PLC	
32	HS-001	ARRANQUE / PARO DE C-01 DESDE PV-01.	3	3	DI	C	
<b>DO</b>							
1	FX-021B	SUMINISTRO DE SOLVENTE 1 A C-01 (LAVADO 1)	4	0	DO	C	
2	FX-021C	SUMINISTRO DE SOLVENTE 2 A C-01 (LAVADO 2)	4	1	DO	C	
3	XV-067	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (BAJO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	4	2	DO	TL	
4	XV-068	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (ALTO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	4	3	DO	TL	
5	XV-076	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (LABERINTO) TL-C01-01	4	4	DO	TL	
6	WX-003	SUMINISTRO DE SUSPENSION A CENTRIFUGA C-01 ETAPA DE LLENADO	4	5	DO	C	
7	ZY-086	SUMINISTRO DE NITROGENO DE SOPLADO DE TUBERIA DE SUMINISTRO DE SUSPENSION A C-01	4	6	DO	C	
8	XV-070	SUMINISTRO DE AIRE A BOMBA DE P-001	4	7	DO	C	
9	XL-013	INDICACION DE RESTABLECIMIENTO	5	0	DO	C	
10	XL-008	PARO DE EMERGENCIA DE CENTRIFUGA C-01	5	1	DO	C	
11	XV-074	SUMINISTRO DE AIRE A SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE PV-01 DE CENTRIFUGA C-01	5	2	DO	C	
<b>AI</b>							
1	AT-008A	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	6	0	AI	TL	
2	AT-008B	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	6	1	AI	TL	
3	CIT-002	DESCARGA DE AGUAS MADRES DE C-01	6	2	AI	C	
4	FT-021	SUMINISTRO DE AGUAS MADRES Y LAVADOS A C-01	6	3	AI	C	
5	WIT-003	SISTEMA DE PASAJE DE PRODUCTO SOLIDO DE CENTRIFUGA C-01	6	4	AI	C	
6	VT-027	VIBRACION EN CENTRIFUGA C-01	6	5	AI	C	
7	PIT-010	RECEPTOR DE AGUAS MADRES DE CENTRIFUGA C-01 (PT1)	6	6	AI	C	
8	ST-010	FLECHA PRINCIPAL DE CENTRIFUGA C-01 (S6)	6	7	AI	C	
9	ST-011	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	7	0	AI	C	
10	TT-025	MEDICION DE TEMPERATURA EN ESCLUSA	7	1	AI	C	
11	MT-025	MEDICION DE HUMEDAD EN ESCLUSA	7	2	AI	C	
<b>AO</b>							
1	FY-021A	SUMINISTRO DE AGUAS MADRES Y LAVADOS A C-01	8	0	AO	C	
10	SY-VMS302A	MOTOR PRINCIPAL DE CENTRIFUGA C-01	8	1	AI	PLC	
11	SY-VMS302B	FLECHA AXIAL DE CENTRIFUGA C-01	8	2	AI	C	
<b>RTD</b>							
1	TE-048	TEMPERATURA DE ZONA 1(B1)	9	0	RTD	C	
2	TE-049	TEMPERATURA DE ZONA 1(B2)	9	1	RTD	C	
3	TE-050	TEMPERATURA DE ZONA 1(B3)	9	2	RTD	C	

### IV.2.1.4 Diagrama a bloques del sistema.

El diagrama a bloques nos muestra el panorama general de los equipos y dispositivos involucrados en el proceso. Para el caso de la centrifuga se muestran los tableros de control, de nitrógeno, de oxígeno así como el tablero de control, principal. Se incluyen las cajas de conexión y el cableado para facilitar el desarrollo de los lazos de control.

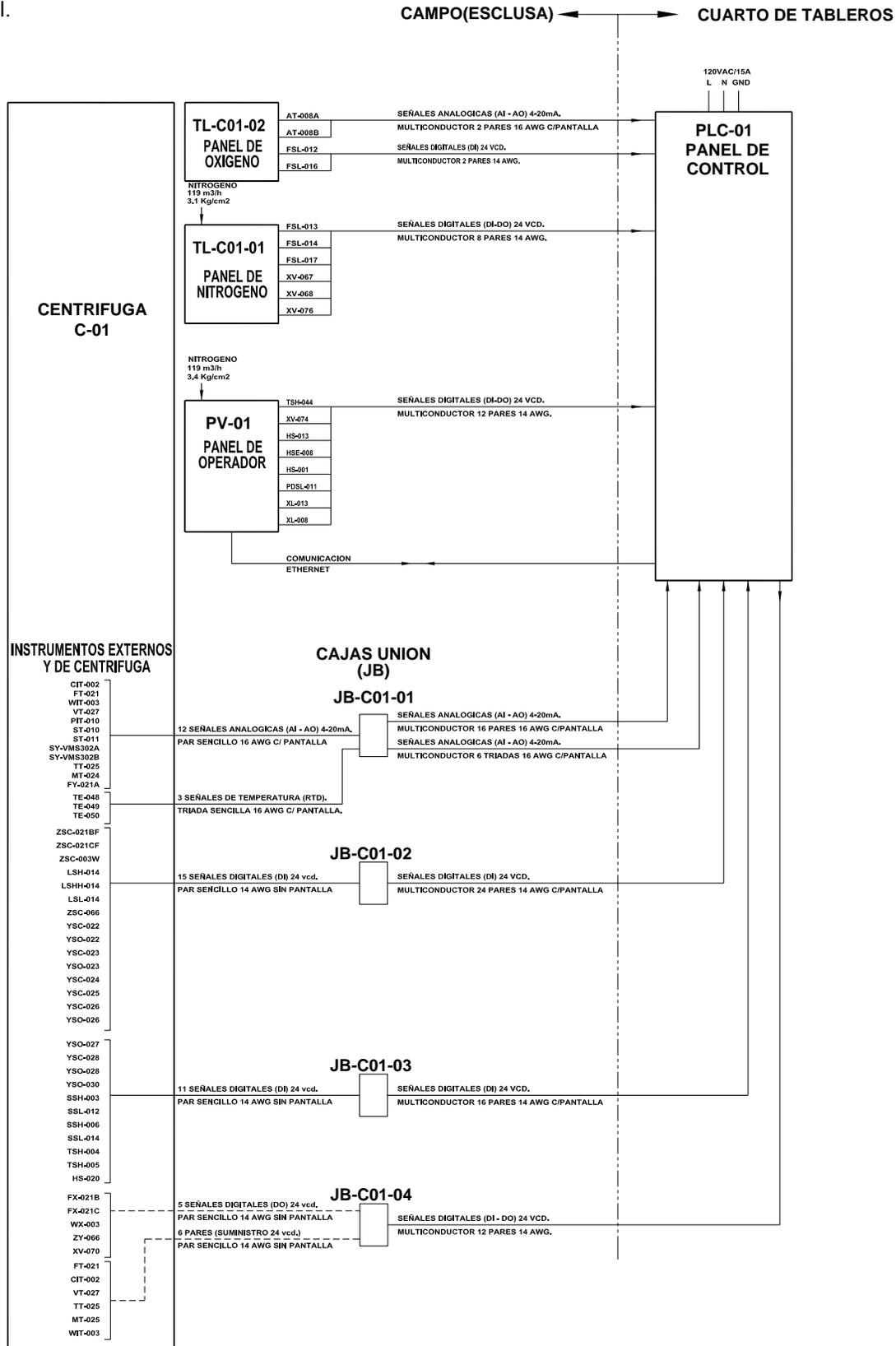


Fig. 4.15 Diagrama a bloques del sistema.

#### IV.2.1.5 Asignación de señales a cajas unión.

La asignación de las señales a cajas unión es un documento que muestra la conexión de los instrumentos a las clemas de la tablilla o tablillas de la JB, cuando se trata de un proyecto que involucre muchas cajas se vuelve indispensable este documento para evitar duplicidad en el ruteo de las señales o mala asignación del multiconductor.

ASIGNACION DE SEÑALES A CAJAS UNION							
EQUIPO: CENTRIFUGA C-01							
JB-C01-01							
No.	INSTRUMENTO	TB1	PAR/TRIADA	TERMINAL	COLOR CABLE	TIPO SENAL	MULTICONDUCTOR
1	CIT-002	1	1	+	N	AI	M16P-JBC01-01-01
		2		-	B		
		3		SHD	S/C		
2	FT-021	4	2	+	N	AI	
		5		-	B		
		6		SHD	S/C		
3	WIT-003	7	3	+	N	AI	
		8		-	B		
		9		SHD	S/C		
4	VT-027	10	4	+	N	AI	
		11		-	B		
		12		SHD	S/C		
5	PIT-010	13	5	+	N	AI	
		14		-	B		
		15		SHD	S/C		
6	ST-010	16	6	+	N	AI	
		17		-	B		
		18		SHD	S/C		
7	ST-011	19	7	+	N	AI	
		20		-	B		
		21		SHD	S/C		
8	SY-VMS302A	22	8	+	N	AI	
		23		-	B		
		24		SHD	S/C		
9	SY-VMS302B	25	9	+	N	AI	
		26		-	B		
		27		SHD	S/C		
10	TT-025	28	10	+	N	AI	
		29		-	B		
		30		SHD	S/C		
11	MT-025	31	11	+	N	AI	
		32		-	B		
		33		SHD	S/C		
12	FY-021A	34	12	+	N	AO	
		35		-	B		
		36		SHD	S/C		
13	RESERVA	37	13		N	RESERVA	
		38			B		
		39			S/C		
14	RESERVA	40	14		N	RESERVA	
		41			B		
		42			S/C		
15	RESERVA	43	15		N	RESERVA	
		44			B		
		45			S/C		
16	RESERVA	46	16		N	RESERVA	
		47			B		
		48			S/C		
17	TE-048	37	1	+	N	RTD	
		38		-	B		
		39			R		
18	TE-049	40	2	+	N	RTD	
		41		-	B		
		42			R		
19	TE-050	43	3	+	N	RTD	
		44		-	B		
		45			R		
20	RESERVA	46	4		N	RESERVA	
		47			B		
		48			R		
21	RESERVA	49	5		N	RESERVA	
		50			B		
		51			R		
22	RESERVA	52	6		N	RESERVA	
		53			B		
		54			R		

ASIGNACION DE SEÑALES A CAJAS UNION							
EQUIPO: CENTRIFUGA C-01							
No.	JB-C01-02						
	INSTRUMENTO	TB1	PAR/TRIADA	TERMINAL	COLOR CABLE	TIPO SENAL	MULTICONDUCTOR
1	ZSC-021BF	1	1	C	N	DI	M24P-JBC01-02-01
		2		NA	B		
2	ZSC-021CF	3	2	C	N	DI	
		4		NA	B		
3	ZSC-003W	5	3	C	N	DI	
		6		NA	B		
4	LSH-014	7	4	C	N	DI	
		8		NA	B		
5	LSHH-014	9	5	C	N	DI	
		10		NA	B		
6	LSL-014	11	6	C	N	DI	
		12		NA	B		
7	ZSC-066	13	7	C	N	DI	
		14		NA	B		
8	YSC-022	15	8	C	N	DI	
		16		NA	B		
9	YSO-022	17	9	C	N	DI	
		18		NA	B		
10	YSC-023	19	10	C	N	DI	
		20		NA	B		
11	YSO-023	21	11	C	N	DI	
		22		NA	B		
12	YSC-024	23	12	C	N	DI	
		24		NA	B		
13	YSC-025	25	13	C	N	DI	
		26		NA	B		
14	YSC-026	27	14	C	N	DI	
		28		NA	B		
15	YSO-026	29	15	C	N	DI	
		30		NA	B		
16	RESERVA	31	16		N	RESERVA	
		32			B		
17	RESERVA	33	17		N	RESERVA	
		34			B		
18	RESERVA	35	18		N	RESERVA	
		36			B		
19	RESERVA	37	19		N	RESERVA	
		38			B		
20	RESERVA	39	20		N	RESERVA	
		40			B		
21	RESERVA	41	21		N	RESERVA	
		42			B		
22	RESERVA	43	22		N	RESERVA	
		44			B		
23	RESERVA	45	23		N	RESERVA	
		46			B		
24	RESERVA	47	24		N	RESERVA	
		48			B		

ASIGNACION DE SEÑALES A CAJAS UNION							
EQUIPO: CENTRIFUGA C-01							
No.	JB-C01-03						
	INSTRUMENTO	TB1	PAR/TRIADA	TERMINAL	COLOR CABLE	TIPO SENAL	MULTICONDUCTOR
1	YSO-027	1	1	C	N	DI	M12P-JBC01-03-01
		2		NA	B		
2	YSC-028	3	2	C	N	DI	
		4		NA	B		
3	YSO-028	5	3	C	N	DI	
		6		NA	B		
4	YSO-030	7	4	C	N	DI	
		8		NA	B		
5	TSH-004	9	5	C	N	DI	
		10		NA	B		
6	TSH-005	11	6	C	N	DI	
		12		NA	B		
7	HS-020	13	7	C	N	DI	
		14		NA	B		
8	RESERVA	15	8	C	N	DI	
		16		NA	B		
9	RESERVA	17	9	C	N	DI	
		18		NA	B		
10	RESERVA	19	10	C	N	DI	
		20		NA	B		
11	RESERVA	21	11	C	N	DI	
		22		NA	B		
12	RESERVA	23	12		N	RESERVA	
		24			B		

ASIGNACION DE SEÑALES A CAJAS UNION							
EQUIPO: CENTRIFUGA C-01							
No.	JB-C01-04						
	INSTRUMENTO	TB1	PAR/TRIADA	TERMINAL	COLOR CABLE	TIPO SENAL	MULTICONDUCTOR
1	FX-021B	1	1	+	N	DO	M12P-JBC01-04-01
		2		-	B		
2	FX-021C	3	2	+	N	DO	
		4		-	B		
3	WX-003	5	3	+	N	DO	
		6		-	B		
4	ZY-066	7	4	+	N	DO	
		8		-	B		
5	XV-070	9	5	+	N	DO	
		10		-	B		
6	FT-021	11	6	+	N	ALIM	
		12		-	B		
7	CIT-002	13	7		N	ALIM	
		14			B		
8	VT-027	15	8		N	ALIM	
		16			B		
9	TT-025	17	9		N	ALIM	
		18			B		
10	MT-025	19	10		N	ALIM	
		20			B		
11	WIT-003	21	11		N	ALIM	
		22			B		
12	RESERVA	23	12		N	RESERVA	
		24			B		

<b>ASIGNACION DE SEÑALES A CAJAS UNION</b>							
<b>EQUIPO:</b>		<b>CENTRIFUGA C-01</b>					
<b>No.</b>		<b>TL-C01-01</b>					
<b>INSTRUMENTO</b>	<b>TB1</b>	<b>PAR/TRIADA</b>	<b>TERMINAL</b>	<b>COLOR CABLE</b>	<b>TIPO SENAL</b>	<b>MULTICONDUCTOR</b>	
1	FSL-013	1	C	N	DI	M8P-TLC01-01-01	
			NA	B			
2	FSL-014	2	C	N	DI		
			NA	B			
3	FSL-017	3	C	N	DI		
			NA	B			
4	XV-067	4	+	N	DO		
			-	B			
5	XV-068	5	+	N	DO		
			-	B			
6	XV-076	6	+	N	DO		
			-	B			
7	RESERVA	7		N			
				B			
8	RESERVA	8		N			
				B			

<b>ASIGNACION DE SEÑALES A CAJAS UNION</b>							
<b>EQUIPO:</b>		<b>CENTRIFUGA C-01</b>					
<b>No.</b>		<b>TL-C01-02</b>					
<b>INSTRUMENTO</b>	<b>TB1</b>	<b>PAR/TRIADA</b>	<b>TERMINAL</b>	<b>COLOR CABLE</b>	<b>TIPO SENAL</b>	<b>MULTICONDUCTOR</b>	
1	AT-008A	1	+	N	AI	M2P-TLC01-02-01	
			-	B			
			SHD	S/C			
2	AT-008B	2	+	N	AI		
			-	B			
			SHD	S/C			
3	FSL-012	3	C	N	DI	M2P-TLC01-02-02	
			NA	B			
4	FSL-016	4	C	N	DI		
			NA	B			
5	RESERVA	5		N		RESERVA	
				B			
6	RESERVA	6		N			
				B			
7	RESERVA	7		N			
				B			
8	RESERVA	8		N			
				B			

<b>ASIGNACION DE SEÑALES A CAJAS UNION</b>							
<b>EQUIPO: CENTRIFUGA C-01</b>							
<b>No.</b>	<b>PV-01</b>						
	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>TB1</b>	<b>PAR/TRIADA</b>	<b>TERMINAL</b>	<b>COLOR CABLE</b>	<b>TIPO SEÑAL</b>	<b>MULTICONDUCTOR</b>
1	HSE-008	1	1	C	N	DI	M12P-PV-01-01
		2		NA	B		
2	PDSL-011	3	2	C	N	DI	
		4		NA	B		
3	TSH-044	5	3	C	N	DI	
		6		NA	B		
4	HS-001	7	4	C	N	DI	
		8		NA	B		
5	HS-013	9	5	C	N	DI	
		10		NA	B		
6	XL-013	11	6	+	N	DO	
		12		-	B		
7	XL-008	13	7	+	N	DO	
		14		-	B		
8	XV-074	15	8	+	N	DO	
		16		-	B		
9	RESERVA	17	9		N	RESERVA	
		18			B		
10	RESERVA	19	10		N	RESERVA	
		20			B		
11	RESERVA	21	11		N	RESERVA	
		22			B		
12	RESERVA	23	12		N	RESERVA	
		24			B		

### IV.2.1.6 Especificación de cableado.

Para la conexión de los instrumentos en campo y su canalización hacia el sistema de control se utilizan cables de diferentes calibres y tipos, estos cables se soportan con charolas o tubo conduit.

Para este proyecto en particular se utilizarán cables de acuerdo al tipo de señal que se aplique de acuerdo a lo siguiente:

#### 1. Instrumento a Caja unión (JB):

Señales analógicas: par sencillo calibre 16 awg, con pantalla.	Blanco y negro
Señales digitales: par sencillo calibre 14, sin pantalla.	Blanco y negro
Señales de RTD: triada sencilla calibre 16 con pantalla.	Negro, blanco y rojo
Suministro de voltaje 120 VCA: triada sencilla calibre 14.	Negro, blanco y verde

#### 2. De la JB hacia el tablero de control:

Señales analógicas: multiconductor calibre 16 awg, con pantalla.	Blanco y negro.
Señales digitales: multiconductor calibre 14 awg, sin pantalla.	Blanco y negro.
Señales de RTD: multitriada calibre 16 awg con pantalla.	Negro, blanco y rojo.
Suministro de voltaje 120 VCA: multitriada calibre 14.	Negro, blanco y verde

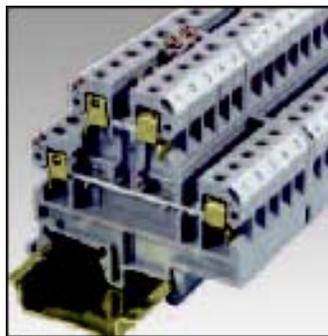
#### 3. Cableado interno en el tablero:

El cableado interno es con cable del mismo calibre y color que el multiconductor. De acuerdo a las señales en el tablero del PLC.

### IV.2.1.7 Dispositivos y elementos de interconexión.

Los dispositivos de interconexión son los elementos, equipos, cajas unión, tabllas de conexión (clemas), relevadores, barreras de seguridad, amplificadores, analizadores, fuentes de alimentación, etc. que recorre el cableado o la señal hasta llegar al sistema de control. Estos elementos varían de acuerdo al proyecto o sistema que se está cableando, para el caso de las señales de la centrífuga son necesarios los siguientes:

**a) Tablillas de conexión:** Las tablillas de conexión por lo general se forman de clemas, las cuales se identifican por medio de una numeración ascendente. Existen diferentes tipos de clemas de acuerdo a la utilidad que se quiera dar, por ejemplo: de paso, con fusibles, de 1 nivel, de dos niveles, de tres niveles, etc. para este caso utilizamos de paso de un solo nivel para todo el desarrollo del proyecto.



*Fig. 4.16 Clemas de un solo nivel de paso*

**b) Cajas Unión o JB (Junction Boxes):** Las Cajas de conexión se utilizan para el recopilado de las señales de los instrumentos de campo y concentrarlas en un cable multiconductor que se dirijan hacia el sistema de control, dependiendo de la zona donde se vayan a instalar pueden ser: Uso general, A prueba de explosión, etc. Para este caso se utilizan cajas de uso general debido a que la ubicación de las mismas es fuera de la esclusa, en un área general.



**Fig. 4.17 Caja unión para usos generales.**

**c ) Relevadores:** Los relevadores son dispositivos pasivos que reciben una señal de voltaje en las terminales de su bobina (comúnmente 24 VCD o 120 VCA) y mediante efecto magnético cierran o abren sus contactores para que se suministre voltaje a otros equipos o dispositivos, en este proyecto se utilizan para las salidas de las tarjetas y la alimentación de voltaje hacia las válvulas solenoide que se encuentran en válvulas de control o en línea, para evitar que se dañen las tarjetas por el suministro de corriente necesario para la válvula se utilizan estos dispositivos.

La gran ventaja de los relevadores es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento (la que circula por la bobina del electroimán) y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control.

Posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control.



**Fig. 4.18 Relevador para usos generales.**

**d) Barreras de seguridad Intrínseca:** Las barreras de seguridad intrínseca se utilizan dentro del tablero de control para evitar arcos en campo que puedan dar origen a una explosión en caso de presentarse una atmósfera explosiva en la esclusa. Estas barreras actúan mediante un diodo zener que evita que la corriente sea superior al nivel de explosividad.



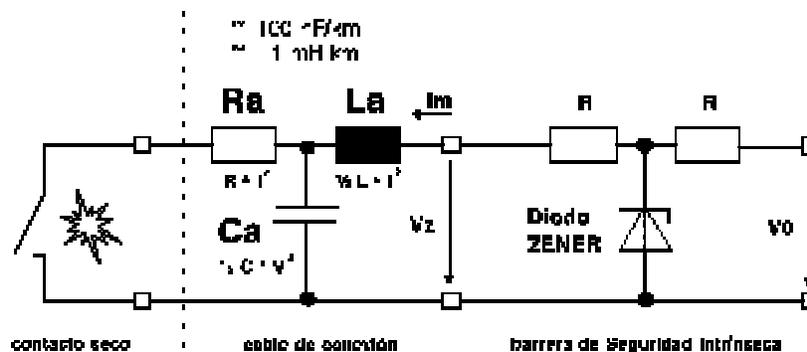
**Fig. 4.19 Barrera de seguridad Intrínseca.**

Las barreras de Seguridad Intrínseca normalmente, usan resistencias para limitar la corriente dentro de áreas peligrosas, mientras que la inserción de los diodos zener permite la limitación del voltaje. En funcionamiento bajo condiciones normales de operación, una barrera de seguridad intrínseca, permite el flujo normal de las señales eléctricas. En el caso de falla de suministro de tensión en los terminales no IS (IS = intrínsecamente seguros) los diodos Zener llevarán el circuito a descargarse en una referencia común (tierra) en un área segura.

Los diodos Zener representan la fuente de alimentación para el circuito en el área peligrosa. La resistencia limitadora, solamente permitirá una corriente definida en el sistema I.S. limitando así el nivel de energía por debajo de lo que requiere una mezcla explosiva para hacer ignición.

Los diodos zener ellos solos no pueden considerarse como "componentes de protección", se diseñan con redundancia junto con un fusible limitador, para satisfacer el criterio de "Componentes de Protección", tal como lo pide el estándar de Seguridad Intrínseca.

Como se muestra en la Figura el paso de una corriente de falla debido a voltajes elevados, es de la forma indicada, Cuando existen corrientes altas se tiene una condición de falla. El diodo Zener se convierte en conductor, luego de que se sobrepasa su barrera Zener y la corriente en exceso se desvía por ese camino a tierra. Si continua incrementándose la corriente más allá del nivel de protección del fusible, este se abrirá, cortando la corriente del todo.



**Ex i**

- El cierre del contacto libera la energía del condensador
- La apertura del contacto libera la energía del inductor

**Fig. 4.20 Circuito básico de una barrera de seguridad Intrínseca.**

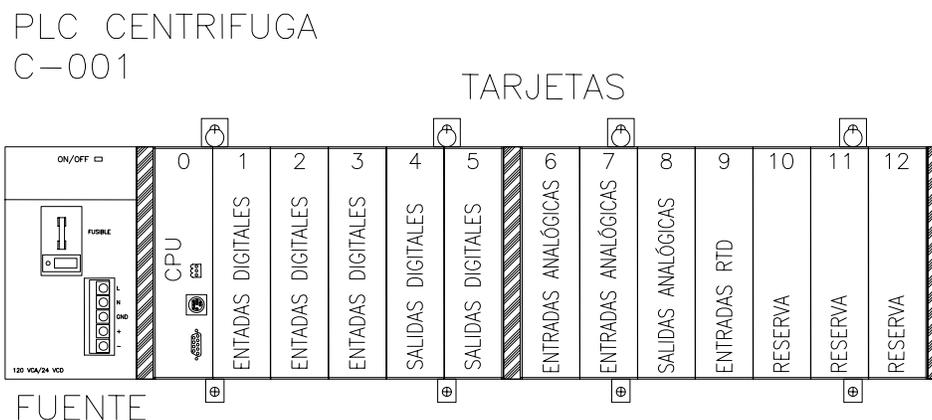
### IV.2.1.8 Arquitectura del sistema de control.

El sistema de control es el encargado de procesar las señales de campo de acuerdo a un programa cargado o establecido, es donde se concentran las instrucciones, puntos de ajuste, y las condiciones lógicas para el desarrollo del proceso. La operación de la centrifuga esta gobernada mediante un controlador lógico programable (PLC) es cual se encarga de todas las funciones de control, monitoreo y análisis de todas las señales involucradas en el proceso.

El PLC de la Centrifuga controla los pasos de: Inertización, Llenado, Escurrido, Lavado 1 y 2, Descarga del producto, asegurando la repetibilidad y consistencia de la operación durante todos los lotes, y esta constituido por los siguientes dispositivos:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Fuente de poder 120VCA/24 Vcd.               | 1 |
| 2. Unidad de procesamiento central (CPU).       | 1 |
| 3. Tarjetas de 16 entradas digitales 24Vcd.     | 3 |
| 4. Tarjetas de 8 salidas digitales 24Vcd.       | 2 |
| 5. Tarjetas de 8 entradas analógicas 4-20mA.    | 2 |
| 6. Tarjetas de 8 salidas analógicas 4-20mA.     | 1 |
| 7. Tarjetas de 4 entradas de RTD (Temperatura). | 1 |
| 8. Slots de reserva                             | 3 |

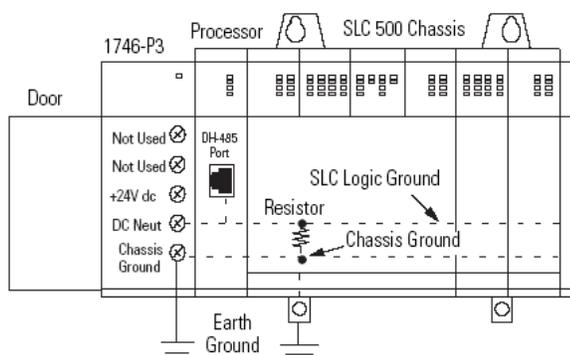
Cada tarjeta y la fuente ocupan un espacio dentro del rack, a este espacio se le conoce como "slot", en caso de que el número de slots sea insuficiente puede utilizarse otro rack, cuando se inicia con la numeración de slots debe iniciarse desde el "0".



**Fig. 4.21 Estructura del PLC de la centrifuga**

#### Chasis y Fuente de poder:

El chasis del PLC es del tipo SLC 500 y cuenta con 13 ranuras y una fuente de alimentación encargada de suministrar voltaje de 24 vcd. a cada una de las tarjetas que se encuentran montadas en el rack. La fuente utilizada para este proyecto es de Allen Bradley tipo 1746-P3.



**Fig. 4.22 Estructura del Chasis y la fuente de alimentación.**

### Unidad de procesamiento central (CPU):

Unidad central que contiene la configuración del programa de funcionamiento de la centrífuga, incluyendo puntos de ajuste de temperatura, humedad, presión, flujo, análisis, etc. mediante comunicación ethernet envía y recibe información hacia el panel de control PV-01

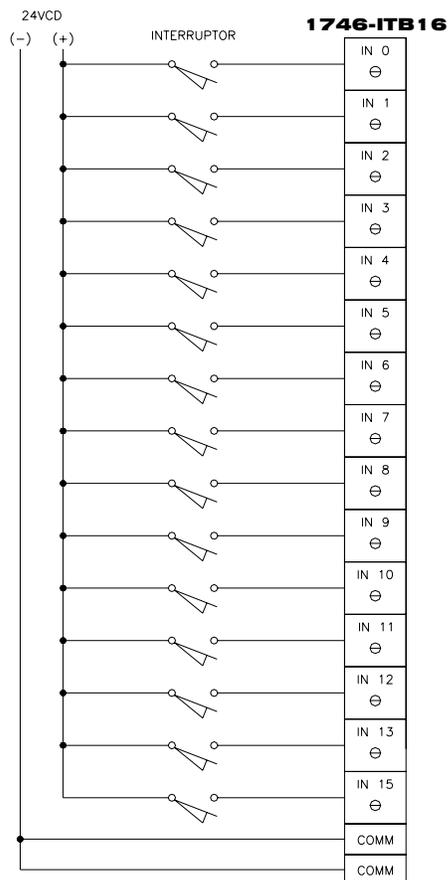
El PLC-01 cuenta con un procesador 1747-L552 del tipo SLC modelo 5/05 con 32K de memoria RAM, 4096 entradas y 4096 salidas, el PLC cuenta con un puerto de comunicación en Ethernet para la comunicación entre PLC's, el PV-01.



**Fig. 4.23 CPU 1747-552.**

### Tarjeta de entradas digitales:

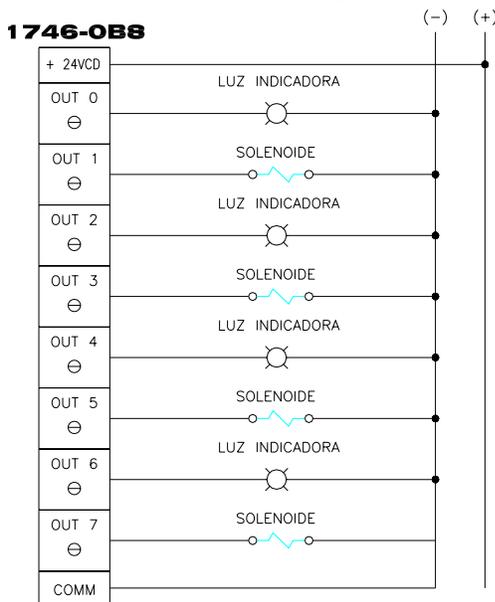
Tarjeta que recibe 24VDC en cada uno de sus canales de las señales de sensores, interruptores de posición, etc.; cada tarjeta contiene 16 entradas (enumeradas del 0 al 15) y es del tipo 1746-ITB16.



**Fig. 4.24 Alambrado y Aspecto físico para Tarjeta de entradas digitales 1746-ITB16.**

### Tarjeta de salidas digitales:

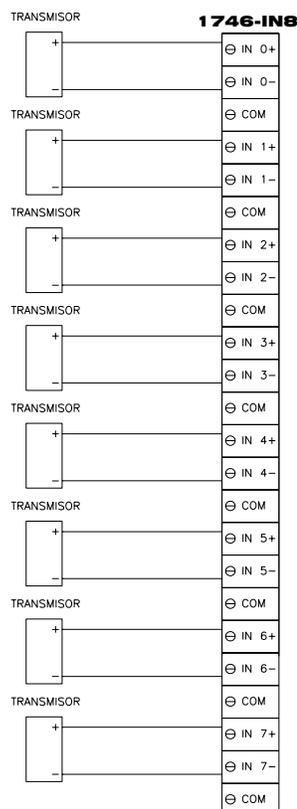
Tarjeta que envía 24VDC en cada uno de sus canales a las válvulas solenoides, alarmas, etc.; cada tarjeta tiene 8 salidas (enumeradas del 0 al 7) y es del tipo 1746-OB8.



**Fig. 4.25 Alambrado y Aspecto físico para Tarjeta de salidas digitales 1746-OB8.**

### Tarjeta de entradas analógicas:

Tarjeta utilizada para recibir y procesar las señales analógicas de transmisores de presión, temperatura, flujo, humedad, peso, conductividad, análisis, etc.; cada tarjeta tiene 8 entradas de 4-20 mA. (enumeradas del 0 al 8) y es del tipo 1746-NI8.

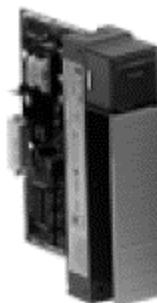
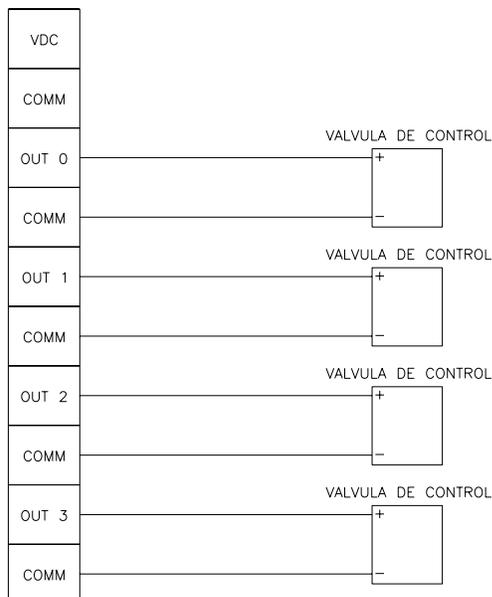


**Fig. 4.26 Alambrado y Aspecto físico para Tarjeta de entradas analógicas 1746-NI8.**

### Tarjeta de salidas analógicas:

Tarjeta utilizada para el control de válvulas; cada tarjeta tiene 4 salidas de 4-20 mA.(enumeradas del 0 al 3) y es del tipo 1746-NO4I

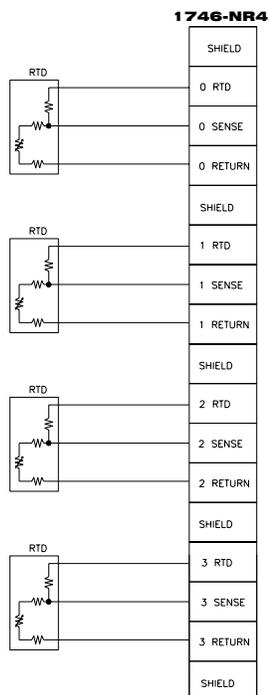
#### 1746-NO4I



**Fig. 4.27 Alambrado y Aspecto físico para Tarjeta de entradas analógicas 1746-NO4I.**

### Tarjeta de entradas de RTD:

Tarjeta de entrada analógica tipo RTD, recomendado para su uso con rangos de resistencia mayores tanto para entradas de RTD y de resistencia directa (entrada de RTD de 1000 W y de resistencia de 3000 W) utilizada para sensores de temperatura; contiene 4 entradas.



**Fig. 4.28 Alambrado y Aspecto físico para Tarjeta de entradas tipo RTD 1746-NR4.**

**Reserva:**

3 Slots de reserva para conexiones futuras si es requerido.

Estos elementos se encuentran montados en un rack dentro de un tablero que se encuentra ubicado en el cuarto de control de la centrífuga.

### IV.2.1.9 Asignación de señales a dispositivos internos del PLC.

En esta sección se muestran las asignaciones internas del PLC correspondientes a barreras de seguridad, tabllas de interconexión (clemas) y a los relevadores según aplique, esto con el fin de tener un control de los diferentes dispositivos a integrar en el PLC y del arreglo final del tablero.

ASIGNACION DE SEÑALES A DISPOSITIVOS INTERNOS DEL PLC								
EQUIPO:								
No.	SEÑALES ANALOGICAS AI-AO					TB-PLC	BARRERA	RELEVADOR
	INSTRUMENTO	PAR/TRIADA	TERMINAL	TIPO SEÑAL	MULTICONDUCTOR	TB1		
1	CIT-002	1	+	AI		1	B1	
			-			2		
			PANTALLA			3		
2	FT-021	2	+	AI		4	B2	
			-			5		
			PANTALLA			6		
3	WIT-003	3	+	AI		7	B3	
			-			8		
			PANTALLA			9		
4	VT-027	4	+	AI		10	B4	
			-			11		
			PANTALLA			12		
5	PIT-010	5	+	AI		13	B5	
			-			14		
			PANTALLA			15		
6	ST-010	6	+	AI		16	B6	
			-			17		
			PANTALLA			18		
7	ST-011	7	+	AI		19	B7	
			-			20		
			PANTALLA			21		
8	SY-VMS302A	8	+	AI	M16P-JBC01-01-01	22	B8	
			-			23		
			PANTALLA			24		
9	SY-VMS302B	9	+	AI		25	B9	
			-			26		
			PANTALLA			27		
10	TT-025	10	+	AI		28	B10	
			-			29		
			PANTALLA			30		
11	MT-025	11	+	AI		31	B11	
			-			32		
			PANTALLA			33		
12	FY-021A	12	+	AO		34	B14	
			-			35		
			PANTALLA			36		
13	RESERVA	13		RESERVA		37	-	
						38		
						39		
14	RESERVA	14		RESERVA		40	-	
						41		
						42		
15	RESERVA	15		RESERVA		43	-	
						44		
						45		
16	RESERVA	16		RESERVA		46	-	
						47		
						48		
17	TE-048	1	+	RTD	M6T-JBC01-01-01	55	B15	
			-			56		
						57		
18	TE-049	2	+	RTD		58	B16	
			-			59		
						60		
19	TE-050	3	+	RTD		61	B17	
			-			62		
						63		
20	RESERVA	4		RESERVA		64	-	
						65		
						66		
21	RESERVA	5		RESERVA		67		
						68		
						69		
22	RESERVA	6		RESERVA		70		
						71		
						72		

ASIGNACION DE SEÑALES A DISPOSITIVOS INTERNOS DEL PLC								
EQUIPO:								
No.	SEÑALES DIGITALES DI					TB-PLC	BARRERA	RELEVADOR
	INSTRUMENTO	PAR/TRIADA	TERMINAL	TIPO SEÑAL	MULTICONDUCTOR	TB2		
1	ZSC-021BF	1	C	DI	M24P-JBC01-02-01	1	B18	
			NA			2		
2	ZSC-021CF	2	C	DI		3	B19	
			NA			4		
3	ZSC-003W	3	C	DI		5	B20	
			NA			6		
4	LSH-014	4	C	DI		7	B21	
			NA			8		
5	LSHH-014	5	C	DI		9	B22	
			NA			10		
6	LSL-014	6	C	DI		11	B23	
			NA			12		
7	ZSC-066	7	C	DI		13	B24	
			NA			14		
8	YSC-022	8	C	DI		15	B25	
			NA			16		
9	YSO-022	9	C	DI		17	B26	
			NA			18		
10	YSC-023	10	C	DI		19	B27	
			NA			20		
11	YSO-023	11	C	DI		21	B28	
			NA			22		
12	YSC-024	12	C	DI		23	B29	
			NA			24		
13	YSC-025	13	C	DI		25	B30	
			NA			26		
14	YSC-026	14	C	DI		27	B31	
			NA			28		
15	YSO-026	15	C	DI		29	B32	
			NA			30		
16	RESERVA	16		RESERVA		31		
17	RESERVA	17		RESERVA		32		
				33				
18	RESERVA	18		RESERVA		34		
				35				
19	RESERVA	19		RESERVA		36		
				37				
20	RESERVA	20		RESERVA		38		
				39				
21	RESERVA	21		RESERVA		40		
				41				
22	RESERVA	22		RESERVA		42		
				43				
23	RESERVA	23		RESERVA		44		
				45				
24	RESERVA	24		RESERVA		46		
				47				
						48		

ASIGNACION DE SEÑALES A DISPOSITIVOS INTERNOS DEL PLC								
EQUIPO:								
No.	SEÑALES DIGITALES DI					TB-PLC	BARRERA	RELEVADOR
	INSTRUMENTO	PAR/TRIADA	TERMINAL	TIPO SEÑAL	MULTICONDUCTOR	TB2		
1	YSO-027	1	C	DI	M12P-JBC01-03-01	49	B33	
			NA			50		
2	YSC-028	2	C	DI		51	B34	
			NA			52		
3	YSO-028	3	C	DI		53	B35	
			NA			54		
4	YSO-030	4	C	DI		55	B36	
			NA			56		
5	TSH-004	5	C	DI		57	B37	
			NA			58		
6	TSH-005	6	C	DI		59	B38	
			NA			60		
7	HS-020	7	C	DI		61	B39	
			NA			62		
8	RESERVA	8	C	DI		63	B40	
			NA			64		
9	RESERVA	9	C	DI		65	B41	
			NA			66		
10	RESERVA	10	C	DI		67	B42	
			NA			68		
11	RESERVA	11	C	DI		69	B43	
			NA			70		
12	RESERVA	12		RESERVA		71		
						72		
No.	SEÑALES DIGITALES DO Y SUMINISTRO 24 VCD					TB-PLC	BARRERA	RELEVADOR
	INSTRUMENTO	PAR/TRIADA	TERMINAL	TIPO SEÑAL	MULTICONDUCTOR	TB2		
1	FX-021B	1	+	DO	M12P-JBC01-04-01	81	B44	R1
			-			82		
2	FX-021C	2	+	DO		83	B45	R2
			-			84		
3	WX-003	3	+	DO		85	B46	R3
			-			86		
4	ZY-066	4	+	DO		87	B47	R4
			-			88		
5	XV-070	5	+	DO		89	B48	R5
			-			90		
6	FT-021	6	+	ALIM		91		
			-			92		
7	CIT-002	7		ALIM		93		
						94		
8	VT-027	8		ALIM		95		
						96		
9	TT-025	9		ALIM		97		
						98		
10	MT-025	10		ALIM		99		
						100		
11	WIT-003	11		ALIM		101		
						102		
12	RESERVA	12		RESERVA		103		
						104		

ASIGNACION DE SEÑALES A DISPOSITIVOS INTERNOS DEL PLC									
EQUIPO:									
No.	SEÑALES DIGITALES DI-DO					TB-PLC	BARRERA	RELEVADOR	
	INSTRUMENTO	PAR/TRIADA	TERMINAL	TIPO SEÑAL	MULTICONDUCTOR	TB2			
1	FSL-013	1	C NA	DI	M8P-TLC01-01-01	105 106	B49		
2	FSL-014	2	C NA	DI		107 108		B50	
3	FSL-017	3	C NA	DI		109 110	B51		
4	XV-067	4	+ -	DO		111 112		B52	R6
5	XV-068	5	+ -	DO		113 114	B53		R7
6	XV-076	6	+ -	DO		115 116		B54	R8
7	RESERVA	7		RESERVA		117			
8	RESERVA	8		RESERVA		118 119 120			
No.	SEÑALES ANALOGICAS AI DIGITALES DI-DO					TB-PLC	BARRERA	RELEVADOR	
	INSTRUMENTO	PAR/TRIADA	TERMINAL	TIPO SEÑAL		MULTICONDUCTOR			TB1
1	AT-008A	1	+ - PANTALLA	AI		M2P-TLC01-02-01	49 50 51	B12	
2	AT-008B	2	+ - PANTALLA	AI			52 53 54		B13
3	FSL-012	3	C NA	DI	M2P-TLC01-02-02		TB2 121 122	B55	
4	FSL-016	4	C NA	DI			123 124		B56
5	RESERVA	5							
6	RESERVA	6							
7	RESERVA	7							
8	RESERVA	8							

ASIGNACION DE SEÑALES A DISPOSITIVOS INTERNOS DEL PLC								
EQUIPO:								
No.	PV-01					TB-PLC	BARRERA	RELEVADOR
	INSTRUMENTO	PAR/TRIADA	TERMINAL	TIPO SEÑAL	MULTICONDUCTOR	TB2		
1	HSE-008	1	C NA	DI	M12P-PV-01-01	125 126	B57	
2	PDSL-011	2	C NA	DI		127 128		B58
3	TSH-044	3	C NA	DI		129 130	B59	
4	HS-001	4	C NA	DI		131 132		B60
5	HS-013	5	C NA	DI		133 134	B61	
6	XL-013	6	+ -	DO		135 136		B62
7	XL-008	7	+ -	DO		137 138	B63	
8	XV-074	8	+ -	DO		139 140		B64
9	RESERVA	9		RESERVA		141 142		
10	RESERVA	10		RESERVA		143 144		
11	RESERVA	11		RESERVA		145 146		
12	RESERVA	12		RESERVA		147 148		

## IV.2.2 Generación de lazos de control

Una vez que se cuenta con la documentación necesaria y los procedimientos definidos se procede a elaborar los diferentes diagramas de lazo que como se comento son la base para el cableado de instrumentos a cajas unión, localización de fallas en el alambrado, etc.

Para la presentación de los lazos se hace una clasificación por variable y de acuerdo al servicio que realizan en el proceso. Se presenta el listado de lazos de acuerdo a la variable y a los instrumentos que intervienen en el lazo.

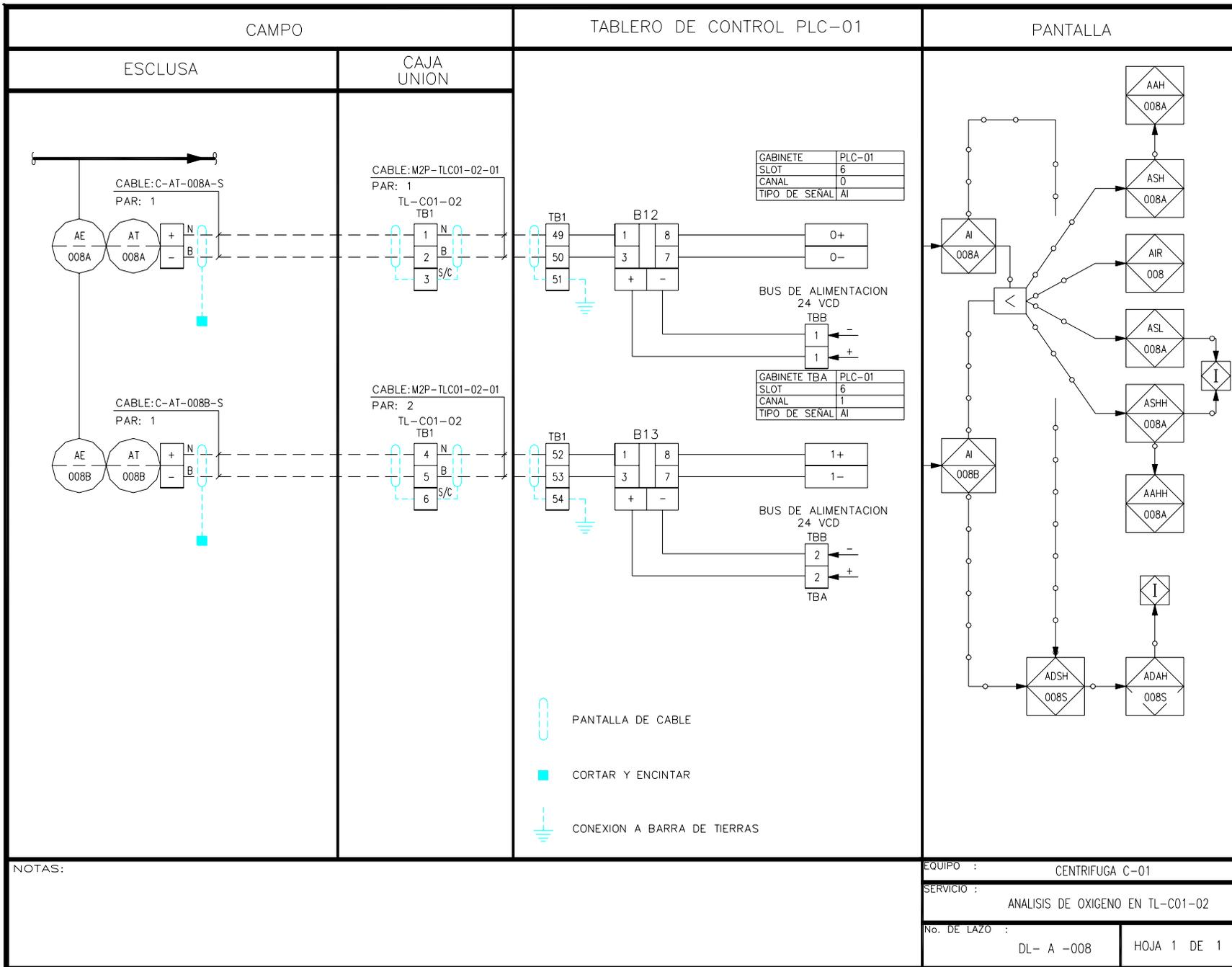
LISTADO DE LAZOS DE CONTROL						
EQUIPO:		CENTRIFUGA C-01				
No.	TAG	SERVICIO DE LAZO	TIPO DE SEÑAL	LOC	LAZO DE CONTROL	NOTAS
1	AE-008A	ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	-	TL	DL-A-008	
	AT-008A		AI	TL		
	AE-008B		-	TL		
	AT-008B		AI	TL		
	AI-008A		-	PLC		
	AI-008B		-	PLC		
	AIR-008		-	PLC		
	ASH-008A		-	PLC		
	AAH-008A		-	PLC		
	ASHH-008A		-	PLC		
	AAHH-008A		-	PLC		
	ASL-008A		-	PLC		
	ADAH-008		-	PLC		
	ADSH-008S		-	PLC		
2	CE-002	ANALISIS DE CONDUCTIVIDAD EN LA DESCARGA DE AGUAS MADRES	-	C	DL-C-002	
	CIT-002		AI	C		
	CIR-002		-	PLC		
	CSL-002		-	PLC		
3	FSL-012	TABLERO DE ANALISIS DE OXIGENO TL-C01-02	DI	TL	DL-F-012	
	FAL-012		-	PLC		
	FSL-016		DI	TL		
	FAL-016		-	PLC		
4	FSL-013	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (LABERINTO) TL-C01-01	DI	TL	DL-F-013	
	FAL-013		-	PLC		
	XV-076		DO	TL		
5	FSL-014	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (BAJO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	DI	TL	DL-F-014	
	FAL-014		-	PLC		
	XV-067		DO	TL		
6	FSL-017	TABLERO DE PURGA DE NITROGENO (ALTO FLUJO DE NITROGENO) TL-C01-01	DI	TL	DL-F-017	
	FAL-017		-	PLC		
	XV-068		DO	TL		
7	FE-021	SUMINISTRO DE AGUAS MADRES Y LAVADOS A C-01	-	C	DL-F-021	
	FT-021		AI	C		
	FIC-021		-	PLC		
	FV-021A		-	C		
	FY-021A		AO	C		
	FQI-021		-	PLC		
	FQS-021		-	PLC		
8	FV-021B	SUMINISTRO DE SOLVENTE 1 A C-01 (LAVADO 1)	-	C	DL-F-021B	
	FX-021B		DO	C		
	ZSC-021BF		DI	C		
	ZLC-021BF		-	PLC		

LISTADO DE LAZOS DE CONTROL						
EQUIPO:		CENTRIFUGA C-01				
No.	TAG	SERVICIO DE LAZO	TIPO DE SEÑAL	LOC	LAZO DE CONTROL	NOTAS
9	FV-021C	SUMINISTRO DE SOLVENTE 2 A C-01 (LAVADO 2)	-	C	DL-F-021C	
	FX-021C		DO	C		
	ZSC-021CF		DI	C		
	ZLC-021CF		-	PLC		
10	HS-001	ARRANQUE / PARO DE C-01 DESDE PV-01	DI	C	DL-H-001	
11	HSE-008	PARO DE EMERGENCIA DE CENTRIFUGA C-01	DI	C	DL-H-008	
	XL-008		DO	C		
12	HS-013	RESTABLECIMIENTO DE CENTRIFUGA C-01	DI	C	DL-H-013	
	XL-013		DO	C		
13	HS-020	ARRANQUE / PARO DE MOTOR DE EXTRACTOR DE AIRE E-001 DESDE SISTEMA	DI	C	DL-H-020	
14	LSH-014	NIVEL EN TANQUE DE AGUAS MADRES T-001	DI	C	DL-L-014	
	LSHH-014		DI	C		
	LAHH-014		-	PLC		
	LSL-014		DI	C		
15	MT-025	MEDICION DE HUMEDAD EN ESCLUSA	AI	C	DL-M-025	
	MI-025		-	PLC		
16	PIT-010	RECEPTOR DE AGUAS MADRES DE CENTRIFUGA C-01 (PT1)	AI	C	DL-P-010	
	PI-010		-	PLC		
17	PDSL-011	SISTEMA DE PRESURIZACION DE GABINETE PV-01	DI	C	DL-P-011	
18	SE-010	CONTROL DE VELOCIDAD Y TEMPERATURA EN C-01	-	C	DL-S-010	
	ST-010		AI	C		
	SE-011		-	C		
	ST-011		AI	C		
	SIR-011		-	PLC		
	SI-011		-	PLC		
	SIC-011		-	PLC		
	SSH-011S		-	PLC		
	SAH-011S		-	PLC		
	TSH-004		DI	PLC		
	TAH-004		-	PLC		
	SY-VMS302A		AI	PLC		
	SY-VMS302B		AI	C		
	TSH-005		DI	C		
TAH-005	-	PLC				
19	TT-025	MEDICION DE TEMPERATURA EN ESCLUSA	AI	C	DL-T-025	
	TI-025		-	PLC		
20	TSH-044	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GABINETE PV-01 CENTRIFUGA C-01	DI	C	DL-T-044	
	XV-074		DO	C		
21	TE-048	TEMPERATURA EN CENTRIFUGA C-01 (B1, B2 Y B3)	RTD	C	DL-T-048	
	TAH-048		-	PLC		
	TE-049		RTD	C		
	TAH-049		-	PLC		
	TE-050		RTD	C		
	TAH-050		-	PLC		

LISTADO DE LAZOS DE CONTROL						
EQUIPO:		CENTRIFUGA C-01				
No.	TAG	SERVICIO DE LAZO	TIPO DE SEÑAL	LOC	LAZO DE CONTROL	NOTAS
22	VE-027	VIBRACION EN CENTRIFUGA C-01	-	C	DL-V-027	
	VT-027		AI	C		
	VI-027		-	PLC		
	VAH-027		-	PLC		
	VAHH-027V		-	PLC		
23	WE-003	SISTEMA DE PESAJE DE PRODUCTO SOLIDO EN C-01	-	C	DL-W-003	
	WIT-003		AI	C		
	WI-003		-	PLC		
	WIR-003		-	PLC		
	WSH-003W		-	PLC		
	WAH-003W		-	PLC		
	WQI-003		-	PLC		
	WQS-003		-	PLC		
	WV-003		-	C		
	WX-003		DO	C		
	ZSC-003W		DI	C		
	ZLC-003W		-	PLC		
24	XV-066	SUMINISTRO DE NITROGENO DE SOPLADO DE TUBERIA DE SUMINISTRO DE SUSPENSION A C-01	-	C	DL-X-066	
	ZY-066		DO	C		
	ZSC-066		DI	C		
	ZLC-066		-	PLC		
25	XV-070	SUMINISTRO DE AIRE A BOMBA DE P-001	DO	C	DL-X-070	
26	YSC-022	COMPARTIMIENTO 1 CERRADO (S7) / ABIERTO (S3)	DI	C	DL-Y-022	
	YLC-022		-	PLC		
	YSO-022		DI	C		
	YLO-022		-	PLC		
27	YSC-023	COMPARTIMIENTO 2 CERRADO (S8) / ABIERTO (S4)	DI	C	DL-Y-023	
	YLC-023		-	PLC		
	YSO-023		DI	C		
	YLO-023		-	PLC		
28	YSC-024	COMPARTIMIENTO 3 CERRADO (S9)	DI	C	DL-Y-024	
	YLC-024		-	PLC		
29	YSC-025	COMPARTIMIENTO 4 CERRADO (S13)	DI	C	DL-Y-025	
	YLC-025		-	PLC		
30	YSC-026	COMPARTIMIENTO 5 CERRADO (S12) / EJE BLOQUEADO ABIERTO (S11)	DI	C	DL-Y-026	
	YLC-026		-	PLC		
	YSO-026		DI	C		
	YLO-026		-	PLC		
31	YSO-027	CAJA DE FILTRO ABIERTA (S10)	DI	C	DL-Y-027	
	YLO-027		-	PLC		
32	YSC-028	CAJA DE SOLIDOS CERRADA (S1) / ABIERTYA (S2)	DI	C	DL-Y-028	
	YLC-028		-	PLC		
	YSO-028		DI	C		
	YLO-028		-	PLC		
33	YSO-030	CAJA DE FILTRO ABIERTA (S14)	DI	C	DL-Y-030	
	YLO-030		-	PLC		

IV.2.2.1 Lazos de control de análisis.

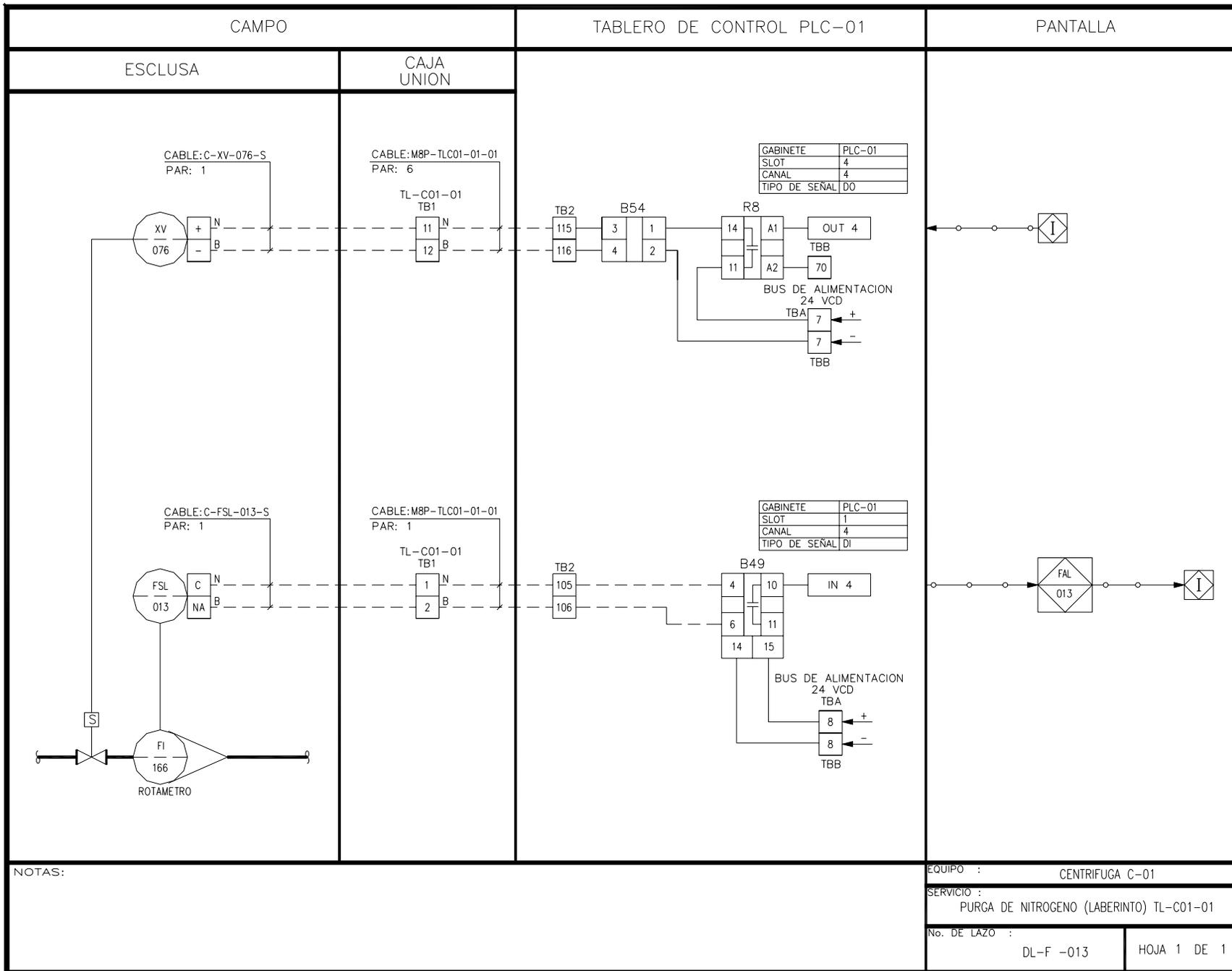
1. Análisis de oxígeno en TL-C01-02





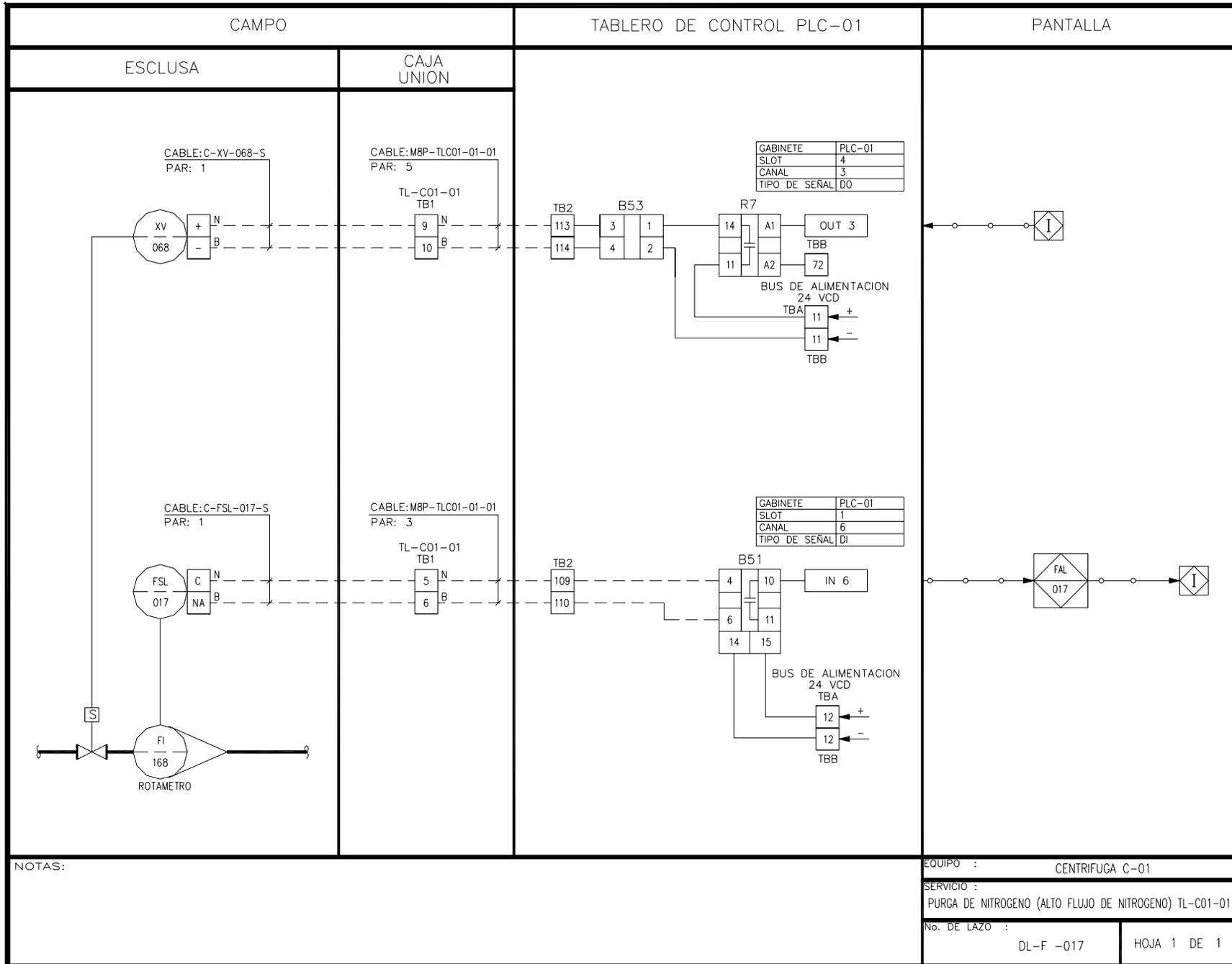


2. Purga de Nitrógeno (laberinto) TL-C01-01.





4. Purga de Nitrógeno (Alto Flujo de Nitrógeno) TL-C01-01.



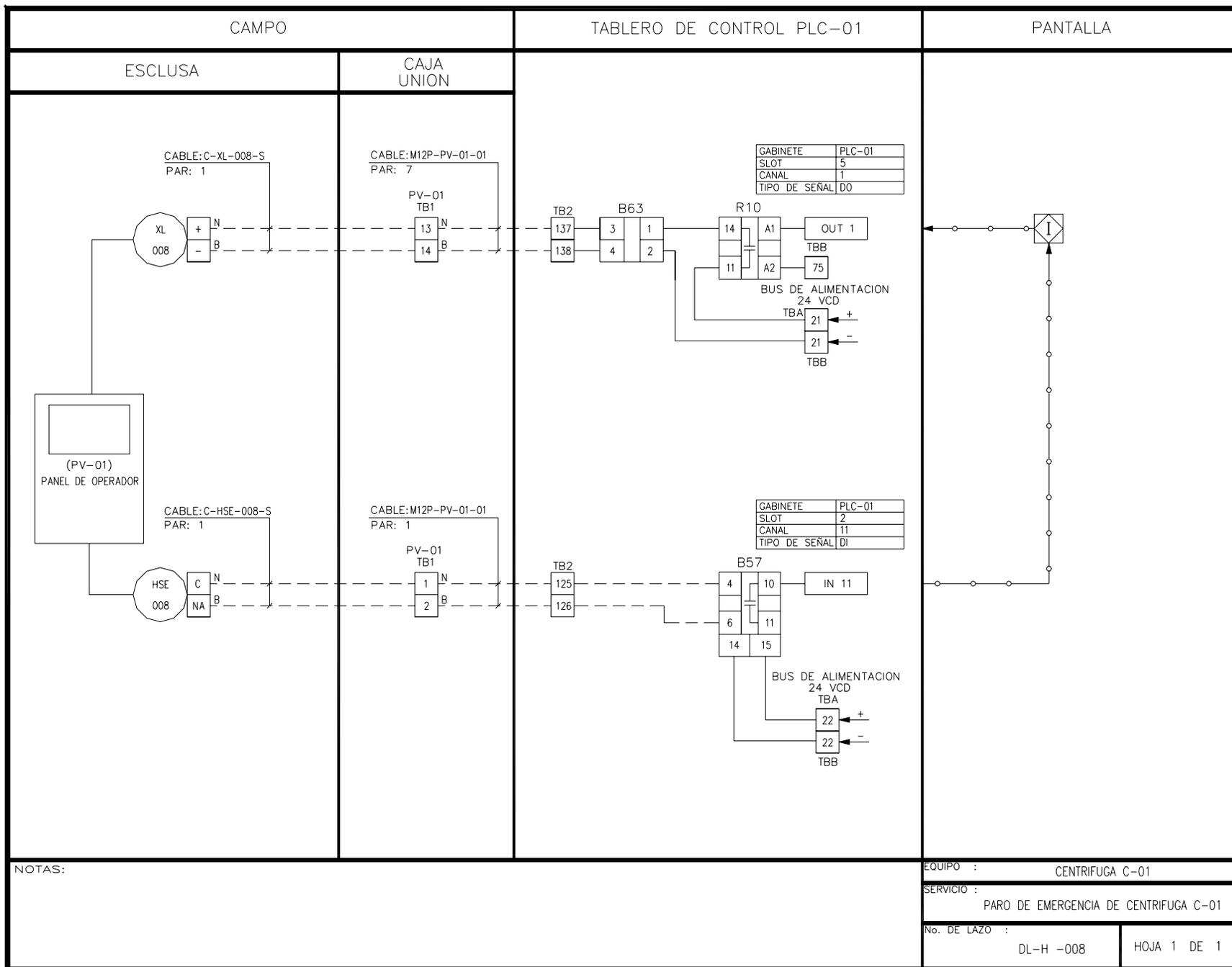


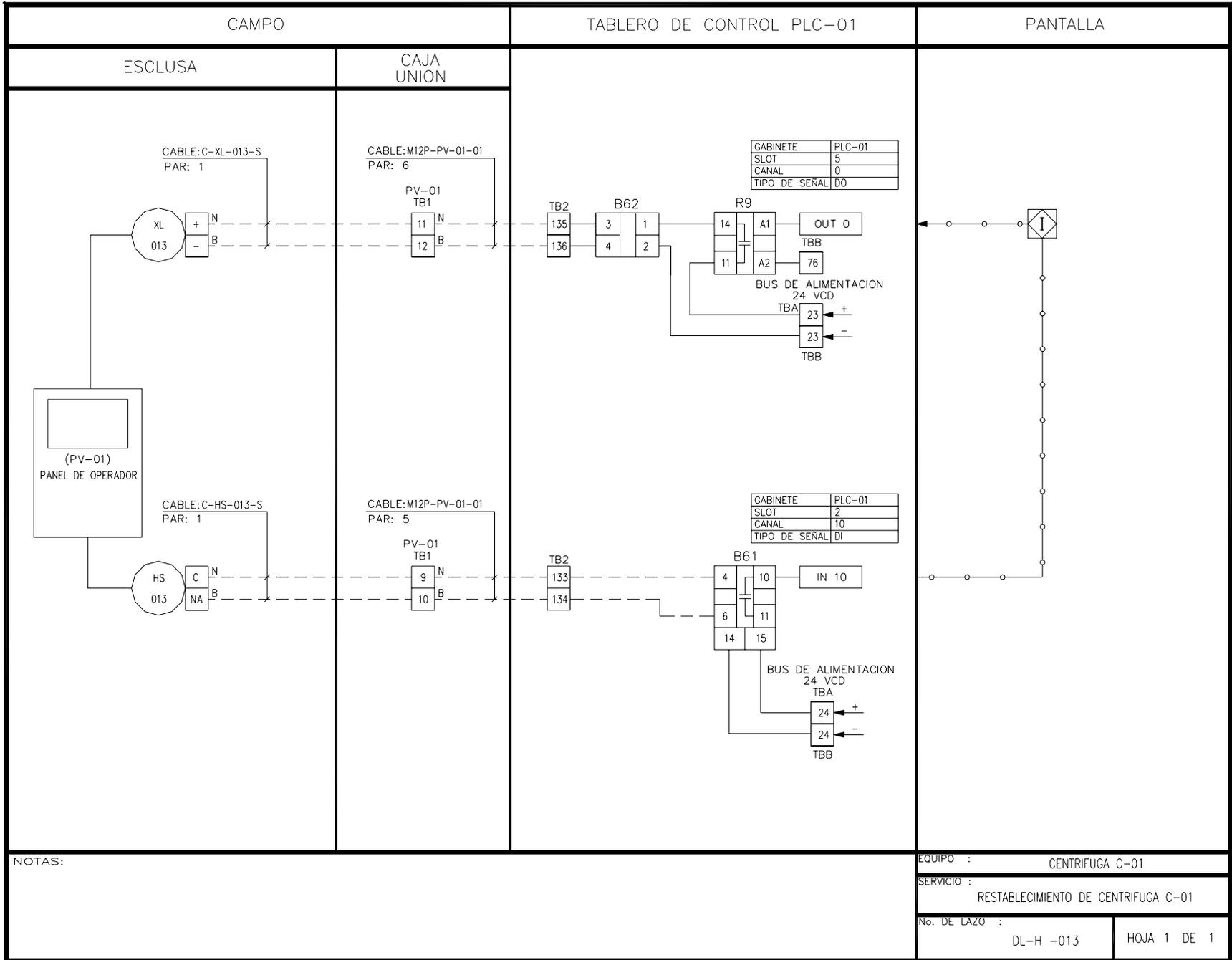




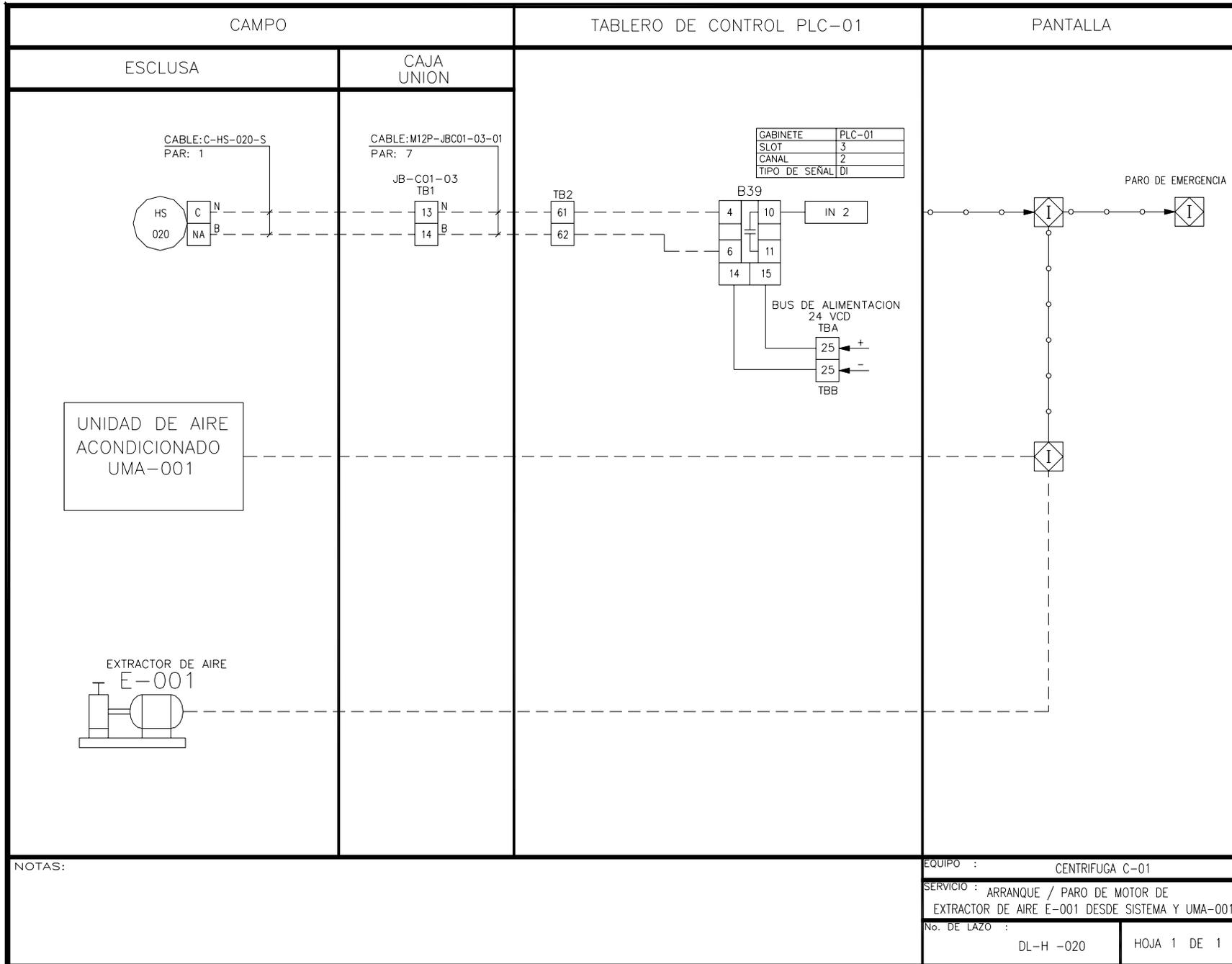


2. Paro de Emergencia de Centrifuga C-01.





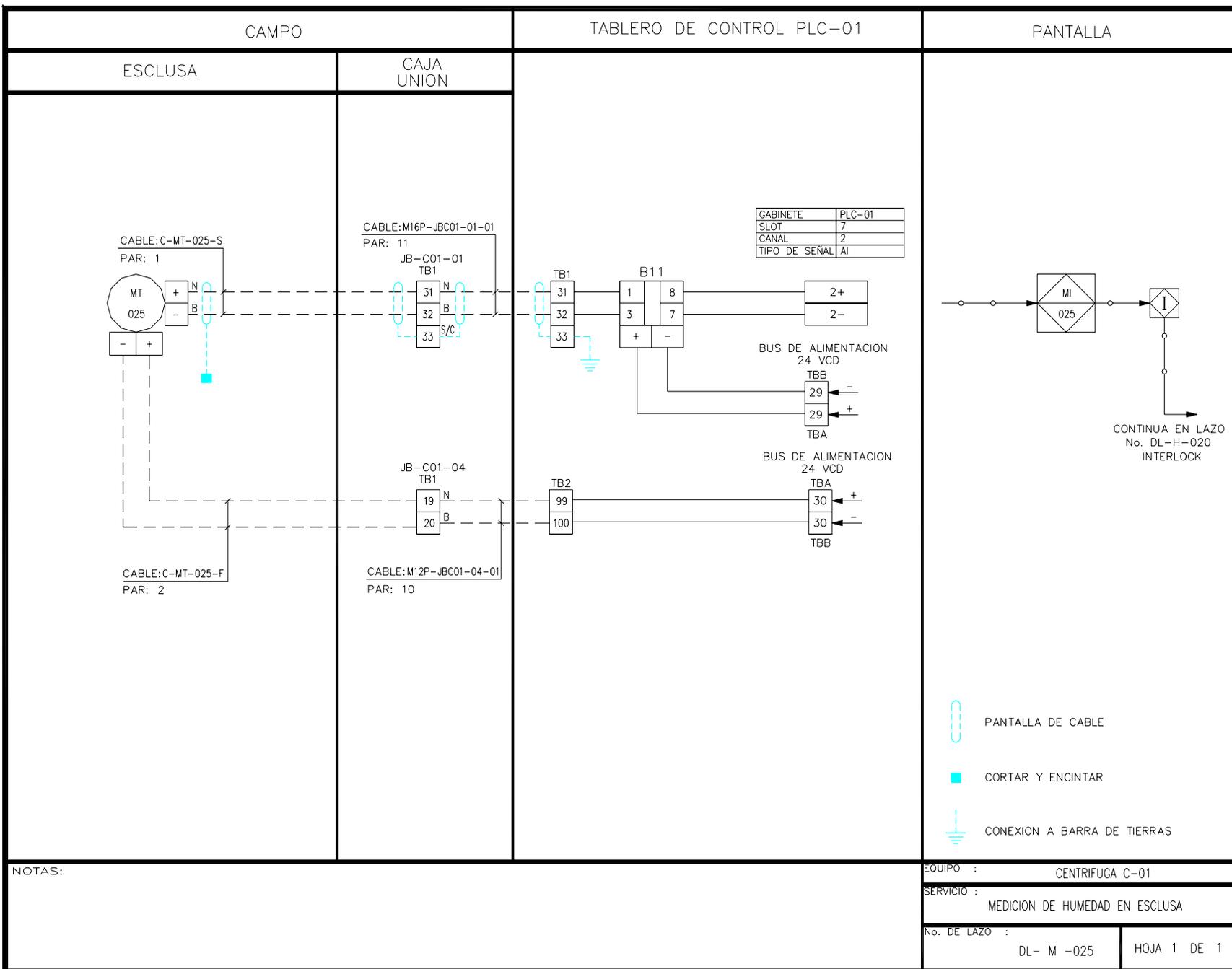
4. Arranque / Paro de motor extractor de aire y UMA-001 desde Sistema.





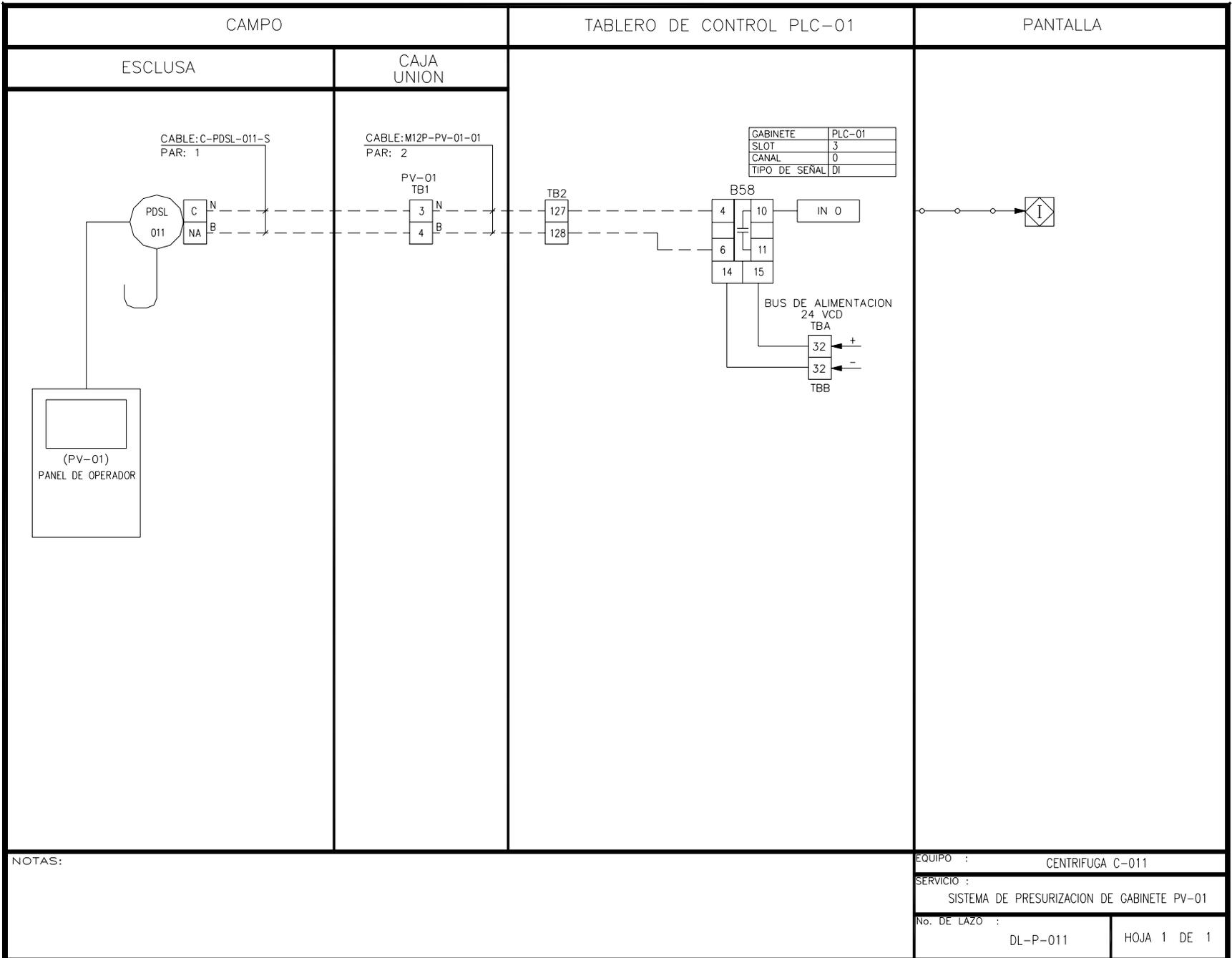
IV.2.2.6 Lazos de control de humedad.

1. Medición de Humedad en Esclusa.



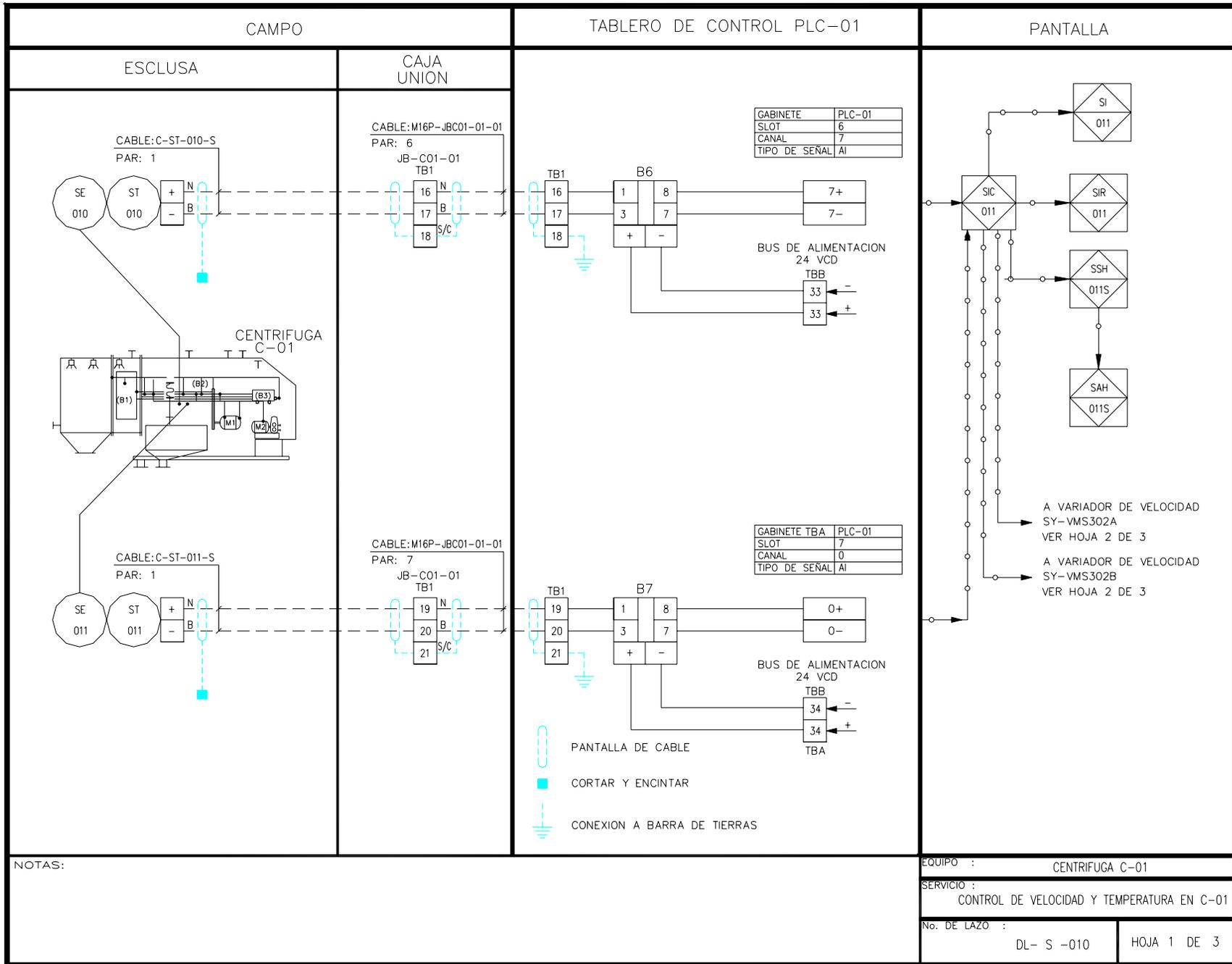


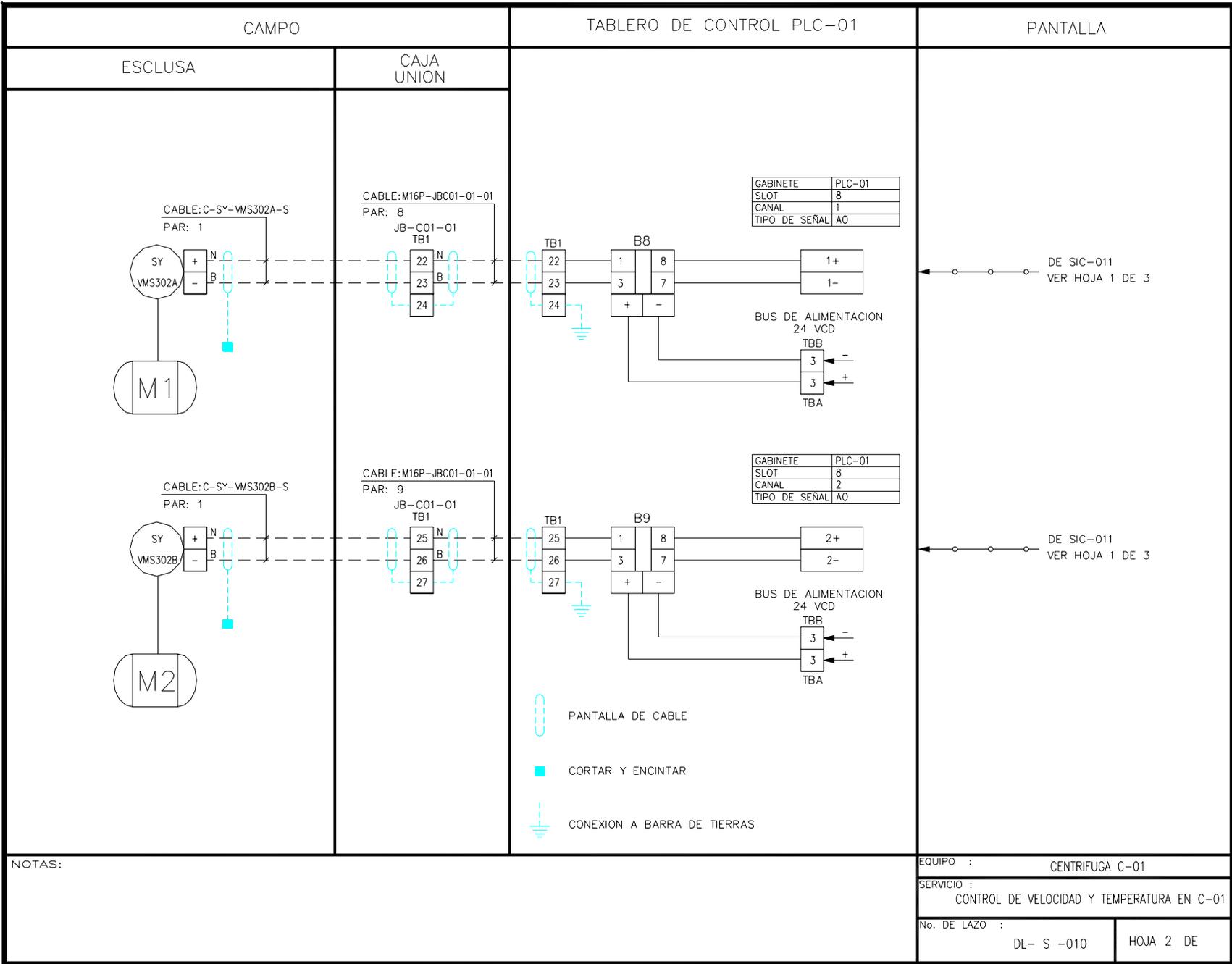
2. Sistema de presurización de gabinete PV-01.

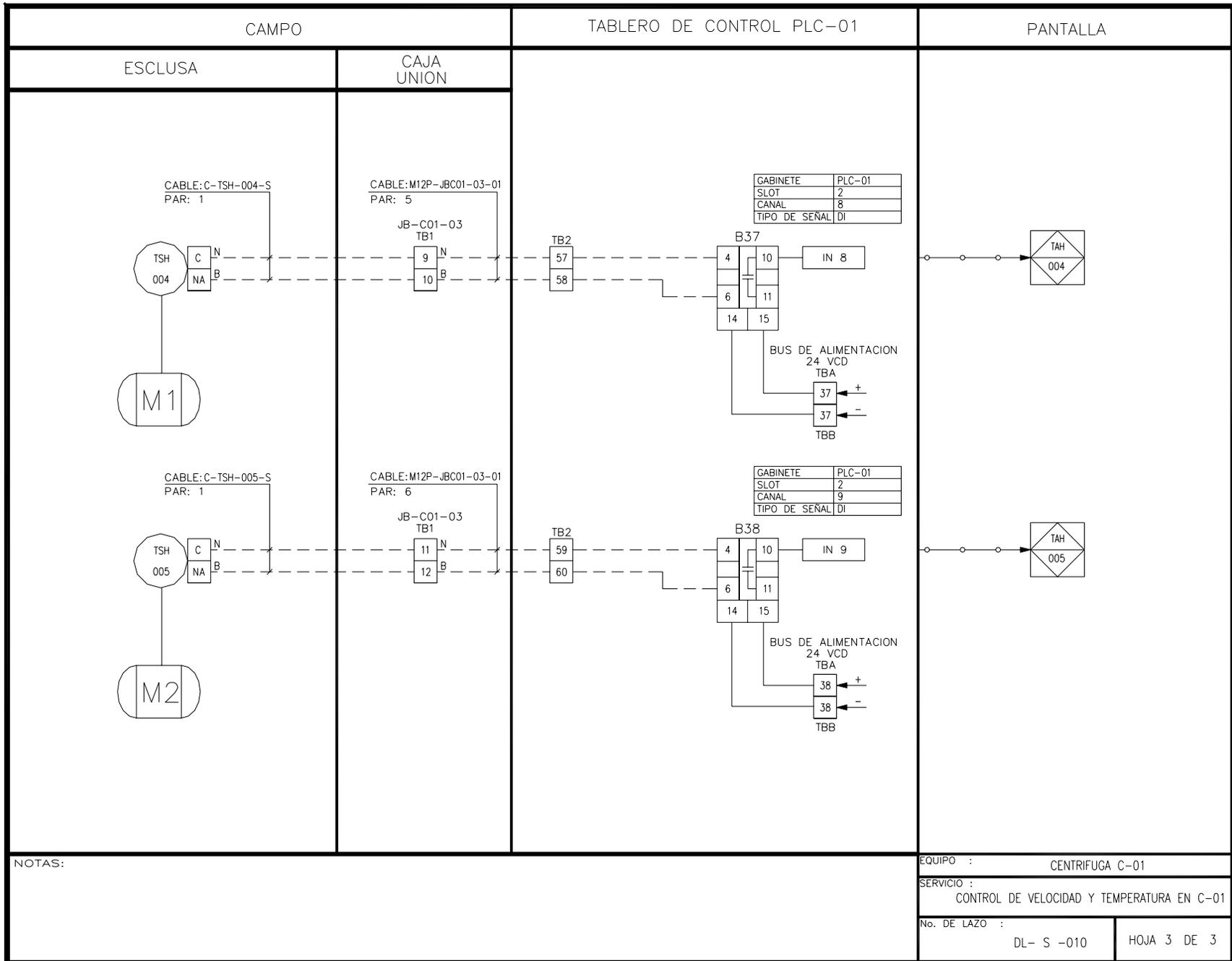


IV.2.2.8 Lazos de control de velocidad.

1. Control de Velocidad y Temperatura en C-01.

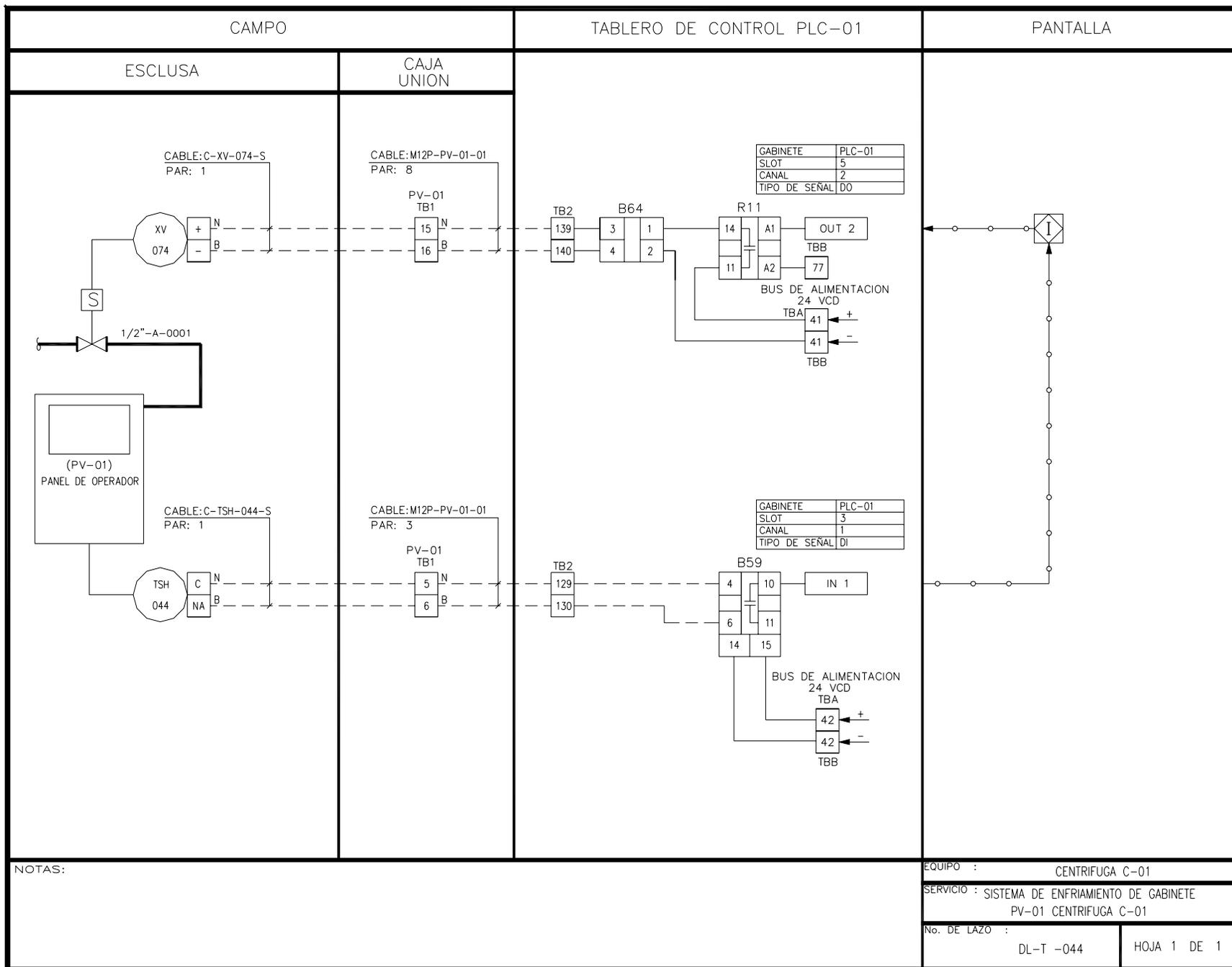




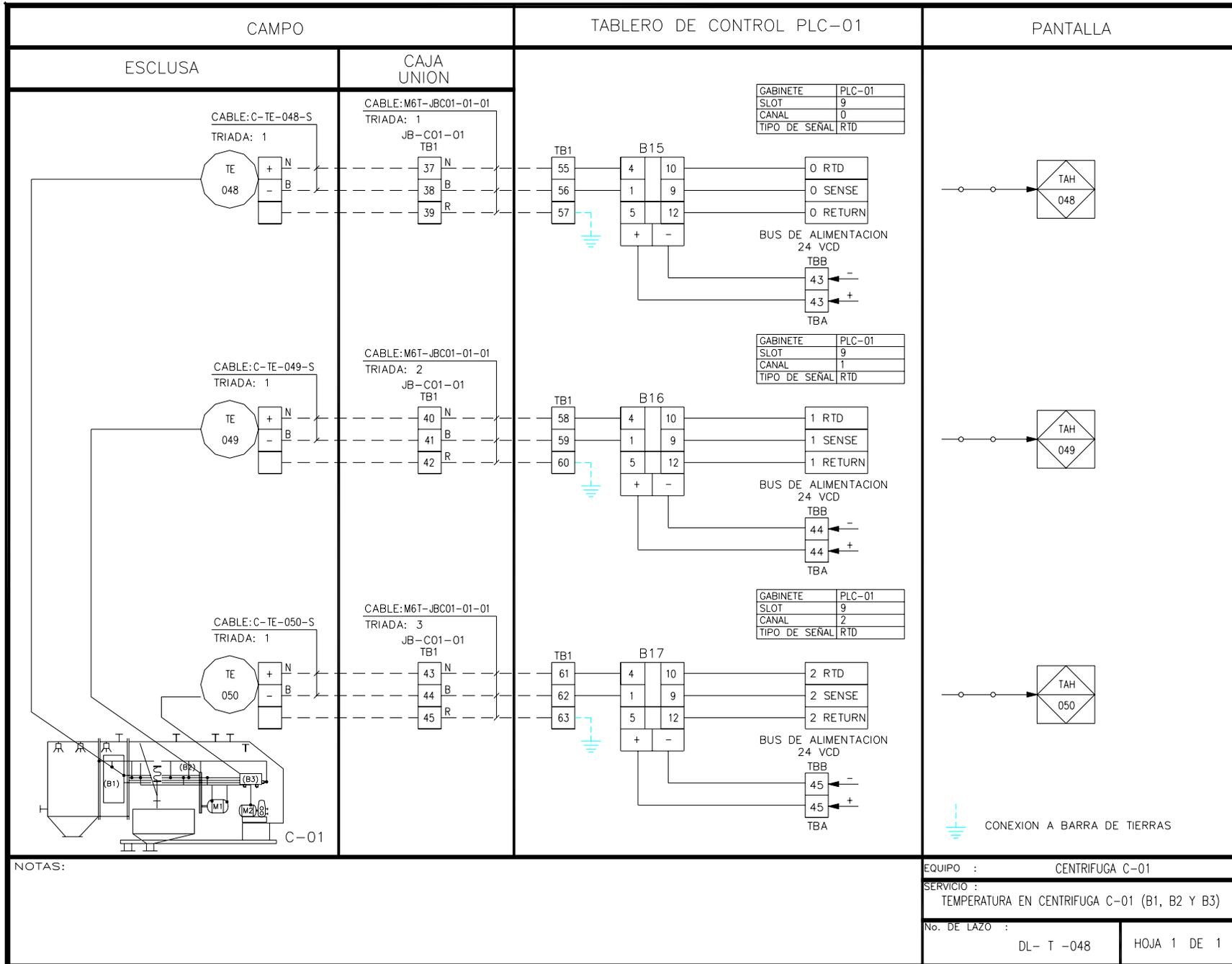




2. Sistema de Enfriamiento de gabinete PV-01 Centrifuga C-01.

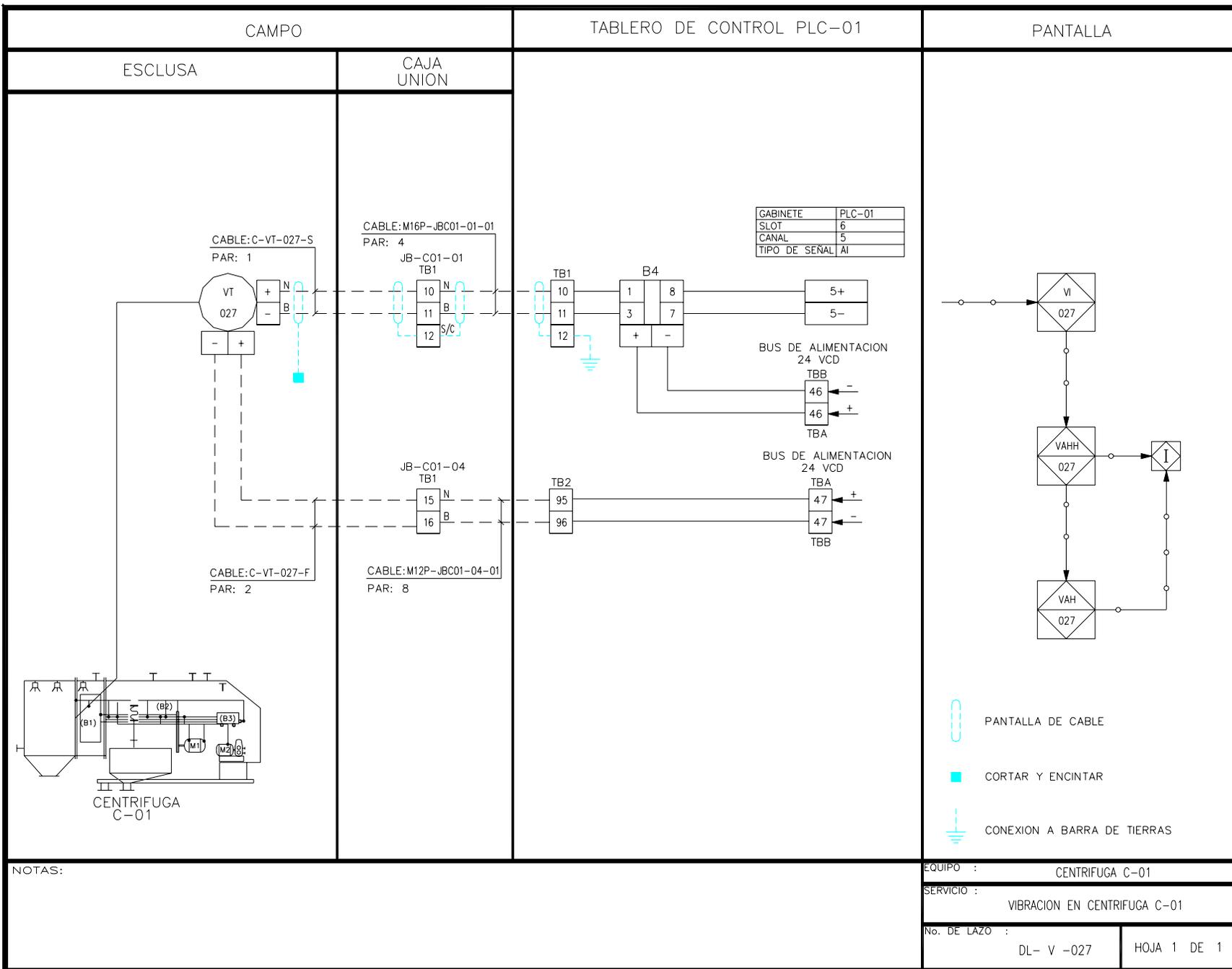


3. Temperatura en Centrífuga C-01 (B1, B2 y B3)



IV.2.2.10 Lazos de control de vibración.

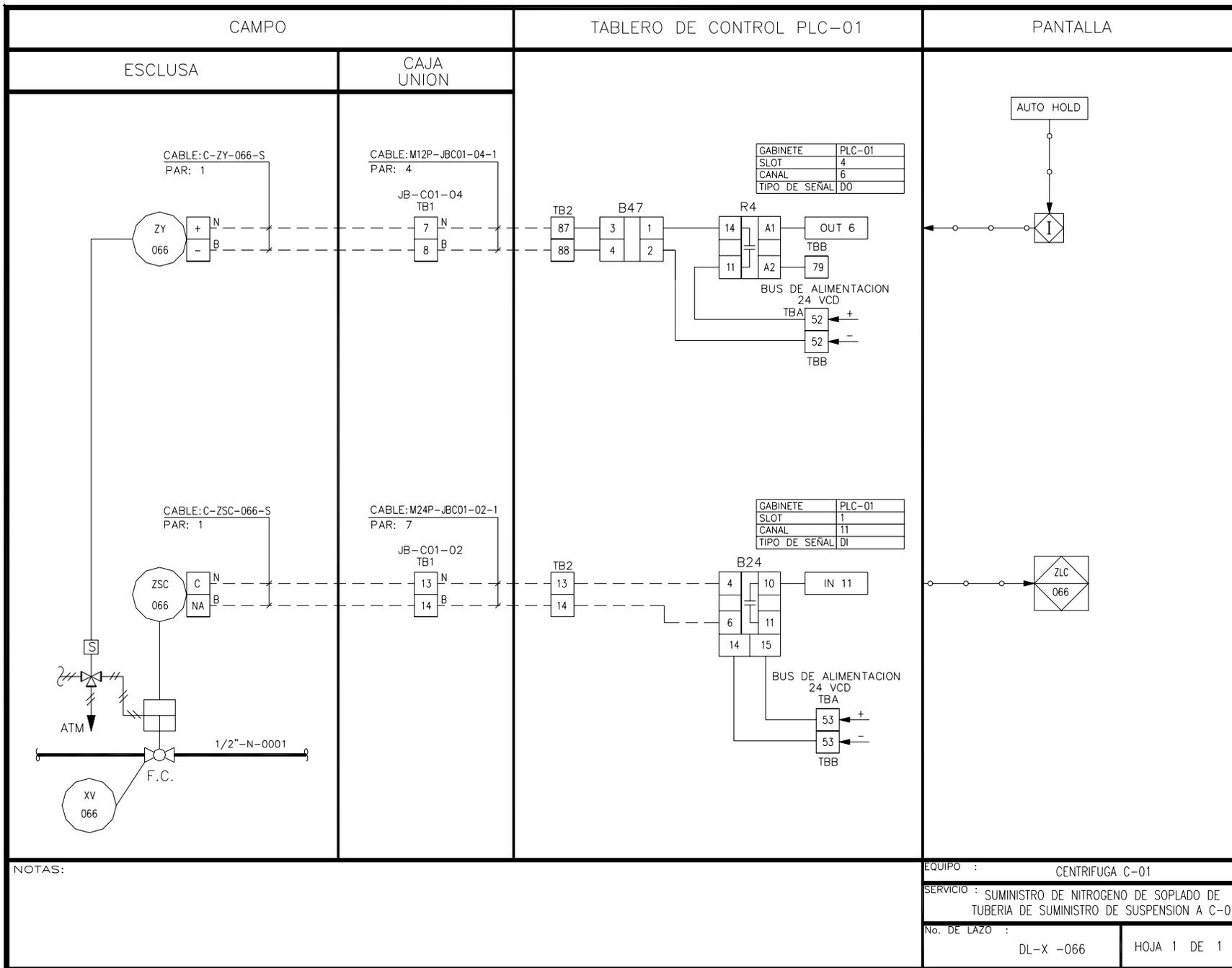
1. Vibración en Centrífuga C-01.



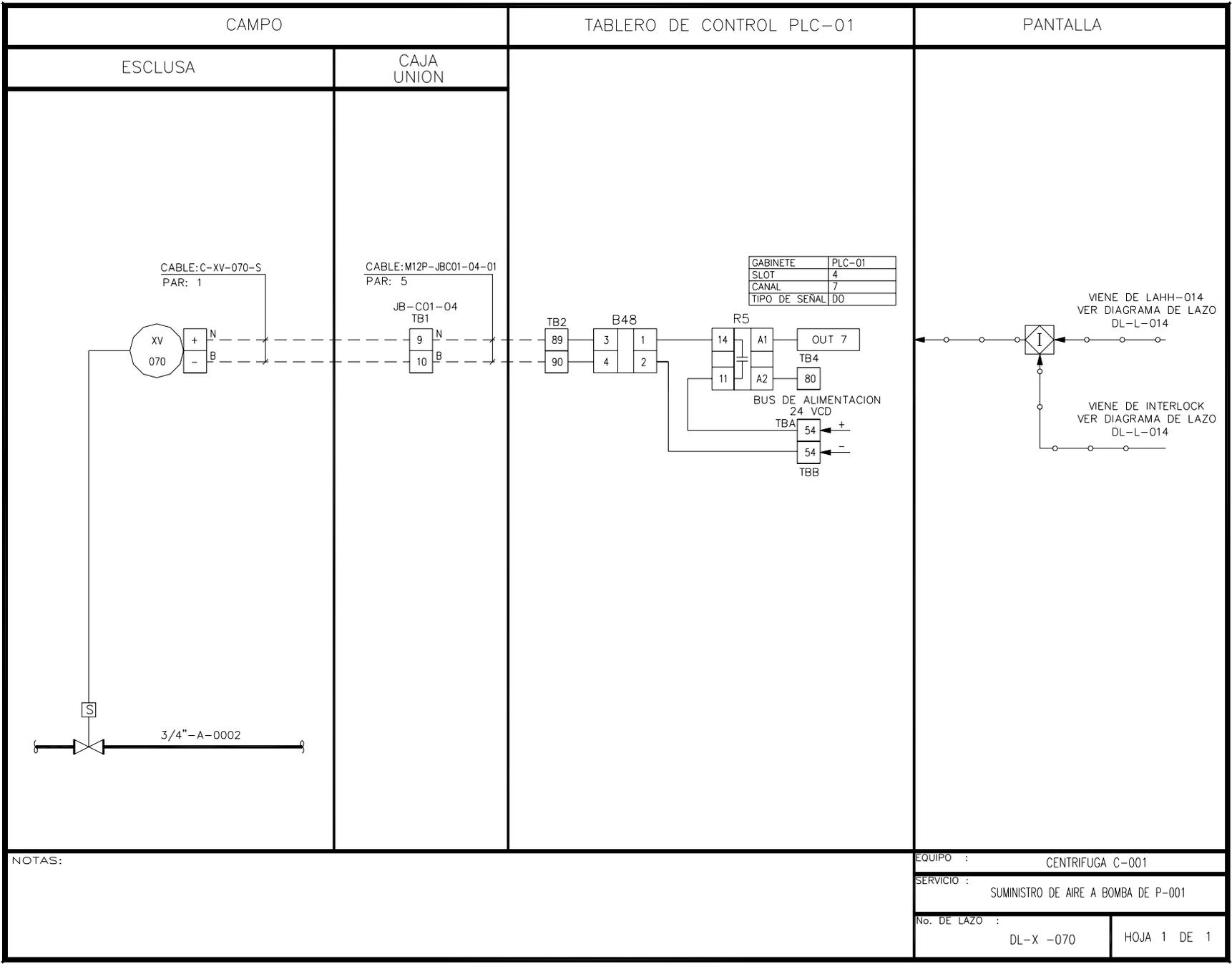


IV.2.2.12 Lazos de control de válvulas.

1. Suministro de Nitrógeno de soplado de tubería de suministro de suspensión a C-01.

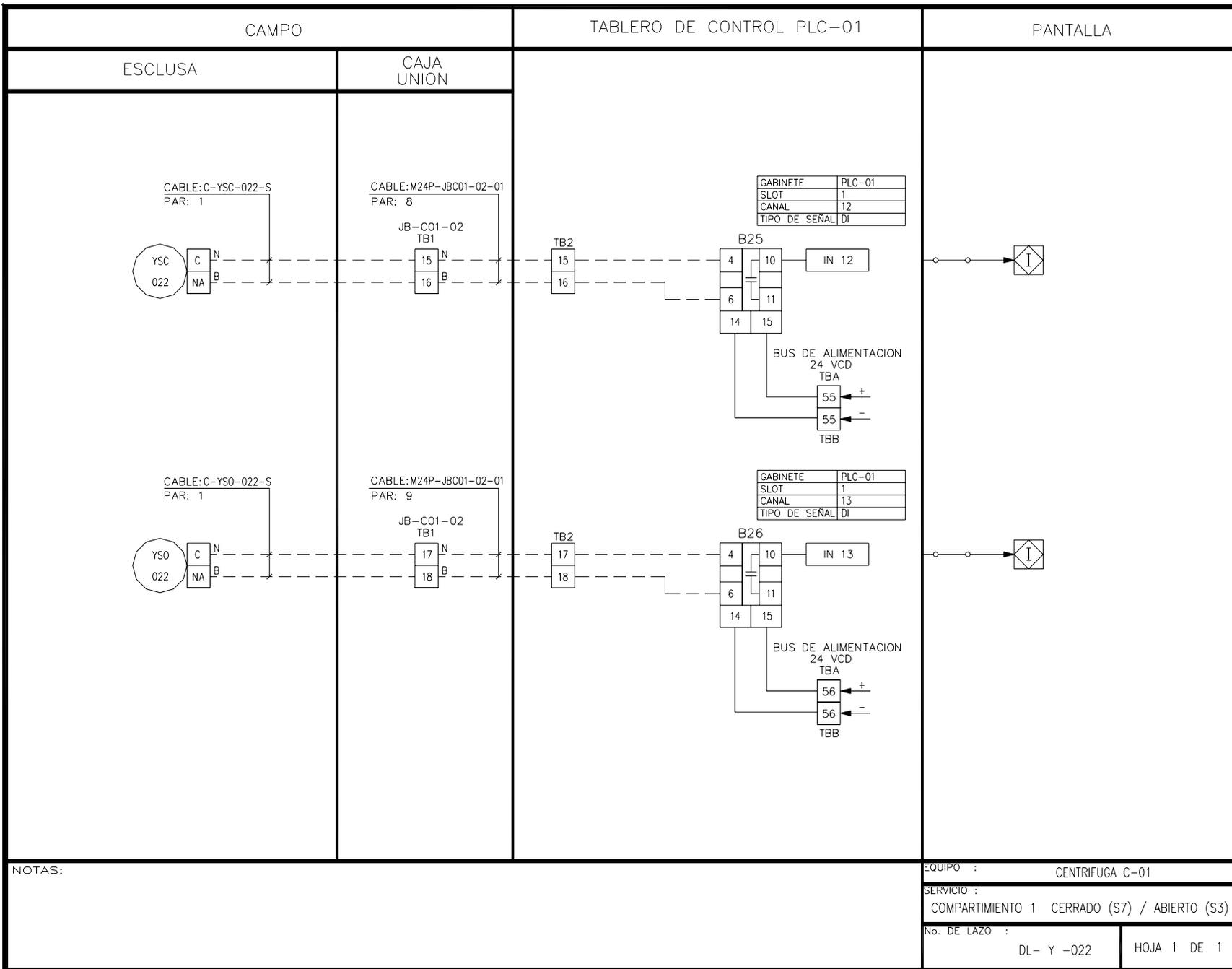


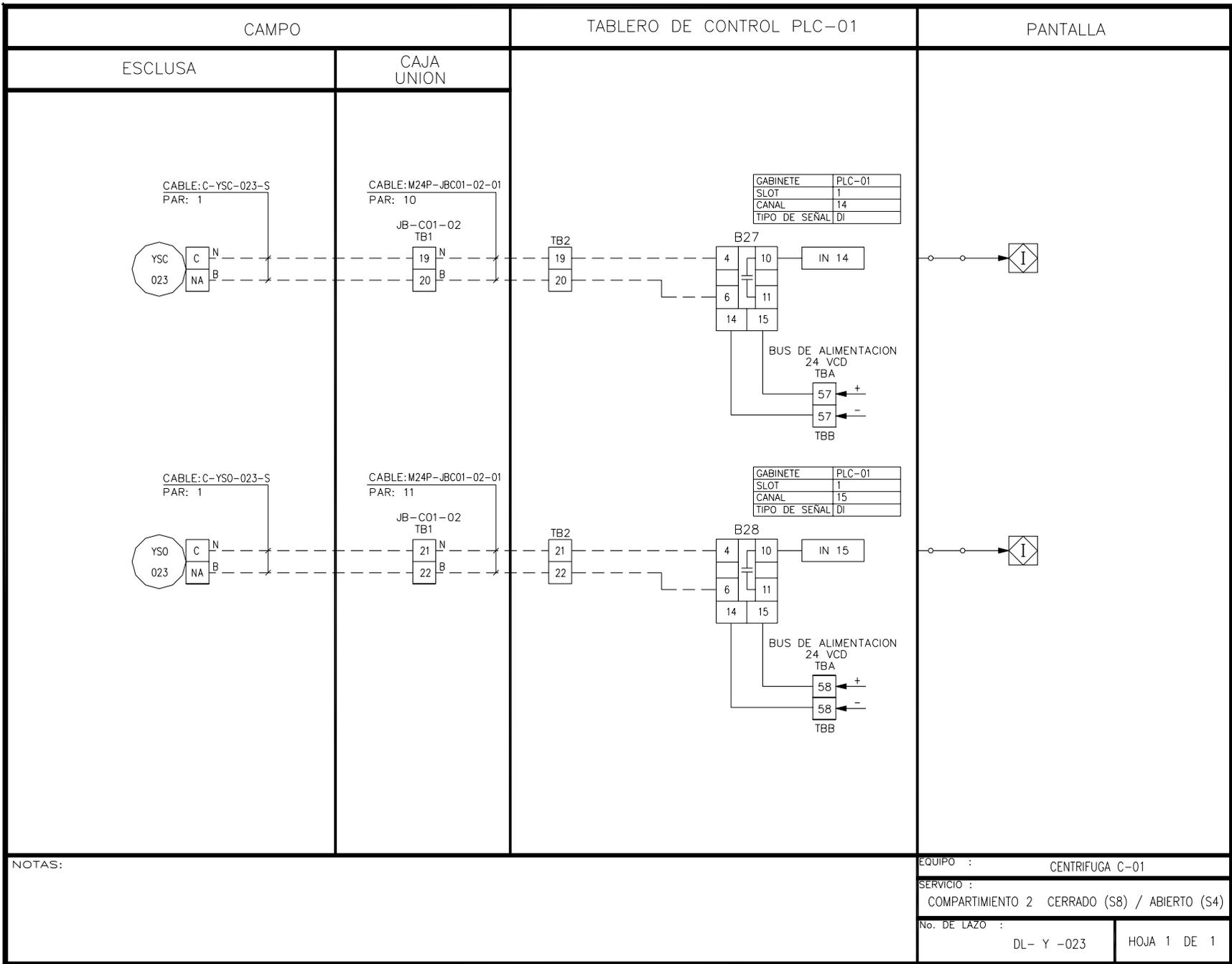
2. Suministro de Aire a Bomba de P-001.



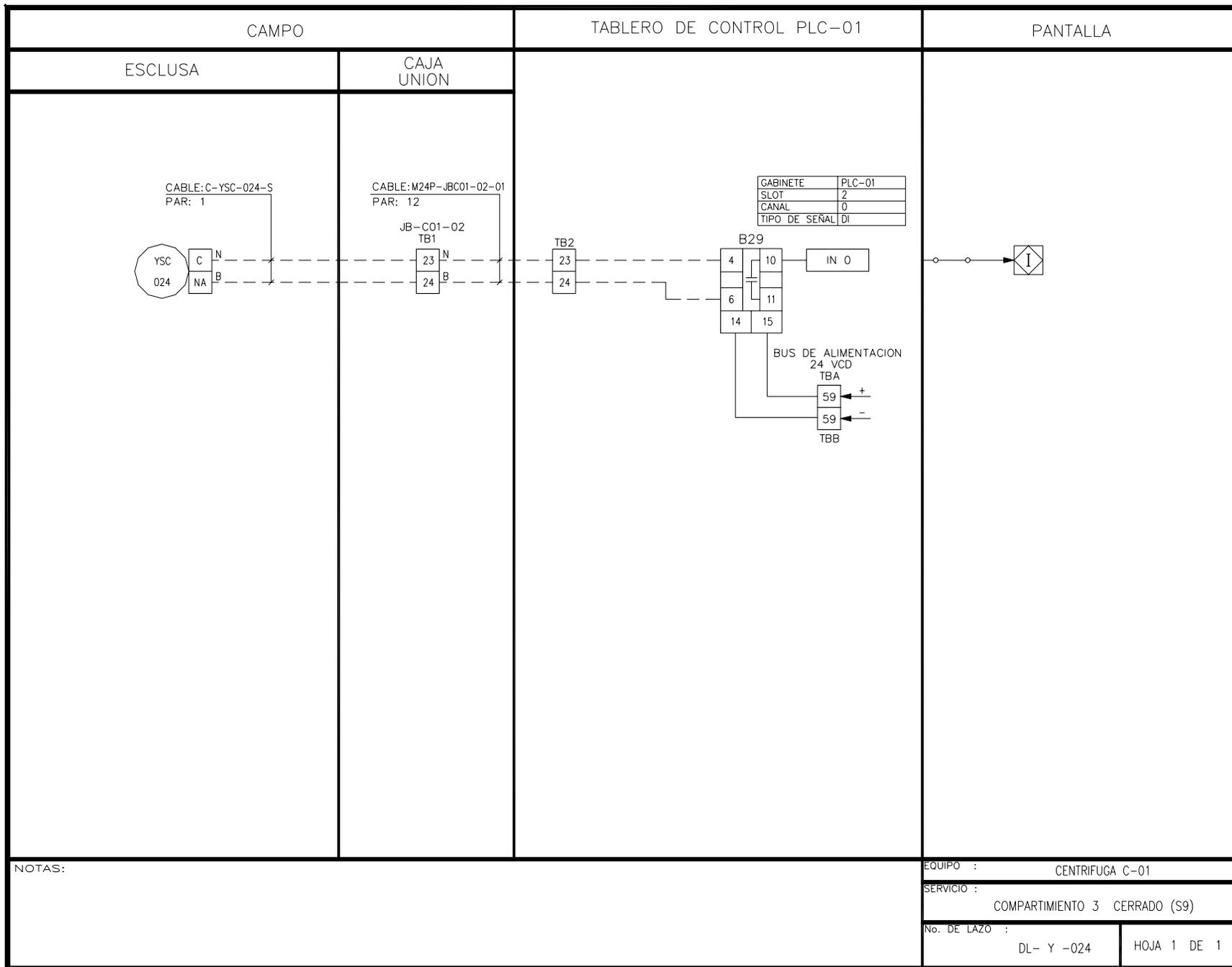
IV.2.2.13 Lazos de control de permisos.

1. Compartimiento 1 cerrado / abierto.

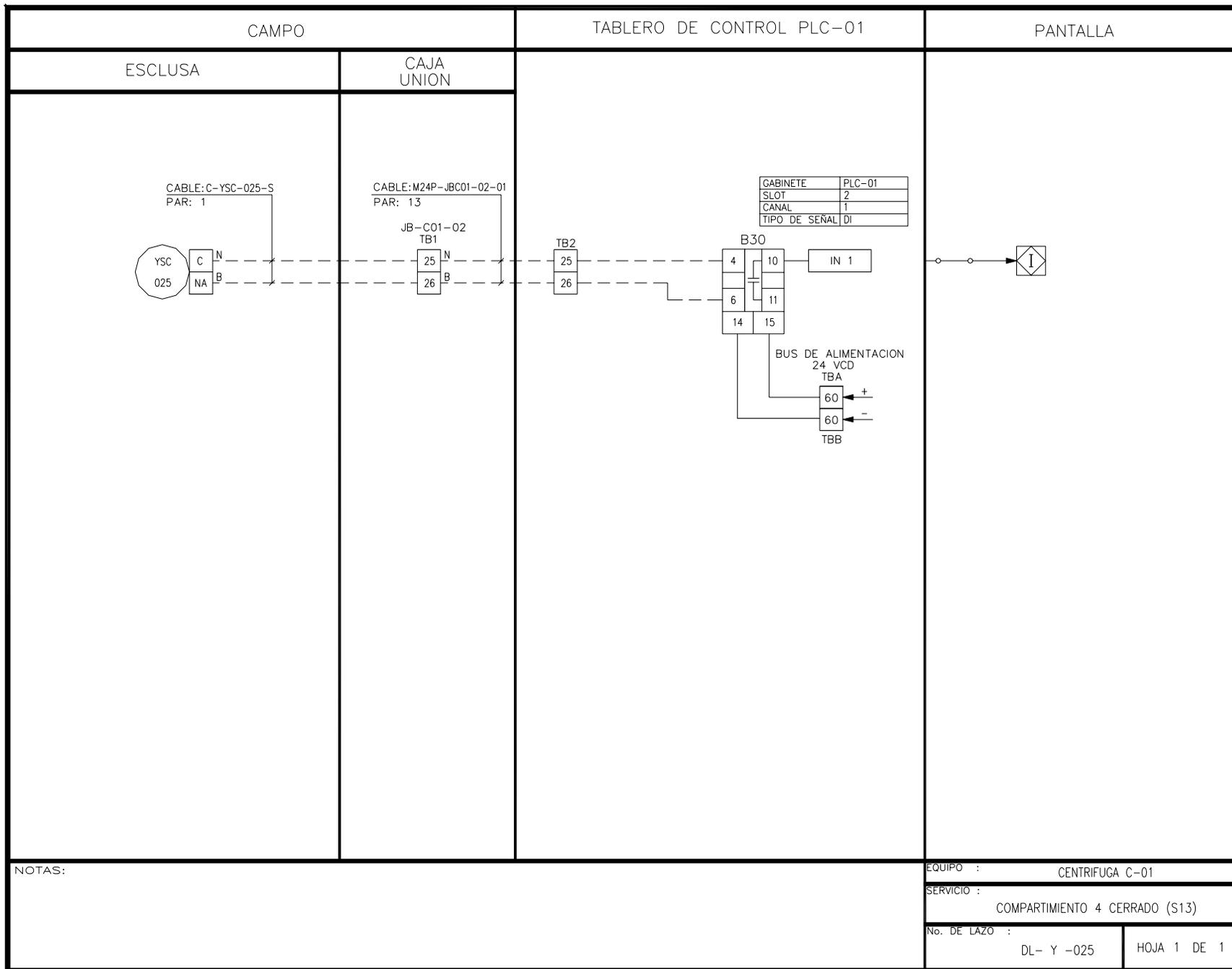




3. Compartimiento 3 cerrado.

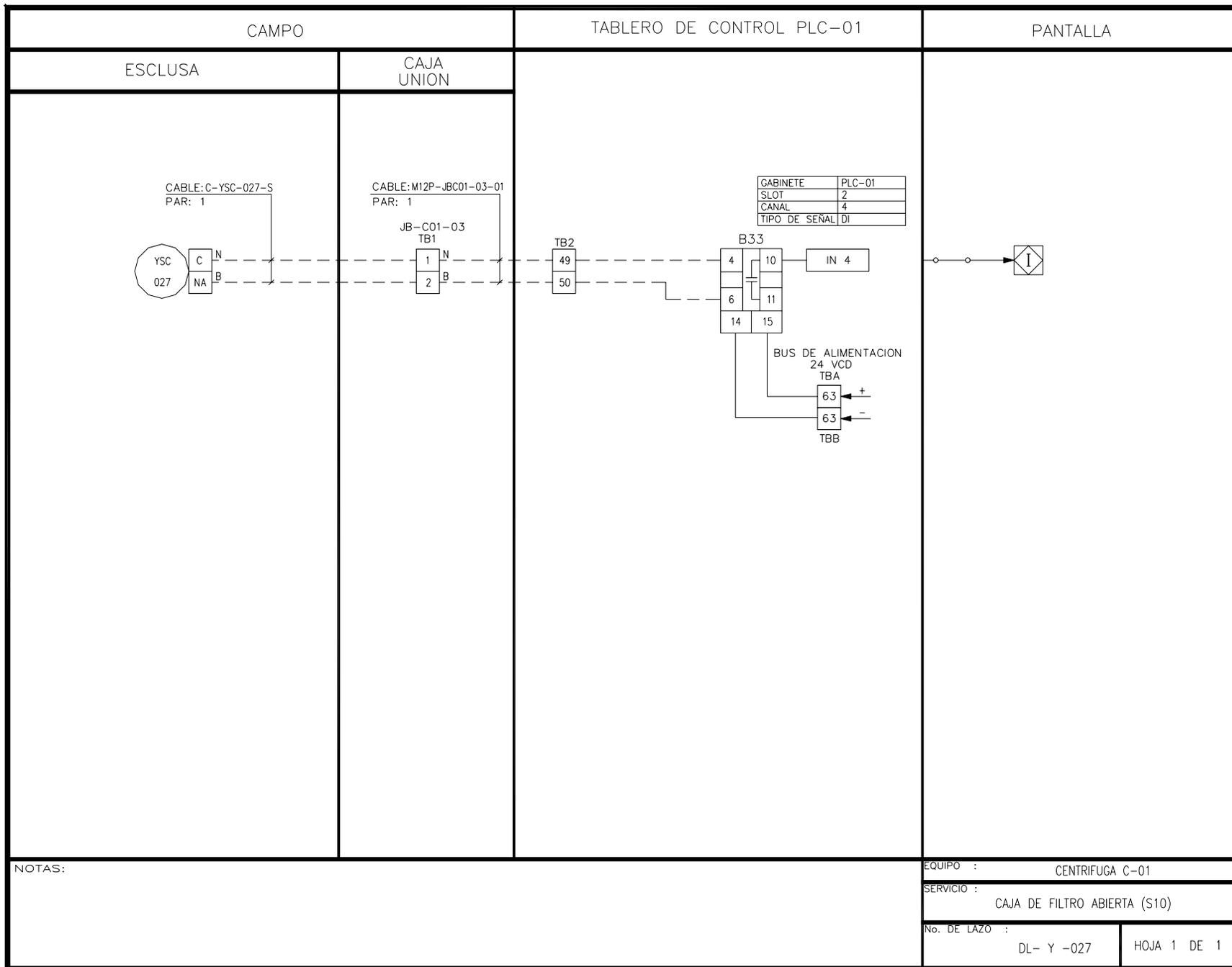


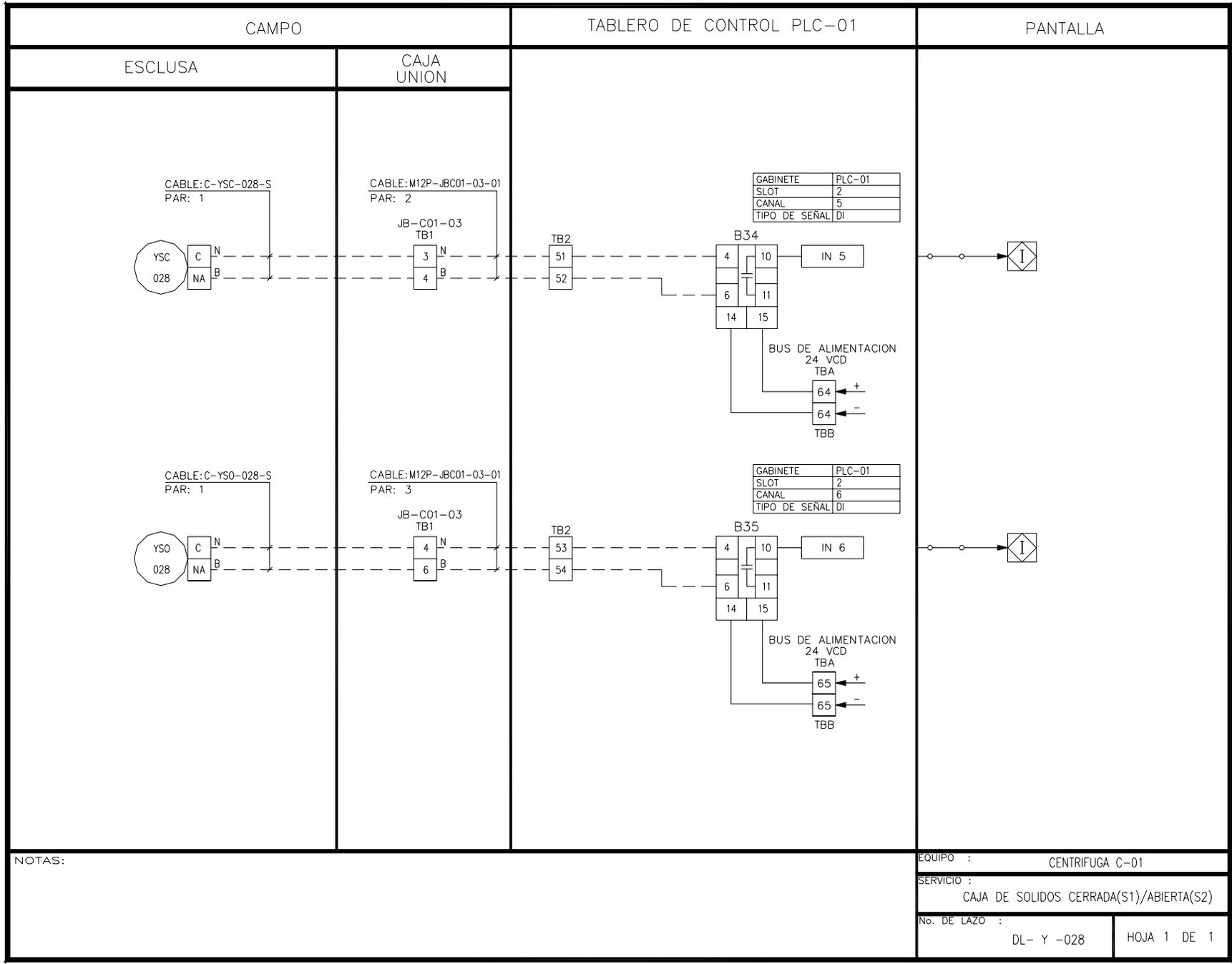
4. Compartimiento 4 cerrado.

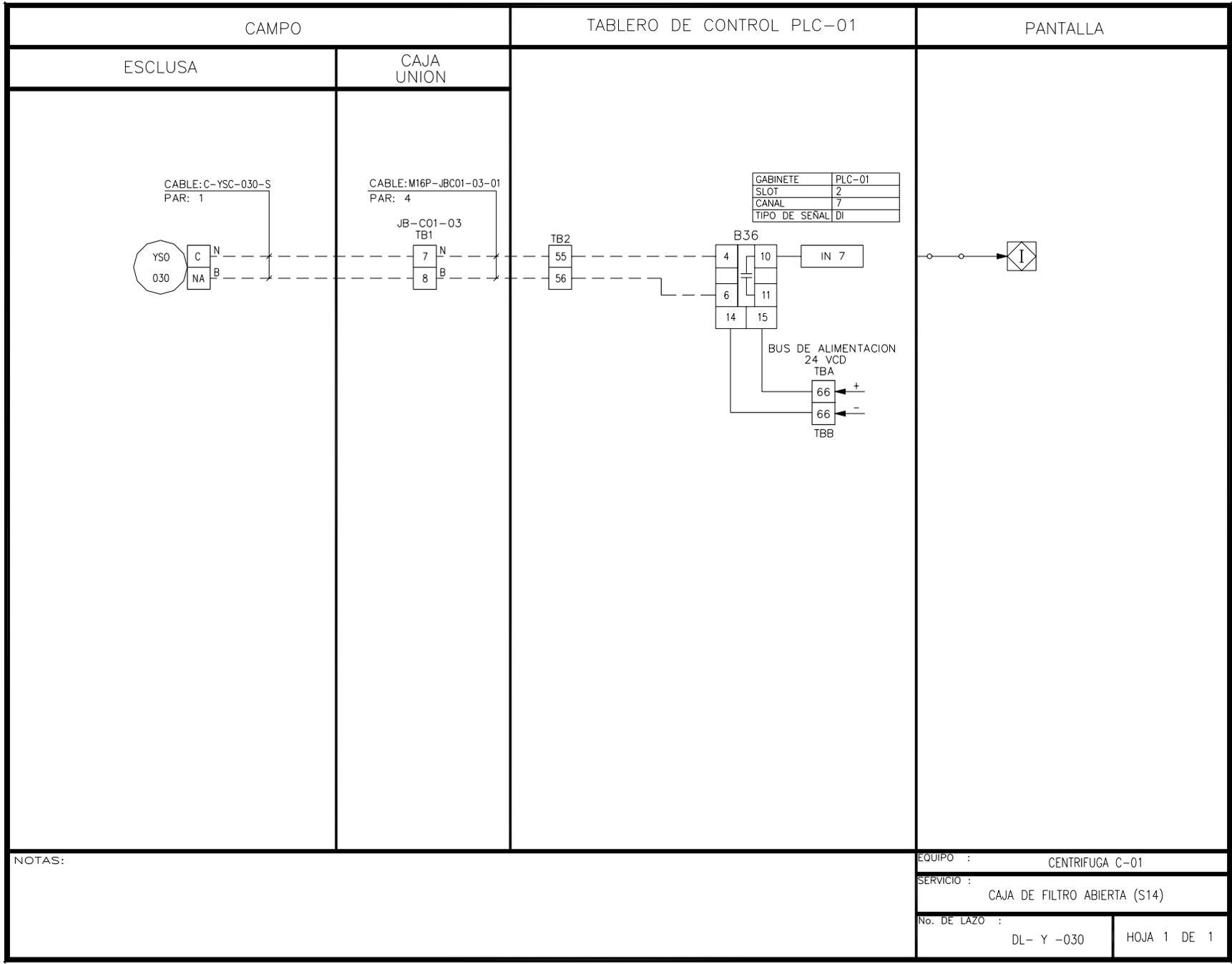




6. Caja de Filtro Abierta.







## CONCLUSIONES

La centrifugación es un método eficaz para separar partículas sólidas de líquidos que se encuentran disueltas.

Si se requiere desarrollar un proceso con una máquina centrífuga se deben analizar los diferentes aspectos del fluido para seleccionar la más adecuada a las necesidades del producto terminado.

Es importante seleccionar la instrumentación adecuada para el correcto funcionamiento del equipo, para este caso en especial se trató de una planta farmacéutica dedicada a la producción de fármacos para consumo humano, esto obliga a un estudio más cuidadoso en la selección de materiales de fabricación de los instrumentos, tuberías, equipos, etc.

En el desarrollo de la ingeniería de detalle de este proyecto (en este caso la generación de los lazos de control) se consideró la calidad del documento debido a que algunas normas especializadas rigen la calidad de los productos farmacéuticos así también de los documentos que se generan (ISO 9000).

Cuando se requieran elaborar documentos para el diseño es necesario seguir un procedimiento que asegure la calidad y estandarización adecuada para que sea interpretada de igual forma por los diferentes organismos, el personal de planta, etc. que de alguna u otra forma los requiera.

Una vez que se cuenta con los diagramas de lazo de control la localización de fallas se vuelve una tarea más sencilla, debido a que fácilmente se logran localizar los puntos posibles de falla, que comúnmente son los puntos de unión o de conexión, ya que por lo general se tiene una cantidad bastante alta de instrumentos que reciben o envían señal hacia o desde el sistema de control, PLC, etc. De igual forma aquellos que reciben alimentación eléctrica.

## ANEXO 1

## Lista de Figuras

Figura	Descripción	Página
Fig. 1.1	Vista frontal e Interna de la centrífuga.	2
Fig. 1.2	Vista lateral de la centrífuga.	3
Fig. 1.3	Diagrama general de la centrífuga.	5
Fig. 2.1	Medidor de flujo magnético.	8
Fig. 2.2	Medidores de nivel para líquidos.	9
Fig. 2.3	Medidores de nivel para sólidos.	10
Fig. 2.4	Interruptor de nivel.	10
Fig. 2.5	Instrumentos para medición de presión.	11
Fig. 2.6	Termómetros bimetálicos.	12
Fig. 2.7	RTD PT100.	13
Fig. 2.8	Acelerómetro.	14
Fig. 2.9	Variador de velocidad.	14
Fig. 2.10	Indicador de posición.	15
Fig. 2.11	Conductivímetro.	16
Fig. 2.12	Celda de carga.	16
Fig. 2.13	Celdas de carga.	17
Fig. 2.14	Analizadores de oxígeno.	17
Fig. 2.15	Válvula de mariposa.	18
Fig. 2.16	Válvula de bola.	18
Fig. 2.17	Válvula de compuerta.	19
Fig. 2.18	Válvula solenoide.	19
Fig. 2.19	Válvula macho.	19
Fig. 2.20	Válvula de control neumática.	20
Fig. 3.1	Tabla de variables de medición.	25
Fig. 3.2	Simbología de líneas de señales para instrumentos.	25
Fig. 3.3	Simbología general para instrumentos.	26
Fig. 3.4	Simbología general para instrumentos de flujo.	26
Fig. 3.5	Simbología general para válvulas y actuadores.	27
Fig. 3.6	Identificación de Instrumentos en campo.	30
Fig. 3.7	Identificación cable (Instrumento a JB).	31
Fig. 3.8	Identificación de caja unión (JB).	31
Fig. 3.9	Identificación del multiconductor.	32
Fig. 3.10	Identificación de tablilla en el tablero.	33
Fig. 3.11	Identificación de las barreras de seguridad.	33
Fig. 3.12	Identificación de relevador.	33
Fig. 3.13	Identificación de la tarjeta del PLC.	34
Fig. 3.14	Identificación del bus de alimentación.	34
Fig. 3.15	Identificación de instrumentos configurados (pantalla).	35
Fig. 3.16	Formato para la elaboración de los lazos de control.	36
Fig. 4.1	Control de aire acondicionado a esclusa.	37
Fig. 4.2	Diagrama de purga y presurización del panel de control.	39
Fig. 4.3	Diagrama de Inertización y control de niveles de oxígeno.	40
Fig. 4.4	Diagrama de llenado de canasta.	42
Fig. 4.5	Soplado de línea de llenado.	43
Fig. 4.6	Escurrido 1 a tanque de aguas madres.	43
Fig. 4.7	Lavado 1 de producto.	44
Fig. 4.8	Escurrido 2 a tanque de aguas madres.	44
Fig. 4.9	Lavado 2 de producto.	45
Fig. 4.10	Escurrido 3 a tanque de aguas madres.	46
Fig. 4.11	Descarga de producto final.	46

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
Fig. 4.12	Descarga aguas madres.	47
Fig. 4.13	Permisivos y condiciones de seguridad.	51
Fig. 4.14	Diagrama de tubería e Instrumentación.	54
Fig. 4.15	Diagrama a bloques del sistema.	60
Fig. 4.16	Clemas de un solo nivel de paso	66
Fig. 4.17	Caja Unión para usos generales.	67
Fig. 4.18	Relevador para usos generales.	67
Fig. 4.19	Barrera de seguridad Intrínseca.	68
Fig. 4.20	Circuito básico de una barrera de seguridad Intrínseca.	68
Fig. 4.21	Estructura del PLC de la centrífuga.	69
Fig. 4.22	Estructura del Chasis y la fuente de alimentación.	69
Fig. 4.23	CPU 1747-552.	70
Fig. 4.24	Alambrado y Aspecto físico para Tarjeta de entradas digitales 1746-ITB16.	70
Fig. 4.25	Alambrado y Aspecto físico para Tarjeta de salidas digitales 1746-OB8.	71
Fig. 4.26	Alambrado y Aspecto físico para Tarjeta de entradas analógicas 1746-NI8.	71
Fig. 4.27	Alambrado y Aspecto físico para Tarjeta de entradas analógicas 1746-NO4I.	72
Fig. 4.28	Alambrado y Aspecto físico para Tarjeta de entradas tipo RTD 1746-NR4.	72

## **Lista de Documentos**

<b>Descripción del documento</b>	<b>Página</b>
Índice de Instrumentos.	55
Sumario de entradas y salidas.	59
Diagrama a bloques del sistema.	60
Asignación de señales a caja unión.	61
Asignación de señales a dispositivos internos del PLC.	74
Listado de lazos de control.	78

## **Lista de Diagramas de lazo de control.**

<b>Descripción del lazo de control</b>	<b>Página</b>
Análisis de oxígeno en TL-C01-02.	81
Análisis de Conductividad en la descarga de Aguas Madres.	82
Tablero de análisis de oxígeno bajo flujo de toma de O2.	83
Purga de Nitrógeno (laberinto) TL-C01-01.	84
Purga de Nitrógeno (Bajo Flujo de Nitrógeno) TL-C01-01.	85
Purga de Nitrógeno (Alto Flujo de Nitrógeno) TL-C01-01.	86
Suministro de Aguas Madres y Lavados a C-01.	87
Suministro de Solvente a C-01 (Lavado 1).	88
Suministro de Solvente a C-01 (Lavado 2).	89
Arranque / Paro de C-01 desde PV-01.	90
Paro de Emergencia de Centrífuga C-01.	91
Restablecimiento de Centrífuga C-01.	92
Arranque / Paro de motor extractor de aire y UMA-001 desde Sistema.	93
Nivel en Tanque de Aguas madres T-001.	94
Medición de Humedad en Esclusa.	95
Receptor de aguas madres de centrífuga C-01.	96
Sistema de presurización de gabinete PV-01.	97
Control de Velocidad y Temperatura en C-01.	98
Medición de Temperatura en Esclusa.	101
Sistema de Enfriamiento de gabinete PV-01 Centrífuga C-01.	102
Temperatura en Centrífuga C-01 (B1, B2 y B3).	103
Vibración en Centrífuga C-01.	104

---

<b>Descripción del lazo de control</b>	<b>Página</b>
Sistema de Pesaje de producto sólido en C-01.	105
Suministro de Nitrógeno de soplado de tubería de suministro de suspensión a C-01.	106
Suministro de Aire a Bomba de P-001.	107
Compartimiento 1 cerrado / abierto.	108
Compartimiento 2 cerrado / abierto.	109
Compartimiento 3 cerrado.	110
Compartimiento 4 cerrado.	111
Compartimiento 5 cerrado / Eje bloqueado abierto.	112
Caja de Filtro Abierta.	113
Caja de Sólidos cerrada / Abierta.	114
Caja de Filtro Abierta.	115

## FUENTES DE CONSULTA

### Páginas electrónicas:

1. <http://www.centrimax-es.com/heinkel2.0.html>
2. [http://es.wikipedia.org/wiki/Heinkel\\_HeS\\_8](http://es.wikipedia.org/wiki/Heinkel_HeS_8)
3. <http://www.lidercontrol.com/Proyectos.htm>
4. <http://www.ab.com>
5. [http://es.wikipedia.org/wiki/Categoria/Instrumentos\\_de\\_medicion](http://es.wikipedia.org/wiki/Categoria/Instrumentos_de_medicion)
6. <http://www.ilustrados.com/publicaciones/epyavfzavalizcxplg.php>

### Bibliografía:

1. CREUS, Antonio (1992). **Instrumentación Industrial**, 4ª. Edición, Marcombo, España.
2. NACIF, José (1978). **Ingeniería De Control Automático Instrumentación Industrial**, Tomo 1, I.P.N., 1ª. Edición, Ed. La Ilustración, I.P.N. E.S.I.Q.I.E.
3. SHINKEY, F.G. (1967). **Sistemas de Control de Procesos**, Ed. Mc. Graw Hill, New York.
4. CANSIDINE, D.M. (1971). **Manual de Control de Procesos e Instrumentación**, Ed. Mc. Graw Hill.
5. SOISSON, Harold E. **Instrumentación Industrial**, Limusa. México.
6. HOWARD F. Rase, **Ingeniería de Proyecto para Plantas de Proceso**, Ed. C.E.C., Barcelona.
7. SMITH, Carlos A. **Control Automático de Procesos**, Limusa, México.
8. Sociedad de Instrumentistas de América. **Sistemas de Control Distribuido**, México.
9. DAVIS INSTRUMENTS, **Catálogo de Metrología -Habilitación Industrial-**, México.
10. ABB INSTRUMENTATION (1998), **Catálogo de Instrumentos ABB**, México.
11. SPIRAX SARCO (1997-1998). **Instruments Product handbook**, U.S.A.
12. ALLEN-BRADLEY. **Sistemas de Automatización**, México.

### Normas y Estándares:

1. **NOM-059-SSA1-1993** Buenas prácticas de fabricación para establecimientos de la industria química farmacéutica dedicados a la fabricación de medicamentos.
2. **ANSI/ISA-S5.1-1984(R 1992)** Símbolos e identificación de Instrumentos.
3. **ANSI/ISA-S5.4-1991** Diagramas de lazo de Instrumentos.